PUBLICACIONES DEL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA
Serie: RIESGOS GEOLÓGICOS Y GEOTECNIA N.° 6

Catálogo de los efectos geológicos de los terremotos en España.

2.ª Edición (Revisada y ampliada)



ASOCIACION ESPAÑOLA PARA EL ESTUDIO DEL CUATERNARIO

MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y UNIVERSIDADES

Instituto Geológico
y Minero de España

CATÁLOGO DE LOS EFECTOS GEOLÓGICOS DE LOS TERREMOTOS EN ESPAÑA

2.ª Edición (Revisada y Ampliada)

The Catalogue of Earthquake Geological Effects in Spain Second Edition (Revised and Expanded)

GRUPO DE TRABAJO SOBRE TECTÓNICA CUATERNARIA,
PALEOSISMOLOGÍA y ARQUEOSISMOLOGÍA QTECT –AEQUA
Pablo G. Silva (USAL), Miguel A. Rodríguez-Pascua (IGME),
Jorge L. Giner Robles (UAM), Javier Élez (USAL), Pedro Huerta (USAL),
Francisco García-Tortosa (UJAEN), Teresa Bardají (UAH),
M. Ángeles Perucha (IGME), Pedro Vicente Gómez (USAL),
Raúl Pérez-López (IGME), Javier Lario (UNED), Elvira Roquero (UPM),
M. Begoña Bautista Davila (USAL)

EDITADO POR
PABLO G. SILVA BARROSO y MIGUEL ÁNGEL RODRÍGUEZ PASCUA

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME)
ASOCIACIÓN ESPAÑOLA PARA EL ESTUDIO DEL CUATERNARIO (AEQUA)
MADRID, 2019

Serie: RIESGOS GEOLÓGICOS Y GEOTECNIA N.° 6
Autores: P.G. Silva, M.A. Rodríguez-Pascua, J.L. Giner Robles, J. Élez, P. Huerta, F. García-Tortosa, T. Bardají, M.Á. Perucha, P. Vicente Gómez, R. Pérez-López, J. Lario, E. Roquero, M.B. Bautista Davila

Catálogo de los efectos geológicos de los terremotos en España - The catalogue of earthquake geological effects in Spain / Grupo de Trabajo sobre Tectónica Cuaternaria, Paleosismología y Arqueosismología QTECT-AEQUA, Pablo G. Silva...[et al.]; editado por Pablo G. Silva y Miguel Ángel Rodríguez Pascua - Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 2019.

2ª ed. (rev. y amp.)

1 disco (DVD) 804 p.; ils, 12 cm.- (Riesgos geológicos. Geotécnica; 6)

ISBN 978-84-9138-075-7

1. catálogo 2. sismicidad 3. España 4. investigación sísmica 5. intensidad sísmica 6. daño catástrofe natural 7. riesgo sísmico I. Instituto Geológico y Minero de España, ed. II. Silva Barroso, Pablo G. III. Silva Barroso, Pablo G., ed. IV. Rodríguez Pascua, Miguel Ángel, ed.

550.34 (460) (042.3)

Ninguna parte de este libro puede ser reproducida o transmitida en cualquier forma o por cualquier medio, electrónico o mecánico, incluido fotografías, grabación o por cualquier sistema de almacenar información sin el previo permiso por escrito de los autores y editores.

Portada: Cisterna romana situada en la llanura de inundación del Río Henares, realizada con mortero hidráulico y fracturada por diques de arena procedentes de la licuefacción sísmica del sustrato infrayacente a esta construcción, generando fenómenos de *lateral spreading*. Terremoto de *Complutum* s. IV AD. Yacimiento romano de La Magdalena (Alcalá de Henares, Madrid).

© **INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA**
c/ Ríos Rosas, 23 – 28003 Madrid
Tel.: 91 3495700. Fax: 91 4426216
Web: http://www.igme.es
Laboratorios: c/ La Calera, 1. 28760 Tres Cantos (Madrid)
Tel.: 91 8032200. Fax: 91 8032200

ISBN en DVD: 978-84-9138-075-7
ISBN en línea: 978-84-9138-076-4
NIPO en DVD: 697-19-004-8
NIPO en línea: 697-19-005-3
Depósito Legal: M-14339-2019

Imprime: Soluciones Gráficas Chile, S.L.L. C/. Chile, 27 - 28016 MADRID - info@graficaschile.es

Presentación de los Coordinadores

El presente catálogo ha sido formado por el Grupo Español de Trabajo de la Escala Macrosísmica ESI-07 (QTECT-AEQUA) desarrollada por la Comisión de Paleosismología y Tectónica Activa de la International Union for Quaternary Research (INQUA). El mencionado grupo de trabajo se integra en AEQUA (Asociación Española para el Estudio del Cuaternario), que junto con el Instituto Geológico y Minero de España han procedido a impulsar, editar y finalmente publicar esta segunda edición del catálogo. La información ha sido recopilada entre los años 2007 y 2017 por los autores arriba relacionados.

Todos los efectos geológicos y ambientales relacionados con los terremotos, la mayor parte históricos, aquí listados se han documentado y contrastado a partir de diferentes datos, informes y publicaciones tanto históricas como modernas. La confección del catálogo ha supuesto una intensa búsqueda bibliográfica y de datos en bibliotecas, archivos históricos e internet. En algunos casos se ha contactado con las instituciones correspondientes o con los propios autores quienes nos han facilitado, datos, fotografías, esquemas cartográficos de forma desinteresada, a quienes desde estas páginas aprovechamos para mostrar nuestro agradecimiento. En muchos casos se han realizado inspecciones de campo con el fin de localizar y documentar lo más fielmente posible los efectos catalogados. Aunque el objetivo fundamental del presente catálogo sean los efectos geológicos de los terremotos, también se han incluido efectos arqueosismológicos sobre conjuntos arqueológicos o patrimoniales significativos en aquellos casos en que esta información aportara datos sobre la direccionalidad del movimiento del terreno o se haya considerado de interés por su carácter singular o por no estar recogida en informes o publicaciones anteriores. Se incluye información de eventos históricos (hasta 1900), pre-instrumentales (1900 – 1965) e instrumentales (posteriores a 1965), pero también de eventos antiguos y paleosísmicos (época romana y anteriores) que han sido objeto de investigación geológica y han salido a la luz en publicaciones científicas recientes, por lo general posteriores al año 2000. En algunos casos de eventos previamente catalogados mediante información histórica, la información geológica sobre los mismos ha sobrepasado con creces la escasa información escrita existente (a veces de carácter puntual), ofreciendo una imagen más completa sobre tales terremotos. Este es el caso del Terremoto del 218 AC, registrado en el *Lacus Ligustinus* romano en las actuales Marismas de Doñana (Rodríguez Vidal *et al.*, 2011; Silva *et al.*, 2015a).

El presente volumen pretende homenajear los Catálogos de Galbis, de manera que también se proporcionan las transcripciones de las descripciones originales existentes en ellos (Galbis, 1936; 1940), así como otras adicionales de otros autores/instituciones para terremotos posteriores a 1940. Las descripciones originales son de capital importancia, ya que todas las interpretaciones sobre estos terremotos se sustentan en ellas con mayor o menor fundamento científico. Las interpretaciones que introducimos en los capítulos correspondientes a cada uno de los eventos resumen el estado de conocimiento actual de los mencionados sismos basado en observaciones sobre el terreno a partir de los datos recopilados por diversos autores de época o contemporáneos. De la misma manera, separamos las inferencias que de los datos recopilados y observados pueden hacerse acerca de la peligrosidad sísmica de las zonas afectadas. Así las cosas, la presente obra pretende rellenar la "falta de verbo" existente en los

nuevos catálogos de terremotos históricos. En ellos aparecen listados paramétricos, pero se les niega a los lectores la oportunidad de poder acceder a los datos en los que basan sus interpretaciones. Además, estos nuevos catálogos se basan en la Nueva Escala Macrosísmica Europea (EMS-98), la cual excluye los efectos ambientales y los daños sobre el patrimonio histórico (Castillos, Catedrales, Iglesias, Palacios, etc.) para clasificar y asignar intensidades a los terremotos (Grünthal, 1998). Todo ello introduce un desalentador panorama para todos aquellos que quieran estudiar terremotos históricos de una forma objetiva, ya que la no consideración de daños ambientales (geológicos) o sobre el patrimonio histórico (arqueológicos) merma su capacidad de análisis y excluye los datos más importantes, que a menudo solo quedan registrados en nuestro rico patrimonio histórico. En consecuencia, la sustitución de las antiguas intensidades MSK o MCS utilizadas hasta el año 2000 en Europa por la EMS, ha conllevado la disminución de uno o medio grado de intensidad en la mayor parte de los terremotos históricos. Así, lo que antes era un Terremoto de intensidad X MSK ahora se ha convertido en un IX-X EMS (p.ej. Torrevieja 1829 AD). Como insinúan algunos investigadores (Serva *et al.*, 2015), la escala EMS representa un buen documento técnico para el análisis de daños durante terremotos recientes, pero presenta serias limitaciones para el análisis de terremotos históricos o antiguos y, en consecuencia, para el estudio de la peligrosidad sísmica. Con esta obra ofrecemos a los investigadores la oportunidad de poder consultar y ver los datos en que se basa la catalogación, con el fin de proceder a su discusión y re-interpretación si fuera preciso. El presente catálogo utiliza como base científica de catalogación la Escala de Intensidad Macrosísmica de Efectos Ambientales de los Terremotos ESI-07, promovida por INQUA y publicada por el Instituto Geológico de Italia (Michetti *et al.*, 2007). En la actualidad la Escala ESI se encuentra traducida ya a 17 idiomas (Guerrieri *et al.*, 2015) y ha sido objeto de pequeñas actualizaciones en su aplicación (Silva *et al.*, 2015b), especialmente en el caso de los tsunamis donde se ha desarrollado la nueva Escala sobre Efectos Ambientales de los Tsunamis TEE-16 (Lario *et al.*, 2016), que se aplica también en esta segunda edición del catálogo. Por otro lado, como en la primera edición, se utiliza la clasificación de Rodríguez-Pascua *et al.* (2011) sobre efectos Arqueológicos de los terremotos (EAEs) para las descripciones de tales efectos cuando se han obtenido datos suficientes.

Para cada uno de los eventos documentados se proporciona un listado de referencias bibliográficas que permiten consultar los datos que aquí se relacionan y sus interpretaciones. También se han incluido las referencias numéricas de las obras utilizadas para la confección del catálogo del IGN que pueden consultarse en Martínez Solares y Mezcua, (2002). Cuando el número de datos ha sido suficiente se han elaborado mapas de intensidades basados en la Escala ESI-07 anteriormente mencionada, y complementados por datos de intensidades EMS y/o MSK existentes para cada caso. En muchas ocasiones los efectos geológicos o arqueosismológicos catalogados se encuentran en zonas antiguamente despobladas, o con una paleogeografía bastante distinta a la actual, lo que permite complementar los datos sísmicos utilizados por las escalas más tradicionales e identificar las zonas de mayor peligrosidad sísmica como consecuencia de diferentes efectos de amplificación geológica (efecto sitio) o topográfica, así como entender el fenómeno sísmico en relación a la antigua ocupación y características del terreno en el momento de ocurrir el terremoto catalogado. En esta segunda edición se incorporan además Escenarios Sísmicos (ShakeMaps) para la mayor parte de los terremotos catalogados con información completa. Estos Mapas de aceleraciones se han elaborado siguiendo la metodología del *ShakeMap Program* del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) adaptada al análisis de terremotos de tamaño moderado a medio (5,0 - 7,0 Mw) por Elez *et al.* (2015) y Silva *et al.* (2017).

No queremos terminar esta nota introductoria sin citar las palabras que el ilustre sismólogo Don Vicente Inglada, Director del Observatorio Sismológico de Toledo durante los años treinta, pronunció con motivo de las conferencias relacionadas con los actos de Celebración del Cincuentenario de la Real Sociedad Española de Historia Natural en 1950. La conferencia se titulaba *"Los problemas de la Moderna Sismología Geológica en relación con el estudio de la Tectónica de las Regiones Sísmicas de España"* y fue posteriormente publicada en el Tomo del Cincuentenario de la ilustre sociedad científica española del cual transcribimos los párrafos finales.

"El Sismólogo requiere en cada momento el concurso del geólogo para que éste le dé datos cada vez más precisos de los accidentes tectónicos de la región sísmica y del espesor y naturaleza de los depósitos superficiales, del mismo modo que el físico estudiando sus problemas plantea las ecuaciones y pide incesantemente al matemático que las resuelva, y el cálculo integral –fuerza es confesarlo- no siempre da la solución pedida, a pesar de los asombrosos progresos que ha realizado, de los cuales algunos han nacido por la imperiosa necesidad de satisfacer los requerimientos de la Física. Acaso la Sismología, de un modo análogo, haga progresar los estudios tectónicos. En nuestra patria por lo menos, donde hay tanto que hacer en este campo, sería muy beneficiosa la estrecha colaboración de geólogos y sismólogos en esta importante clase de investigaciones, por lo cual nosotros

hemos proclamado su necesidad e importancia en varias ocasiones. Acaso nuestra voz no se pierda en el vacío. De los amantes de la Geología queremos esperar una incesante actividad en favor de estos interesantes problemas sismotectónicos, pues opinamos que el suelo español debe ser explorado por geólogos españoles, algunos tan eminentes que, al dedicar su esfuerzo a esta clase de trabajos, cosecharían resultados científicos transcendentales y de una novedad extraordinaria, ya que nuestro país para algunas cuestiones es aún, por desgracia, una verdadera **terra incognita***".*

Con estas palabras de largo y profuso verbo, Don Vicente Inglada animaba a la colaboración entre sismólogos y geólogos con una visión de futuro innegable. Posteriormente, los avatares históricos en nuestro país sumieron las palabras de Don Vicente, cómo no, en el olvido, y su proclamada *Sismología Geológica* yacería abandonada en los estantes más polvorientos de las bibliotecas por algunas décadas. A mediados de los años ochenta, la geología despierta al fenómeno sísmico en nuestro país. Justo es decirlo, que los primeros investigadores modernos en reconocer accidentes tectónicos cuaternarios en España fueron los franceses, alemanes y holandeses. Los primeros investigadores españoles en reconocer la Tectónica Cuaternaria fueron aquellos que surgieron de las *Ciencias del Cuaternario* y la *Geomorfología* y que, aplicando términos importados de otras lenguas, como *Morfotectónica, Neotectónica y Geomorfología tectónica*, fueron poco a poco nutriendo la base científica que posteriormente fraguó en las emergentes disciplinas científicas de la Paleosismología y la Arqueosismología con el nacimiento del Siglo XXI en nuestro país.

El presente catálogo, completa y actualiza la primera edición del año 2014, mostrándose igualmente como una obra abierta, susceptible de modificaciones, actualizaciones y revisiones en posteriores ediciones. En esta segunda edición se ha pretendido cubrir y resumir la información básica (Fichas EVENT) de la totalidad de los terremotos incluidos en el presente Catálogo y ampliar la información completa de un mayor número de terremotos. Esto último incluye la catalogación de la mayor parte de los efectos ambientales generados por el Terremoto y posterior Tsunami de 1755 AD, conocido como el Terremoto de Lisboa, que ha supuesto una importante labor de recopilación documental y catalogación. Esta segunda edición va ligada a una base de datos geoespacial (CATESI_SP16) basada en Google Earth, gestionada desde el IGME, y que permitirá la consulta y descarga de datos, imágenes, fichas y archivos kmz de los efectos aquí catalogados. Esperamos que este catálogo, confeccionado por geólogos, se haga eco de las palabras que Don Vicente Inglada lanzó hace ya más de sesenta años, y que los datos que aquí se aportan sirvan para poder ligar los catálogos sísmicos de terremotos históricos e instrumentales con los registros paleosísmicos ligados al avance de los conocimientos en *Paleosismología,* y sean de utilidad para futuros estudios de peligrosidad sísmica en nuestro país.

Pablo G. Silva Barroso y Miguel A. Rodríguez Pascua

ÍNDICE

Páginas

PRESENTACIÓN DE LOS COORDINADORES **3**

1. INTRODUCCIÓN **11**

2. CONTENIDO Y ESTRUCTURA DE LA INFORMACIÓN SÍSMICA Y GEOLÓGICA **17**
2.1. FICHAS EVENT: INFORMACIÓN MACROSÍSMICA RESUMIDA **22**
2.2. FICHAS EEE: INFORMACIÓN MACROSÍSMICA COMPLETA **23**
2.3. INFORMACIÓN MACROSÍSMICA GRÁFICA **24**

3. ESCALA MACROSÍSMICA DE EFECTOS AMBIENTALES Y GEOLÓGICOS DE TERREMOTOS (ESI-07) . **29**
3.1. LÍNEAS GUÍA DE LA ESCALA MACROSÍSMICA ESI-07 ..... **32**
3.1.1. EFECTOS PRIMARIOS Y SECUNDARIOS DE LOS TERREMOTOS **33**
3.1.2. EL UMBRAL PARA LAS RUPTURAS SUPERFICIALES DE FALLA EN ZONAS VOLCÁNICAS **34**
3.2. CÓMO UTILIZAR LA ESCALA DE INTENSIDADES ESI-07 ..... **34**
3.2.1. PROCEDIMIENTO PARA EL USO DE LA ESCALA ESI-07 COMO HERRAMIENTA SÍSMICA INDEPENDIENTE **36**
3.3. CORRELACIÓN ENTRE LA ESI-07 Y LAS ESCALAS MACROSÍSMICAS TRADICIONALES **38**
3.4. ESTRUCTURA DE LA ESCALA DE INTENSIDADES ESI-07 ..... **39**
3.4.1. PRINCIPALES GRUPOS DE GRADOS DE INTENSIDAD **40**

4. DESCRIPCIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE LOS EFECTOS AMBIENTALES DE LOS TERREMOTOS ESI-07 (EARTHQUAKE ENVIRONMENTAL EFFECTS; EEES) PARA EL PRESENTE CATÁLOGO **43**
4.1. EFECTOS PRIMARIOS **46**
4.2. EFECTOS SECUNDARIOS **46**
4.2.1. (A) ANOMALÍAS HIDROLÓGICAS **47**
4.2.2. (B) OLEAJE ANÓMALO EN CUERPOS DE AGUA Y TSUNAMIS **47**
4.2.3. (C) AGRIETAMIENTOS Y FRACTURACIÓN DEL TERRENO (GROUND CRACKS; GK) **48**
4.2.4. (D). MOVIMIENTOS DE LADERA (SLOPE MOVEMENTS; SM) **49**
4.2.5. (E) PROCESOS DE LICUEFACCIÓN DEL TERRENO (LIQUEFACTION; LQ) **49**
4.2.6. OTROS EFECTOS AMBIENTALES (OTHER EFFECTS; OT) **51**

5. DESCRIPCIÓN DE LA ESCALA DE INTENSIDAD DE EFECTOS AMBIENTALES DE LOS TSUNAMIS TEE-16 (TSUNAMI ENVIRONMENTAL EFFECTS) **53**

6. DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS EFECTOS ARQUEOSISMOLÓGICOS EAE (EARTHQUAKE ARCHAEOSEISMOLOGICAL EFFECTS, EAES) PARA EL PRESENTE CATÁLOGO 59
6.1. EFECTOS GEOLÓGICOS DE TERREMOTOS EN YACIMIENTOS ARQUEOLÓGICOS (EFECTOS DIRECTOS: COSÍSMICOS) 63
6.2. EFECTOS DE TERREMOTOS EN LA FÁBRICA DE LAS CONSTRUCCIONES DE YACIMIENTOS ARQUEOLÓGICOS (EFECTOS DIRECTOS: COSÍSMICOS) 63
6.3. EFECTOS POSTSÍSMICOS SECUNDARIOS EN YACIMIENTOS ARQUEOLÓGICOS (EFECTOS INDIRECTOS) 65
6.4. ESTIMACIÓN DE INTENSIDADES ARQUEOSÍSMICAS 65
6.5. CUANTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE DAÑOS ORIENTADOS 71

7. LISTADO PARAMÉTRICO DE TERREMOTOS CATALOGADOS Y EN ESTUDIO 75

8. DATOS MACROSÍSMICOS RESUMIDOS ESI-07 DE TERREMOTOS CATALOGADOS (FICHAS EVENT) 83

9. DATOS MACROSÍSMICOS COMPLETOS ESI-07 DE TERREMOTOS CATALOGADOS (FICHAS EVENT) 191
9.1. EVENTOS CON INFORMACIÓN MACROSÍSMICA COMPLETA 193
9.2. ARQ 004060 BOLONIA (CÁDIZ) 40-60 AD 195
TERREMOTO DE BAELO CLAUDIA (ROMANO, SIGLO I) 195
9.3. ARQ 0260280 BOLONIA (CÁDIZ) 260-280 AD 209
TERREMOTO DE BAELO CLAUDIA (ROMANO, SIGLO IV) 209
9.4. GEO 0300400 TOBARRA (ALBACETE) 300-400 AD 235
TERREMOTO DE ILUNUM (ROMANO, SIGLO IV) 235
9.5. ARQ 0350400 ALCALÁ DE HENARES (MADRID) 300-400 AD 251
TERREMOTO DE COMPLUTUM (ROMANO, SIGLO IV) 251
9.6. HST 13961218 TAVERNES DE VALLDIGNA (VALENCIA) 1396 AD 269
TERREMOTO DE TAVERNES (MEDIEVAL, SIGLO XIV) 269
9.7. HST 16801009 NW MÁLAGA (MÁLAGA) 1680 AD 307
TERREMOTO DE NW MÁLAGA (HISTÓRICO RECIENTE, SIGLO XVII) 307
9.8. HST 17480323 ESTUBENY (VALENCIA) 1748 AD 327
TERREMOTO DE ESTUBENY (HISTÓRICO RECIENTE, SIGLO XVIII) 327
9.9. HST 17551101 SW CABO SAN VICENTE (ATLÁNTICO) 1755 AD 381
TERREMOTO DE LISBOA (HISTÓRICO RECIENTE, SIGLO XVIII) 381
9.10. HST 18040825 DALÍAS (ALMERÍA) 1804 AD 485
TERREMOTO DE CAMPO DALÍAS (HISTÓRICO RECIENTE, SIGLO XIX) 485
9.11. HST 18061027 PINOS-PUENTE (GRANADA) 1806 AD 507
TERREMOTO DE PINOS-PUENTE (HISTÓRICO RECIENTE, SIGLO XIX) 507
9.12. HST 18290321 TORREVIEJA (ALICANTE) 1829 AD 525
TERREMOTO DE TORREVIEJA (HISTÓRICO RECIENTE, SIGLO XIX) 525
9.13. HST 18630610 HUÉRCAL-OVERA (ALMERÍA) 1863 AD 565
TERREMOTO DE HUÉRCAL-OVERA (HISTÓRICO RECIENTE, SIGLO XIX) 565
9.14. HST 18841225 ARENAS DEL REY (GRANADA) 1884 AD 607
TERREMOTO DE ARENAS DEL REY (HISTÓRICO RECIENTE, SIGLO XIX) 607
9.15. PRE 19560419 ALBOLOTE (GRANADA) 1956 AD 675
TERREMOTO DE ALBOLOTE (PRE-INSTRUMENTAL, SIGLO XX) 675
9.16. PRE 19640706 GALERA (GRANADA) 1964 AD 695
TERREMOTO DE GALERA (PRE-INSTRUMENTAL, SIGLO XX) 695
9.17. INS 20110311 LORCA (MURCIA) 2011 AD 721
TERREMOTO DE LORCA (INSTRUMENTAL, SIGLO XXI) 721

10. BIBLIOGRAFÍA GENERAL 779
10.1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ORIGINALES ESI-07 781
10.2. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS GENERALES 783

11. APÉNDICE I: ESCALA ESI-07: DEFINICIÓN DE LOS GRADOS DE INTENSIDAD 787

CATÁLOGO DE LOS EFECTOS GEOLÓGICOS DE LOS TERREMOTOS EN ESPAÑA

2.ª Edición (Revisada y Ampliada)

Pablo G. Silva[(1)], Miguel A. Rodríguez-Pascua[(2)], Jorge L. Giner Robles[(3)], Javier Élez[(1)], Pedro Huerta[(1)], Francisco García-Tortosa[(4)], Teresa Bardají[(5)], M. Ángeles Perucha[(2)], Pedro Vicente Gómez[(1)], Raúl Pérez-López[(2)], Javier Lario[(6)], Elvira Roquero[(7)] y M. Begoña Bautista Davila[(8)]

*(1) Departamento de Geología, **Universidad Salamanca**, Ávila;*
pgsilva@usal.es, jelez@usal.es, phuerta@usal.es, pgomez@usal.es

(2) Instituto Geológico y Minero de España, Madrid;
ma.rodriguez@igme.es, ma.perucha@igme.es, r.perez@igme.es

*(3) Departamento de Geoquímica y Geología, **Universidad Autónoma de Madrid**, Madrid;*
jorge.giner@uam.es

*(4) Departamento de Geología, **Universidad de Jaén,** Jaén;*
gtortosa@ujaen.es

*(5) Unidad Departamental de Geología, **Universidad de Alcalá de Henares**, Madrid;*
teresa.bardaji@uah.es

*(6) Departamento de Ciencias Analíticas, **Universidad Nacional de Educación a Distancia**, Madrid;*
Javier.lario@ccia.uned.es

*(7) Departamento de Edafología, **Universidad Politécnica de Madrid**, Madrid;*
elvira.roquero@upm.es

*(8) Servicio de Bibliotecas, **Universidad de Salamanca**, Ávila;*
begovigo@usal.es

1

Introducción

1. INTRODUCCIÓN

El presente catálogo constituye una versión revisada y ampliada de la primera edición publicada en el año 2014. Esta nueva edición recoge información para la totalidad de 50 terremotos con información geológica y/o arqueológica relevante identificados hasta la fecha, para los cuales ya están disponibles las fichas resumen (Fichas EVENT). Entre la información catalogada destaca la recopilada para el Terremoto de Lisboa de 1755 AD, que incluye 675 efectos ambientales (incluyendo los detectados en Europa, África y El Caribe) de los cuales se han catalogado para esta edición los 52 más importantes (Fichas EEE). El evento más antiguo catalogado corresponde al identificado en el yacimiento de la edad del Bronce "La Tira del Lienzo" (Totana) situado sobre traza de la Falla de Lorca-Alhama de Murcia y datado alrededor del año 1550 AC (Ferrater *et al.*, 2015). Según estos autores, se corresponde con un terremoto de magnitud (6,7 Mw) relacionado con una ruptura de superficie centimétrica a lo largo de la falla que dio lugar al desplazamiento de las estructuras murarias del yacimiento que lo identifican. Como en la primera edición, el evento más moderno catalogado corresponde al terremoto de Lorca del año 2011, ya que desde entonces no ocurrió ninguno que dejara una impronta geológica significativa.

La obra contiene variada información sísmica, paleosísmica (geológica) y arqueosísmica (geoarqueológica o puramente arqueológica) de diferente calidad en función de los datos existentes y características de las fuentes de información para cada terremoto. Como cualquier otro catálogo sísmico, este también ha de considerarse como una obra provisional, dado que los avances científicos y la investigación geológica de los terremotos pueden aportar datos en un futuro que modifiquen las interpretaciones que aquí se exponen o que identifiquen nuevos terremotos. Esta segunda edición estará solo disponible en formato digital, y amplía y completa la "información tipo" que se vertió en la primera edición impresa del mismo. Esta segunda edición, irá acompaña de una base de datos on-line desde la que se podrá consultar y descargar la información macrosísmica mediante una interfaz pública basada en Google Earth (archivos kmz) para terremotos seleccionados. La base de datos del catálogo se encontrará disponible en la página web del Instituto Geológico y Minero de España www.igme.es.

Por otro lado, queremos dejar claro que el presente catálogo no pretende sustituir a los catálogos sísmicos tradicionales, sino complementarlos dotándoles de información geológica lo más objetiva posible, que a la luz de la Escala macrosísmica ESI-07 (Michetti *et al.*, 2007) permite la cuantificación de los efectos naturales de los terremotos, y proceder a su parametrización en áreas tanto pobladas como despobladas en diferentes épocas. Por otro lado, la ventaja de la ESI-07 es que permite la parametriza-

ción de efectos de eventos antiguos y paleosísmicos, con datos referentes a su registro geológico y/o geoarqueológico, y extender el catálogo sísmico a épocas o lugares con escasos o ningún dato documental.

El presente catálogo diferencia cinco tipos (o periodos) de eventos sísmicos para los que la información sísmica posee diferentes características y la información arqueológica y/o geológica es variada según los casos:

(1) Terremotos históricos (HST), documentados por fuentes históricas desde el año 880 AC hasta el año 1900 AD, en los que la información es tan solo de carácter macrosísmico, pero muchos de ellos ya se encuentran apoyados por información geológica o arqueológica.

(2) Terremotos pre-instrumentales (PRE), que cubren el periodo desde 1901 a 1962 AD y de los que se posee información macrosísmica de distinta índole, registros instrumentales de diferente calidad (antiguos observatorios) y en algún caso información geológica. Por lo general, salvo excepciones, estos terremotos son los peor documentados desde el punto de vista de los efectos ambientales.

(3) Terremotos instrumentales (INS), que son aquellos ocurridos desde 1963 AD, y recogidos por la Red Sísmica Nacional (IGN). De ellos se poseen registros instrumentales más precisos (fundamentalmente desde 1980), complementados con información macrosísmica (Mezcua y Martínez Solares, 1983) y, en algunos casos, con informes específicos detallados producidos por el IGN, IGME, IAG u otras instituciones (p. ej. Protección Civil) para aquellos ocurridos desde el año 1995 AD. El único de ellos que posee un informe geológico específico corresponde al de Lorca de 2011 AD (IGME, 2011).

(4) Terremotos antiguos (ANT), que son aquellos documentados arqueológica y geológicamente, no incluidos en los catálogos oficiales (Martínez Solares y Mezcua, 2002) y en algún caso se solapan con terremotos históricos escasamente documentados. Estos aparecen documentados en publicaciones científicas recientes. Los más antiguos registrados en la Península corresponden al del Yacimiento del Bronce de La Tira de El Lienzo (Totana, Murcia) en el año 1550 AC (Ferrater *et al.,* 2015) y el más recientemente publicado del Yacimiento Neolítico de La Cueva del Toro en el Torcal de Antequera (Málaga) en el año 3700 AC (García Sanjuán y, Lozano Rodríguez, J., 2016). No obstante, los más numerosos dentro de esta categoría corresponden a época romana, como es el caso de los terremotos de *Baelo Claudia* en Cádiz (Silva *et al.,* 2005; 2016), el del *Lacus Ligustinus* en Doñana (Rodríguez Vidal *et al.*, 2011), o los más recientemente descubiertos en *Complutum*, Alcalá de Henares (Rodríguez-Pascua *et al.*, 2014; 2016). Todos ellos, además de arqueológicamente documentados, se encuentran apoyados por gran cantidad de datos geológicos y geocronológicos (dataciones C14, OSL, etc.).

(5) Paleoterremotos o eventos paleosísmicos (GEO), con registro exclusivamente geológico. Estos pueden cubrir desde el periodo histórico más antiguo (anteriores al Siglo X AD) al comienzo del Holoceno (11,2 ka BP), y como los anteriores no se encuentran recogidos en los catálogos sísmicos convencionales. Por norma general, estos se encuentran documentados en publicaciones científicas y corresponden a paleosismos evidenciados en análisis de trincheras científicas de falla. En estos casos responden a eventos que generaron rupturas superficiales de falla (≥ 7,0 Mw) durante el Holoceno reciente. No obstante, existen algunos análisis de trincheras de falla que documentan terremotos históricos como el de Arenas del Rey de 1884 AD (Grützner *et al.*, 2013) o antiguos como el de Tobarra del 500 AD (Rodríguez-Pascua *et al.*, 2010; 2013). En general, los eventos que se incluyen en esta segunda edición del catálogo tienen información geológica, como arqueológica, con dataciones radiométricas contrastadas en publicaciones científicas, incluso para los más antiguos como en Totana (Edad de Bronce) como en Antequera (Neolítico).

En el caso de la Península Ibérica la información documental, es muy desigual para las distintas épocas del periodo histórico; tan solo reseñar el dato de que únicamente existen 18 terremotos catalogados anteriores al Siglo VI AD, la mayoría de ellos grandes terremotos ocurridos en el Golfo de Cádiz, la costa atlántica portuguesa o Pirineos (Martínez Solares y Mezcua, 2002), y en su mayor parte de época romana (Siglo III AC – Siglo V AD). Existen 58 eventos sísmicos catalogados anteriores al Siglo XV, en su mayor parte de época musulmana, y es a partir de la Reconquista (1492 AD) cuando el número de terremotos catalogados ya comienza a ser representativo. En cualquier caso, el número de eventos catalogados entre esta fecha y 1800 AD (Siglos XVI al XVIII) es aproximadamente de unos 600, que contrastan con los alrededor de 1600 eventos catalogados durante el Siglo XIX. Estas cifras aproximadas sirven para ilustrar lo desigual de la información sísmica histórica en nuestro territorio, aunque puede decirse que todos los grandes terremotos (≥ VIII EMS) ocurridos a partir del Siglo XI pueden considerarse catalogados. Esta situación no es igual para los eventos ocurridos con anterioridad al Siglo XI, donde la falta de información sísmica es muy importante, incluidas las época romana y visigoda. En este sentido, es en este periodo donde la información geológica y arqueológica es relevante para sacar a la luz "terremotos perdidos", no documentados históricamente (Rodríguez Pascua *et al.*, 2013), que aquí se catalogan como eventos antiguos o paleosísmicos, dependiendo de la naturaleza de la información. No obstante, la investigación geológica y arqueológica de terremotos históricos es fundamental para complementar los datos existentes y localizar las áreas más susceptibles a sufrir efectos ambientales cosísmicos. De la misma forma, el estudio geológico de terremotos en época instrumental y pre-instrumental es básico para comprender el fenómeno sísmico en toda su amplitud y contrastar los datos instrumentales y los macrosísmicos con vistas a entender la peligrosidad sísmica de una zona determinada, como se ha puesto de manifiesto en el terremoto de Lorca de 2011 (IGME, 2011).

La base de la evaluación científica de los efectos geológicos y ambientales de los terremotos catalogados en esta obra es la **Escala Macrosísmica de Efectos Ambientales de los Terremotos ESI-07** (Environmental Seismic Intensity; Michetti *et al.*, 2007), la cual se describe más adelante en los apartados 3, 4 y 5 del presente catálogo. Para el caso de efectos inducidos por la ocurrencia de tsunamis (p.ej. caso particular del Terremoto de Lisboa de 1755 AD), los datos se han catalogado en función de la **Escala Sísmica de Efectos Ambientales de los Tsunamis TEE-16** (Tsunami Environmental Effects Scale, Lario *et al.*, 2016), la cual se expone en el apartado 6 del presente catálogo. Por otro lado, los efectos arqueosismológicos que se incluyen en este catálogo se han interpretado siguiendo las propuestas de clasificación e interpretación de Rodríguez-Pascua *et al.* (2011; 2013b) que se describen en el apartado 7. Así pues, el catálogo contempla diferentes tipos de efectos ambientales o geológicos, los **Earthquake Environmental Effects (EEEs)** de la escala ESI-07 (Michetti *et al.*, 2007), los efectos destructivos de tsunamis o **Tsunami Environmental Effects (TEEs)** de la escala TEE-16 (Lario *et al.*, 16), así como el registro arqueológico de los **Earthquake Archaeological Effects (EAEs)** de los trabajos de Rodríguez-Pascua *et al.*, (2011; 2013b) o clasificación EAE-11.

Como mayor novedad del presente catálogo, la aportación de **información macrosísmica cartográfica** específicamente elaborada y diseñada para esta obra. Esta información se presenta en dos tipos de formato, sobre modelos digitales del terreno de alta resolución (5 m/pixel), que cubren las áreas macrosísmicas más representativas: **(a)** Mapas de intensidades híbridos construidos con datos EMS-98 y ESI-07, siguiendo las recomendaciones indicadas por la ESI-07 sobre la utilización combinada y complementaria de ambas escalas (Michetti *et al.*, 2007); y **(b)** Modelos de movimiento del terreno, expresados en aceleraciones (Peak Ground Accelerations), similares a los desarrollados por el USGS ShakeMap Program (Wald *et al.*, 2007). Los mapas de intensidades híbridos siguen la metodología desarrollada preliminarmente para la primera edición del Catálogo y que en la presente obra se detalla en el apartado 8.1. Los ShakeMaps elaborados para terremotos históricos e instrumentales siguen las propuestas metodológicas específicamente desarrolladas para la Península Ibérica por Élez *et al.* (2015) y Silva *et al.* (2017) y se describe en el apartado 7.2., como se ha comentado párrafos anteriores.

2

Contenido y estructura de la información sísmica y geológica

2. CONTENIDO Y ESTRUCTURA DE LA INFORMACIÓN SÍSMICA Y GEOLÓGICA

Todos los parámetros de localización epicentral (fecha, hora origen y coordenadas geográficas) que aquí aparecen corresponden fielmente a los publicados en el Catálogo Sísmico de la Península Ibérica del IGN (Martínez Solares y Mezcua, 2002), salvo para aquellos no catalogados por este Organismo. De la misma forma, nos ha parecido oportuno introducir los **parámetros de calidad** orientativos introducidos en el mencionado catálogo para las estimaciones de la **localización epicentral** (Q_e) e **Intensidad Máxima Macrosísmica** sentida o conocida (Q_i), junto con la evaluación del **Momento Magnitud** (M*) estimado para cada terremoto por estos autores. Aunque existen evaluaciones más recientes de los datos paramétricos de la sismicidad histórica y pre-instrumental en la Península Ibérica (Mezcua *et al.*, 2013), hemos preferido mantener los datos correspondientes al Catálogo Oficial de Martínez Solares y Mezcua (2002) para el periodo histórico y los que aparecen en las bases de datos de la Red Sísmica Nacional (www.ign.es) para los correspondientes al periodo pre-instrumental e instrumental. No obstante, en los valores de la magnitud estimada se ofrecen también datos provenientes de diferentes publicaciones científicas que han estudiado los eventos catalogados. Esto es de especial relevancia para los terremotos únicamente catalogados a partir de datos paleosismológicos, procedentes de trincheras de falla, donde se realizan estimaciones del Momento Magnitud (Mw) a partir de relaciones empíricas, en la mayoría de los casos basadas en el trabajo de Wells and Coppersmith (1994).

También se proporcionan las intensidades correspondientes a la Escala Macrosísmica Europea (EMS-98; Martínez Solares y Mezcua, 2002) y las clásicas escalas MSK de los años 1964 y 1981 utilizadas en anteriores catálogos oficiales de la Península Ibérica (Mezcua, 1982; Mezcua y Martínez Solares, 1983). Las escalas MSK y EMS son prácticamente análogas, con la salvedad que la EMS considera fundamentalmente los daños ocasionados sobre diferentes tipos de construcciones, recomendando excluir los efectos ambientales (hidrológicos y geológicos) de los terremotos en la calibración de la intensidad, cuando tan solo se dispone de este tipo de información. En todo caso, según esta escala los efectos ambientales pueden servir para confirmar la intensidad ya valorada en función de otro tipo de datos (Grünthal, 1998), pero sin peso específico particular. De esta forma, el presente catálogo introduce el valor de la intensidad máxima evaluada a partir de la Escala ESI-07, complementando los valores de intensidades catalogados mediante otras escalas. Por otro lado, se pretende ilustrar y documentar, lo más exhaustivamente que nos ha sido posible, la gran variedad de efectos ambientales registrados durante terremotos significativos de intensidad ≥ VII EMS en nuestro territorio. También es conveniente indicar que

la Escala EMS-98 no considera los daños sobre el patrimonio o edificios históricos para la asignación de intensidades. Esto supone un gran inconveniente a la hora de valorar las intensidades de terremotos históricos o antiguos, donde la mayor parte de los efectos conservados (EAEs) son lo que permiten la evaluación más correcta de los mismos a falta de datos históricos escritos, fundamentalmente en terremotos anteriores al año 1500 AD. Como consecuencia, las evaluaciones de intensidades realizadas en el presente catálogo presentan una mayor afinidad con las antiguas intensidades MSK que con las presentes EMS. Por lo general, una antigua intensidad máxima IX MSK se ha convertido en una VIII-IX EMS y así ocurre entre grado VIII y X para la mayoría de los terremotos históricos incluidos en el presente catálogo. Es decir, la intensidad EMS-98 rebaja por lo general medio grado (1/2) respecto a la MSK o la ESI (considerada en este catálogo) a los mayores terremotos registrados en la Península Ibérica y, por lo tanto, tiene su incidencia final en los estudios de peligrosidad sísmica (Serva *et al.*, 2015). Hay que recordar que esto es consecuencia de que los grados de intensidad ≥ IX EMS-98 consideran daños sobre edificios con estructura metálica y/o diseños sismorresistentes, que, obviamente, no pueden aplicarse a terremotos ocurridos con anterioridad al Siglo XX y, en el caso particular de España, a la práctica totalidad de los tres primeros cuartos del mencionado siglo, ya que la primera norma sismorresistente moderna se introduce en el año 1992 (NCSE-02). A decir de algunos investigadores, la escala EMS-98 constituye una excelente guía práctica para cuantificar daños en terremotos modernos, pero de escasa aplicación a terremotos históricos, ya que no considera EAEs y EEEs para su catalogación. Solo recordar que estas nuevas prácticas macrosísmicas solo se aplican obligatoriamente en países de la Unión Europea y que en otros países desarrollados continúan aplicándose versiones actualizadas de las escalas macrosísmicas clásicas MM, MSK o MCS, que sí consideran los efectos ambientales y daños sobre el patrimonio (Serva *et al.*, 2015) y permiten la realización de mapas de intensidades.

En cuanto a la **localización de los epicentros**, las coordenadas geográficas vienen dadas en grados y minutos enteros, lo cual equivale a una **precisión mínima** de aproximadamente **±1,5 km**, que de acuerdo con Martínez Solares y Mezcua (2002) es más que suficiente para el periodo histórico considerado. El factor de **calidad en la determinación epicentral** (*Qe*) orienta en la incertidumbre en la localización del epicentro en los siguientes términos:

Calidad A *(EH < 10 km.):* Epicentro rodeado por varios puntos de información macrosísmica, cuya densidad permite estimar la localización con un error **inferior a 10 kilómetros**.

Calidad B *(EH < 20 km.):* Epicentro definido por varios puntos de información macrosísmica, cuya densidad permite su localización con un error **inferior a los 20 kilómetros**.

Calidad C *(EH 20 – 50 km.):* Epicentro situado en zona continental con **un solo punto de información**, o aquellos de los que se dispone de varios puntos de información muy distantes entre sí, cuyo error de localización está comprendido entre **20 y 50 kilómetros**.

Calidad D *(EH > 50 km.):* Epicentro situado en una **localidad costera** como único punto de información, o **epicentros marinos**, que por la falta de datos para su localización más o menos precisa ha de considerarse que poseen un error de localización **superior a los 50 kilómetros**. En caso de **terremotos muy antiguos**, documentados por descripciones muy vagas o genéricas, ni siquiera se puede indicar la localización, como ocurre con muchos de los grandes terremotos históricos anteriores al siglo X que ocurrieron en el Golfo de Cádiz, Océano Atlántico, Al-Ándalus o Pirineos. A este tipo de terremotos se les identifica con un **índice de Calidad D_0**.

Calidad Q *(EH <20 km.):* La información existente se refiere a **zonas muy amplias, o con un solo punto de información arqueosísmica o paleosísmica muy genérico**. Se incluyen en este grupo aquellos eventos de los que únicamente se posee información arqueosísmica referente a la vibración del terreno y/o efectos secundarios (deslizamientos, licuefacción, etc.) que no permiten la definición del

epicentro. En estos casos se dan las coordenadas geográficas referentes al punto de información arqueosísmica o paleosísmica más importante, cuyo error puede ser ≤ 20 kilómetros, pero que en la mayor parte de los casos se tratan de efectos en campo cercano y, por la experiencia adquirida en este tipo de investigaciones, su error pudiera ser incluso inferior a los 10 km considerados para los de Calidad A.

Calidad G *(EH < 10 km.):* La información existente tan solo proviene de datos geológicos, dándose las coordenadas correspondientes a los puntos de investigación paleosísmica que se han investigado (p. ej. ruptura de falla), presentando por tanto una precisión en su localización igual o mayor a los de calidad A. No obstante, sus fechas son más o menos precisas o interpretativas en función de los métodos de datación utilizados (^{14}C, OSL, Th/U; Dataciones morfométricas o Dataciones arqueológicas). En estos casos se dan las coordenadas geográficas referentes al punto de información paleosísmica de carácter más importante, trinchera de falla o efecto secundario más notable (de mayores dimensiones), cuyo error puede ser inferior a los 10 km considerados para los de Calidad A.

Estos dos últimos grupos de calidad (Q y G) se introducen en el presente catálogo, mientras que los anteriores (A, B, C y D) responden a los determinados por ***Martínez Solares y Mezcua (2002)*** en el ***Catálogo de Sismos Históricos de la Península Ibérica***.

En relación a la definición de la ***intensidad máxima sentida*** o ***conocida***, también se siguen las pautas del catálogo anteriormente citado. Así el factor de calidad para las intensidades (*Qi*) posee las siguientes prescripciones:

- ***Calidad A:*** Con puntos de información macrosísmica suficientes para una buena estimación de la intensidad. Generalmente aquellos que cuentan con más de 30 puntos de información.

- ***Calidad C:*** Los puntos o información existente no son suficientes y la intensidad está valorada deficientemente.

- ***Calidad B:*** Calidad de determinación de la intensidad máxima intermedia entre las anteriores.

- ***Calidad Q:*** Al igual que en el caso anterior, se refiere a la valoración de la intensidad de una única localidad (generalmente con varios efectos arqueosismológicos) y la intensidad aportada no tiene por qué responder a la intensidad máxima del evento y se refiere a la intensidad registrada en el punto de información correspondiente.

- ***Calidad G:*** Al igual que en el caso anterior, la información existente proviene de datos geológicos y paleosismológicos y la valoración de la intensidad se realiza únicamente en función de la Escala ESI-07, pudiéndose además aportar datos sobre el momento magnitud (Mw) del evento en el caso de una trinchera de falla, mediante relaciones empíricas al uso, utilizadas en las publicaciones científicas que documentan el evento catalogado.

El presente catálogo además introduce un tercer ***factor de calidad*** referente a la información existente acerca de los ***efectos geológicos y/o ambientales*** de los terremotos (*Qg*) que en se incluyen en el presente catálogo. Así se diferencian los siguientes grupos:

- ***Calidad A:*** Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por **informes técnicos** y **publicaciones científicas de la época**, **noticias en los periódicos**, y estudiados en **publicaciones científicas recientes** que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general, éstos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX), aunque algunos terremotos del Siglo XVIII también se encuentran bastante bien documentados en su época.

- ***Calidad B:*** Efectos geológicos y/o ambientales que se citan, con descripciones muy vagas, en **documentos de la época**, pero que han sido objeto de **publicaciones científicas** a partir del Siglo XX. Por lo general, estos hacen referencia a la mayoría de eventos ocurridos entre los siglos XV – XIX y a buena parte de los ocurridos durante el periodo pre-instrumental (1900 – 1962).

- ***Calidad C:*** Efectos geológicos y/o ambientales, correspondientes a eventos históricos, por lo general anteriores al Siglo XV, de los que se poseen descripciones muy vagas o generalistas y que no han sido **objeto de ningún estudio geológico reciente**. Este, por lo general, es el caso de todos los terremotos catalogados para el primer milenio de nuestra era y anteriores (< Siglo XI), periodo muy poco documentado en el catálogo de terremotos históricos de la Península Ibérica (Martínez Solares y Mezcua, 2002) por la ausencia de descripciones y referencias históricas.

- ***Calidad G:*** Efectos geológicos y/o ambientales, correspondientes a eventos históricos y/o prehistóricos, generalmente no incluidos en los catálogos convencionales, y de los que tan solo se dispone de información procedente de publicaciones científicas recientes de carácter paleosísmico y/o arqueosísmico. Por lo general, estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al Siglo XI, especialmente en época romana y visigoda y a todos los de carácter geológico incluidos en el presente catálogo.

- ***Calidad I****:* Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos de la época pre-instrumental (1900-1962 AD) e instrumental (> 1962 AD), de los que se poseen datos contrastados acerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados "in situ" por comisiones designadas específicamente para ello, o por diferentes investigadores interesados en estos casos. Así todos los eventos designados con Calidad I, poseen los mejores datos en cuanto a su localización epicentral (Qe), estimación de intensidades (Qi) y en la descripción y cuantificación de los efectos geológicos (Qg). No obstante, como se ha comentado anteriormente, algunos de los de época pre-instrumental, poseen descripciones de efectos geológicos poco contrastadas de calidad B.

2.1. Fichas Event: Información macrosísmica resumida

La información para cada terremoto aparece en formato ficha (**Fichas Event**). Estas ofrecen un resumen del evento que incluye los datos paramétricos e índices de calidad mencionados anteriormente, así como datos referentes a profundidad epicentral, errores de localización, magnitud registrada y eventos asociados (réplicas o premonitores) para el caso de eventos instrumentales. En todos los eventos se ofrecen datos resumidos sobre los EEEs primarios y/o secundarios catalogados y su categoría ESI-07, así como los correspondientes a EAEs significativos. Se incluye un listado numérico de la documentación utilizada para la confección del Catálogo del IGN (Martínez Solares y Mezcua, 2002), así como las 5 o 6 referencias bibliográficas básicas resumidas. Todos los eventos poseen un resumen y un abstract (en inglés) en el que se citan los tipos y número de efectos catalogados y se ofrece una pequeña descripción de los daños generales (destrucción, muertes, etc.) y de los daños ambientales (EEEs) generados por cada terremoto. La información también incluye la localización del terremoto dentro de las zonas sismotectónicas (GM12 Zones) diseñadas para la "Actualización de Mapas de Peligrosidad Sísmica de España" (IGN, 2012). Además, se ha incluido un mapa geológico simplificado de la Península Ibérica en el que se ofrece la localización de cada evento catalogado en las grandes unidades estructurales de la misma: Cordillera Bética, Pirineos, Cordillera Ibérica-Cadenas Costero Catalanas; Macizo Ibérico (Paleozoico) y Grandes Cuencas Cenozoicas (Tajo, Duero, Guadalquivir, Ebro y Guadiana). En la parte final de cada **Ficha EVENT** aparece el **autor(es)** que se ha encargado de la recopilación y estructuración de la información macrosísmica en cada caso. En esta segunda edición del catálogo, todas las fichas de todos los eventos catalogados (50 eventos) aparecen ordenadas temporalmente (por fecha) en

el apartado de **información macrosísmica resumida (apartado 8: Fichas Event).** Cada Ficha Event posee un **código** en que se identifica la naturaleza del evento catalogado (GEO, ARQ, HST, PRE o INS) seguido de la fecha del mismo en formato AAAAMMDD, como por ejemplo el último ocurrido en Lorca (Murcia): **INS 20110511**. El código de los eventos paleosísmicos, arqueosísmicos o históricos ocurridos antes de Cristo (AC) y de los que solo se posee información sobre el año ocurrido, el código identifica el Milenio AC en que ha ocurrido y el año correspondiente, que en el caso de dos fechas resultantes de los errores de datación se le asigna siempre la fecha más reciente. Por ejemplo, el código del terremoto más antiguo catalogado corresponde al del Yacimiento de la Cueva del Toro (Antequera) ocurrido en el cuarto milenio antes de Cristo entre los años 4200 y 3700 AC, y es: **ARQ -04 3700 AC**.

2.2. Fichas EEE: Información macrosísmica completa

El apartado 9 (información macrosísmica completa) se estructura como **capítulos individuales** (9.1; 9.2; etc.) cada cual hace referencia a cada uno de los terremotos catalogados sobre los que se ha desarrollado un análisis completo de los EEEs, TEEs y/o EAEs catalogados con su ficha correspondiente para cada efecto.

En estos apartados, además de la ficha general (EVENT), cada terremoto lleva un apartado de descripción en el que se transcriben las descripciones originales de los catálogos de Galbis (1934; 1940), así como un apartado de interpretación en el que se valora el tamaño y localización del evento en función de los EEEs y EAEs catalogados y publicaciones científicas existentes, de las cuales se ofrece la bibliografía completa hasta **Abril de 2017** por cada evento. En los apartados de interpretación se hacen indicaciones acerca de las localizaciones epicentrales y tamaño del terremoto en aquellos casos en que su investigación geológica, evaluación paramétrica mediante la Escala ESI-07 (EEEs) o datos arqueosismológicos orientados (EAEs) catalogados, indiquen variaciones respecto a los datos existentes en el catálogo oficial del IGN (Martínez Solares y Mezcua, 2002). Para cada uno de los eventos aparece una lista de referencias bibliográficas actualizadas (año 2016), a partir de la cual los lectores pueden profundizar en el análisis de cada uno de los terremotos catalogados. Cuando los eventos son posteriores a los catálogos de Galbis (posteriores a 1940), el apartado de descripciones originales de Galbis es sustituido por un apartado de descripción general del evento resumido de informes realizados por diferentes agencias (IGN, IAG, IGME y/o Protección Civil en su caso). Cuando los eventos son anteriores al catálogo de Galbis (Sismos antiguos y/o Paleosismos) aparece un apartado inicial de descripción general del yacimiento arqueológico (terremoto antiguo) o de la trinchera de falla (paleoterremoto) que lo documenta. En definitiva los apartados de descripción e interpretación que acompañan a las fichas EVENT se pueden considerar como "pequeños artículos científicos" en los que se describen, discuten e interpretan los datos geológicos y arqueológicos que permiten la catalogación del evento. Respecto a los catálogos paramétricos (numéricos) convencionales, el presente catálogo presenta la ventaja para el lector de que tiene toda la información y bibliografía a su disposición, a partir de la cual se puede analizar las interpretaciones de los autores y decidir sobre su calidad y/o validez.

La información macrosísmica, paleosísmica y arqueosísmica detallada se ofrece, para aquellos terremotos estudiados, a continuación de las descripciones e interpretaciones. Se aporta un listado paramétrico completo de los efectos catalogados (Fichas EEE o EAE), una imagen Google Earth de los archivos kmz que se han elaborado para el presente catálogo y la ficha individual para cada efecto catalogado. En estas fichas se ofrecen datos precisos (estructurados y estandarizados) de localización, geología, naturaleza del terreno, daños ocasionados e imágenes, así como una descripción, interpretación y cuantificación de los mismos perfectamente diferenciados. La descripción y estructura de las **fichas EEE/EAE** de efectos catalogados se expone en la fig. 1.

Esta segunda edición del catálogo, presenta la información resumida en su ficha de catalogación gene-

ral (Ficha Event) para todos los eventos sísmicos en los que se tiene constancia hasta la actualidad de la existencia de efectos geológicos o arqueosismológicos asociados, y se listan todos consecutivamente en el apartado 9. En esta segunda edición también se ha revisado y ampliado la información de aquellos eventos con información más completa, que se incluyen como apartados independientes. Posteriores ediciones del catálogo se irán completando, revisando y ampliando con nuevos eventos o nuevas fichas de efectos (EEEs y EAEs), ofreciendo la información completa y actualizada para la totalidad de los terremotos catalogados. Los datos contenidos en esta segunda edición del catálogo se encontrarán disponibles en una base de datos on-line, gestionada desde el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) en la que se podrán consultar y descargar los datos en archivos kmz y sus fichas correspondientes. A continuación se resumen las características esenciales de la información gráfica (mapas de intensidades y ShakeMaps) que acompaña el presente catálogo y en los siguientes apartados se explican las bases científicas seguidas para la catalogación de efectos geológicos, ambientales y arqueosismológicos (apartados 5 al 7). El apartado 8 presenta un listado paramétrico de los terremotos incluidos en esta segunda edición, y finalmente se proporciona la información bibliografía general que se ha utilizado para la confección del presente catálogo.

2.3. Información macrosísmica gráfica

Cuando los datos han sido suficientes, se han realizado ***mapas de intensidades ESI-07***, ilustrando la distribución de intensidades respecto a las fallas activas existentes en la zona y a los efectos geológicos y/o ambientales documentados en este catálogo. Todos los mapas se han confeccionado sobre la base topográfica de la Carta Geológica Digital de España del Servicio Geográfico del Ejército, en ellos las diferentes zonas macrosísmicas aparecen en código de colores, emulando a los ***Mapas de Sismicidad Instrumental*** confeccionados por el U.S.G.S.

Las localidades con EEEs (círculos) llevan el color del nivel de intensidad correspondiente y, en muchos casos poseen datos de intensidad satélite (círculos más pequeños) cuando para una localidad y/o sus alrededores se documentan dos o más datos referentes a EEEs o EAEs. Para la delineación de las zonas de intensidad se ha tenido en cuenta los accidentes tectónicos más importantes (representados por líneas negras), la geología local de la zona, especialmente en lo referente a la distribución de depósitos cuaternarios poco consolidados, así como el contexto topográfico (pendientes) y geomorfológico (cantiles, cañones fluviales, valles angostos, grandes llanuras, relieves tipo-cuesta) en los que se documentan los EEEs catalogados. Por lo demás, estos mapas introducen datos macrosísmicos complementarios EMS (triángulos), cuyo color define su intensidad, con la finalidad de representar lo más fielmente posible las áreas afectadas hasta los grados de intensidad IV o V, que constituyen el límite inferior de sensitividad de la escala ESI-07. Los mapas de intensidades no se proporcionan para eventos documentados por unas pocas o una única localización. Estos, por lo general, responden a los terremotos antiguos (yacimiento arqueológico) o paleoterremotos (trinchera de Falla). En estos casos, la información gráfica se sustituye por un mapa de daños orientados en el caso de yacimientos arqueológicos, o de la trinchera de falla analizada en el caso de paleosismos.

En los casos mejor documentados se proporcionan también **escenarios sísmicos (ShakeMaps)**, en términos de aceleración horizontal máxima del terreno (PGA: % g) confeccionados siguiendo una metodología similar a la utilizada por el ShakeMap Program del USGS (Wald *et al*., 2005), adaptada para la Península Ibérica por Élez *et al*. (2015) y Silva *et al*. (2017), y cuyo esquema metodológico se resume en la Fig. 3). Estos escenarios sísmicos se basan en la implementación de ecuaciones de predicción de movimiento del terreno (Ground Motion Prediction Ecuations; GMPE) sobre modelos digitales de terreno (MDT) pixel a pixel. Por tanto, el detalle del modelo resultante dependerá de la resolución del MDT utilizado que, en nuestro caso, poseen una resolución de 5m/pixel, obtenidos de la base digital de datos del IGN. Este tamaño de pixel es suficiente para poder diferenciar e identificar los EEEs individuales y

LEYENDA EXPLICATIVA DE LA FICHA DE CATALOGACIÓN DE EFECTOS GEOLÓGICOS (EEEs) O ARQUESISMOLÓGICOS (EAEs)

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18290321.01.01 *01.01.Código Localidad/ Sitio (Provincia)*	EVENTO	HST18290321 EVENTO. Provincia	EFECTO	TIPO EEE / INTENSIDAD: p.ej. SR/9	LOGO EFECTO

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientaciónepicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Localidad.P	0°00'0,00"O/E	00°00'0,00"N	m	km²; ha; m²	km	NORTE; SURESTE;	X EMS / 6.7 M*

DESCRIPCIÓN

Contexto Geomorfológico	*Breve descripción p. ej. Valle fluvial, Morrena, Llanura costera*	Pendiente del terreno	*Clasificación IGME 2002*
Descripción Geológica	*Breve descripción de la localización geológica y/o materiales afectados de un máximo de 4-5 líneas. Para la pendiente del terreno indicada en el epígrafe superior se utiliza la clasificación elaborada por el IGME para la realización del Mapa Geomorfológico considerando los siguientes valores:* Llano (<2%); Muy suave (2-5%); Suave (5-10%); Moderada (10-15%); Fuerte (15-30%); Muy Fuerte (30-50%); Escarpada; (50-70%); Cantil; Acantilado (> 70%)		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
*Litología del sustrato rocoso*Sedimentario; Conglomerados Metamórfico; Pizarras y Esquistos Plutónico; Granitos Volcánico; Basaltos	*Litología de las formaciones superficiales afectadas existentes sobre el sustrato* Roca (si es el sustrato directamente) Gravas y arenas; Arenas; Arcillas; Limos y Arcillas; etc.*para las fm. superficiales*	*Estructura interna del sustrato o formaciones superficiales afectadas:*Masivo; Estratificado; Fracturado; Foliado; Meteorizado; *pudiéndose consignar dos*	*Grado de consolidación de los materiales afectados:*Sin Consolidar (p.ej. Arenas); Semi-Consolidado (p.ej. Margas); Consolidado (p.ej. rocas)	*Clases de terreno considerados en la NCSE02:* I (1,0); II (1,3); III (1,6); IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
*Edad del Sustrato rocoso siguiendo la siguiente terminología:*Precámbrico, Paleozoico,Triásico, Jurásico.... Plioceno, etc.	*Edad de las formaciones superficiales siguiendo la siguiente terminología:* Plioceno, Pleistoceno inferior, Medio, Superior, Holoceno, Relleno Antrópico.	*Se indican edades existentes en publicaciones (fundamentalmente para paleosismos) indicándose el método de datación:*14 ka BP C^{14} / 68 ka TL; OSL; AAR; Th/U; etc. *De no existir se consigna* Sin datos	*Valores revisados de la aceleración máxima del terreno para un periodo de retorno de 475 años en la publicación del* IGN 2012	*Datos de aceleración existentes para terremotos instrumentales. Cuando sea un instrumental sin datos (Sin datos). En otros casos se consigna Pre-instrumental, Histórico, Geológico*

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Al hueso, Adobe, Mampostería, Sillería, Ladrillo, Hormigón no DSR, Hormigón DSR, Estructura de madera; Estructura metálica, Ninguna, etc.	Caseríos, Casas, Edificios, Iglesia, Catedral, Castillo, Edificio Histórico, Pavimento, Puente, Carretera asfaltada, Embalse, Puerto, Puente, Túnel, Ninguna, etc.	Sin datos; Ninguna; Única, Algunas (5%), Varias (25%), Muchas (50%), Múltiples (75%)	Ligero;Moderado; Grave; Destructivo; Ruina; Sin Datos; Ninguno	X EMS / X MSK *Si existen se dan los valores en las dos escalas. En localidades sin datos se indica el valor de la zona MSK donde se sitúa* IX MSK (Zona)

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Primario / Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	CATEGORÍA EEE ESI-07: TIPO EEE /INTENSIDAD

Descripción*: *Breve descripción del efecto consignado, de existir "descripciones originales se incluyen textualmente entre comillas" indicándose la fuente documental (Autor, año). El resumen de daños del epígrafe superior hace referencia a los tipos de construcciones, estructuras, cantidades y niveles de daños referentes a la localidad a que hace referencia la ficha siguiendo la terminología EMS-98. Para EEEs localizados fuera de poblaciones o localidades no catalogadas en catálogos existentes se consignara* Ninguna o Sin Datos *según corresponda.*

Interpretación*: *Breve texto explicativo del efecto consignado indicándose su interpretación y dimensiones cuando ha sido posible. Se sustenta en datos documentales consultados o publicaciones recientes haciéndose las referencias bibliográficas correspondientes (Autor, año). En determinados casos se ha realizado una revisión de campo para la elaboración del presente catálogo que también se indica. En el caso en que un efecto se haya interpretado a partir de las descripciones existentes, documentación gráfica o revisiones de campo también se indica. De igual forma en este epígrafe se indica si la localización del efecto es interpretada o no. Todas las interpretaciones de EEEs se sustentan en la escala ESI-07 (Guerrieri y Vittori, 2007) o en la clasificación de efectos arqueosismológicos MRP-11 (Rodríguez Pascua et al., 2011) en el caso de EAEs.*

Cuantificación*: *Cuantificación del Grado de Intensidad ESI-07 en función de las dimensiones de los efectos catalogados, distribución areal y/o relaciones con otros efectos. En el caso de EAEs se consigna la intensidad EMS-98 del efecto catalogado.*

Esta estructura en la presentación de los datos: **(1) Descripción, **(2) Interpretación**, **(3) Cuantificación**, permitirá a los lectores discernir entre datos, interpretaciones y resultados al estilo de un pequeño artículo de investigación.*



Imagen representativa del efecto catalogado con un pequeño pie de figura explicativo.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	INTENSIDAD	Calidad de los datos (Qg)	A, B, C, G, I.	*Se indica la calidad de los datos geológicos o arqueosismológicos (nivel de certeza) según la clasificación elaborada para este catálogo basada en la propuesta por Silva et al. (2008).*

Referencias bibliográficas:	*Se indican las dos o tres referencias bibliográficas básicas en las que se documenta el efecto catalogado y/o se basa su interpretación con el siguiente formato:* Larramendi, M.J. (1829). Memoria, relación de circunstancias y estado general de pérdidas causadas por la terrible catástrofe de los terremotos de 21 de marzo y siguientes han causado en Torrevieja y Gobernación de Orihuela. Imprenta Real, 1829, Madrid.		
Información Recopilada	*Nombre, Apellido, Departamento (INSTITUCIÓN). p.ej. Pablo G. Silva, Departamento de Geología (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 1	Año: 2014

Figura 1. Leyenda explicativa de la ficha de catalogación de Efectos individuales (EEEs y/o EAEs) utilizada en la segunda edición (2017) del Catálogo de Efectos Geológicos de los Terremotos en España. Como se observa, la información se encuentra estructurada en cinco niveles: 1) Localización; 2) Descripción Geológica y Geomorfológica de la zona afectada; 3) Datos sobre la naturaleza, edad y características geotécnicas generales del terreno afectado y sustrato geológico infrayacente; 4) Daños asociados al efecto o, en casos genéricos, a la localidad donde se documenta; y 5) Descripción, interpretación y cuantificación (parametrización).

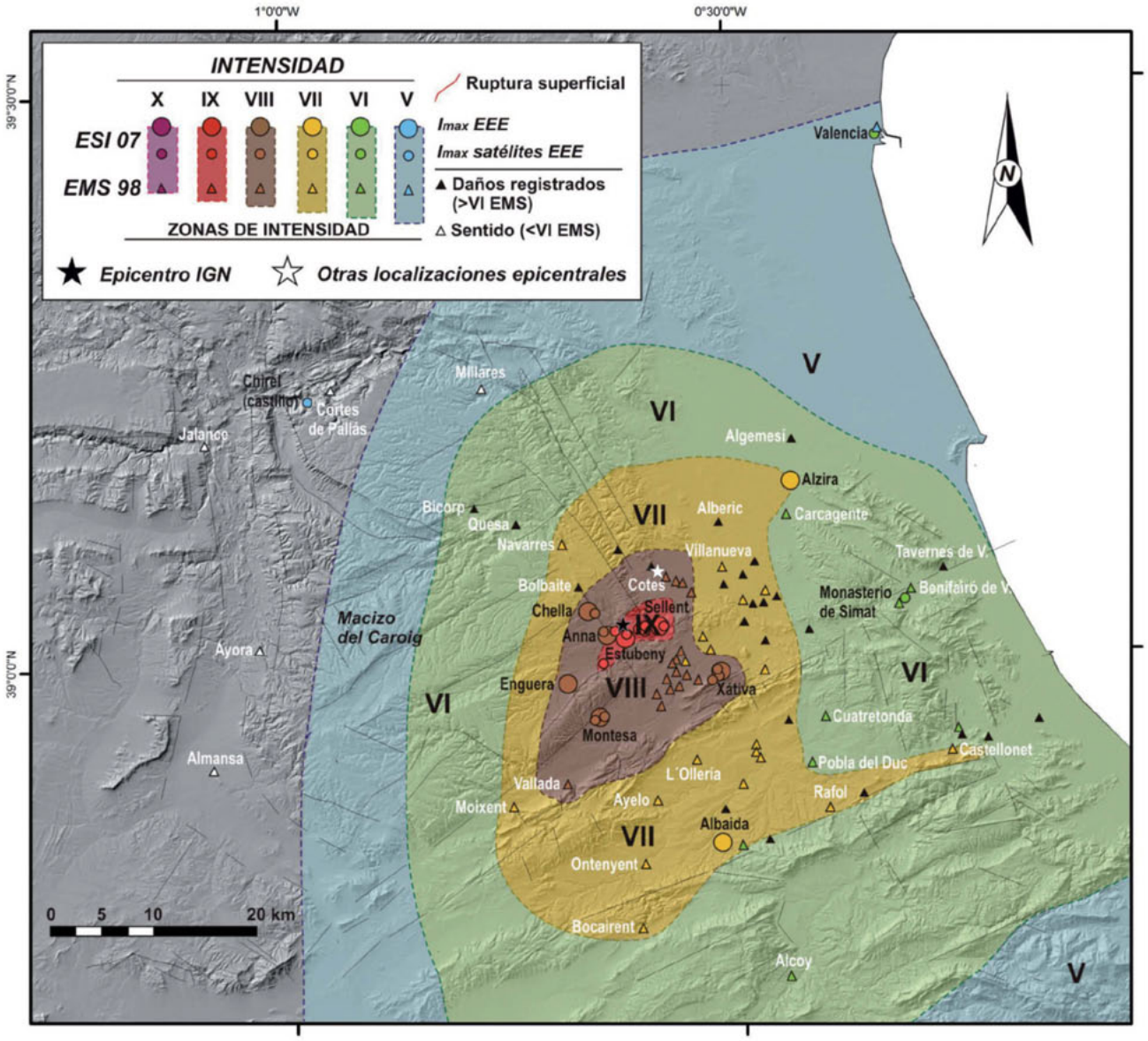


Figura 2. Ejemplo de mapa de intensidades ESI-07 y leyenda, incorporando datos ESI-07 (círculos) y EMS-98 (triángulos). Obsérvese que algunas localidades presentan un círculo principal (Intensidad máxima ESI-07), así como círculos más pequeños (satélites) que representan diferentes efectos (EEEs o EAEs) registrados en esa localidad utilizados para evaluar la intensidad máxima. Nótese que los datos satélites no tienen por qué presentar la misma intensidad (color) que la máxima (color círculo mayor). Ejemplo del Terremoto de Estubeny de 1748 AD.

posee mucha mejor definición que los MDTs utilizados por el USGS (de unos 900 m/pixel procedentes de la Shuttle Radar Mission SRTM-30). Por lo demás, la GMPE utilizada para producir los ShakeMaps del presente catálogo es la de Boore *et al.* (1997), ampliamente usada en el Programa de Peligrosidad Sísmica del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS Earthquake Hazard Program).

Este tipo de ecuaciones GMPE de primera generación han sido diseñadas para contextos geodinámicos transcurrentes (similares a la mayor parte de los casos incluidos en este catálogo), permiten un enfoque generalista acorde a las incertidumbres sobre la caracterización de fuentes sísmicas de eventos históricos, antiguos o prehistóricos, y permiten dotar a los diferentes modelos obtenidos de valores de amplificación acordes a sus características geológicas y/o topográficas (Wald *et al.*, 2005). En cualquier caso,

la implementación de este tipo de GMPE sobre un MDT se ha realizado en entorno SIG con el programa ArcGis y requiere para cada caso una serie de datos y modelos de entrada: (a) localización del epicentro; (b) tipo de falla (normal, inversa, en dirección); (c) dimensiones y forma del plano de ruptura de falla que ha generado el terremoto; (d) magnitud Mw del Terremoto; (e) el parámetro de Distancia Joyner-Boore (Radio R_{JB}) que computa la distancia horizontal (euclidiana) desde la fuente sísmica a cada uno de los pixeles del modelo (véase, atenuación con la distancia); y por último (f) el mapa de condición del terreno (efecto sitio) en función de la velocidad de propagación de las ondas sísmicas en los primeros 30 m o (V_s^{30}). Estos dos últimos parámetros (e y f) son los de mayor sensibilidad a la hora de obtener modelos de aceleraciones realistas acordes al contexto geológico y topográfico de la zona afectada. En concreto, el parámetro V_S^{30} se obtiene mediante la utilización de la pendiente del terreno como proxy de su naturaleza geológica, siguiendo el protocolo establecido en el USGS ShakeMap Program (Wald y Allen, 2007) y obteniéndose así la función de aceleración primaria del terreno Yv_s^{30} (Fig. 3).

Los parámetros (a) y (b) de la GMPE se infieren del análisis macrosísmico; la magnitud Mw (c) y dimensiones de la falla (d) se infieren a partir de relaciones empíricas existentes (p. ej. Wellls y Coopersmith, 1994). Por lo general, se ha ensayado inicialmente con las magnitudes propuestas por Martínez Solares y Mezcua (2002) u otros autores y dimensiones de falla resultantes. Pero finalmente, los valores interdependientes "magnitud/dimensión de falla" se han ido ajustando hasta obtener para cada caso: (1) el mejor ajuste posible entre la distribución de intensidades y el modelo de aceleraciones resultante; y (2) alcanzar el valor mínimo de aceleración máxima horizontal del terreno (PGA en g) correspondiente al nivel de intensidad máxima generada por el terremoto en el epicentro macrosísmico, según la escala de Intensidad Instrumental MM (MMI) usada por el USGS ShakeMap Program. El desarrollo metodológico completo se ilustra en la Fig. 3, donde se observa que para el caso de la Península Ibérica, se han tenido que implementar dos factores de corrección topográfica (T_S^0) y geológica (Q_T^{30}) respecto a la metodología original del USGS (Silva *et al.*, 2016). Ambos factores de corrección son necesarios debido a la alta resolución (5m/pixel) de los MDTs utilizados en este catálogo, y que se minimizan al utilizar MDTs de menor resolución (≥ 100 m/pixel) válidos para el análisis de terremotos de mayor tamaño (≥ 7.0 Mw) que afectan a zonas mucho mayores. Los factores de corrección se han ajustado mediante el uso del Terremoto de Lorca de 2011 como terremoto piloto, ya que de él se poseen todos los datos instrumentales precisos para proceder a su modelización (Silva *et al.*, 2016). En los trabajos de estos autores se pueden encontrar todos los detalles metodológicos sobre el desarrollo de los escenarios sísmicos (ShakeMaps) que complementan la información gráfica macrosísmica que se incluye en este catálogo.

Es importante recordar que los ShakeMaps presentados en esta obra son modelos de aceleraciones del terreno generados en función de los datos sísmicos, macrosísmicos y/o paleosísmicos desarrollados (o propuestos) por distintos autores. Por tanto, se trata de modelos teóricos mejor o peor ajustados a la realidad según la cantidad y calidad de datos existentes. Estos pueden ser modificados en un futuro mediante la incorporación de mayor número de datos o mediante el uso de ecuaciones GMPE de segunda generación que, por ejemplo, tengan en cuenta la profundidad del foco sísmico. Esto será de especial importancia para terremotos instrumentales con datos al respecto, pero entrará dentro del campo de la incertidumbre para los terremotos anteriores al Siglo XX de los cuales solo poseemos datos macrosísmicos y/o paleosísmicos.

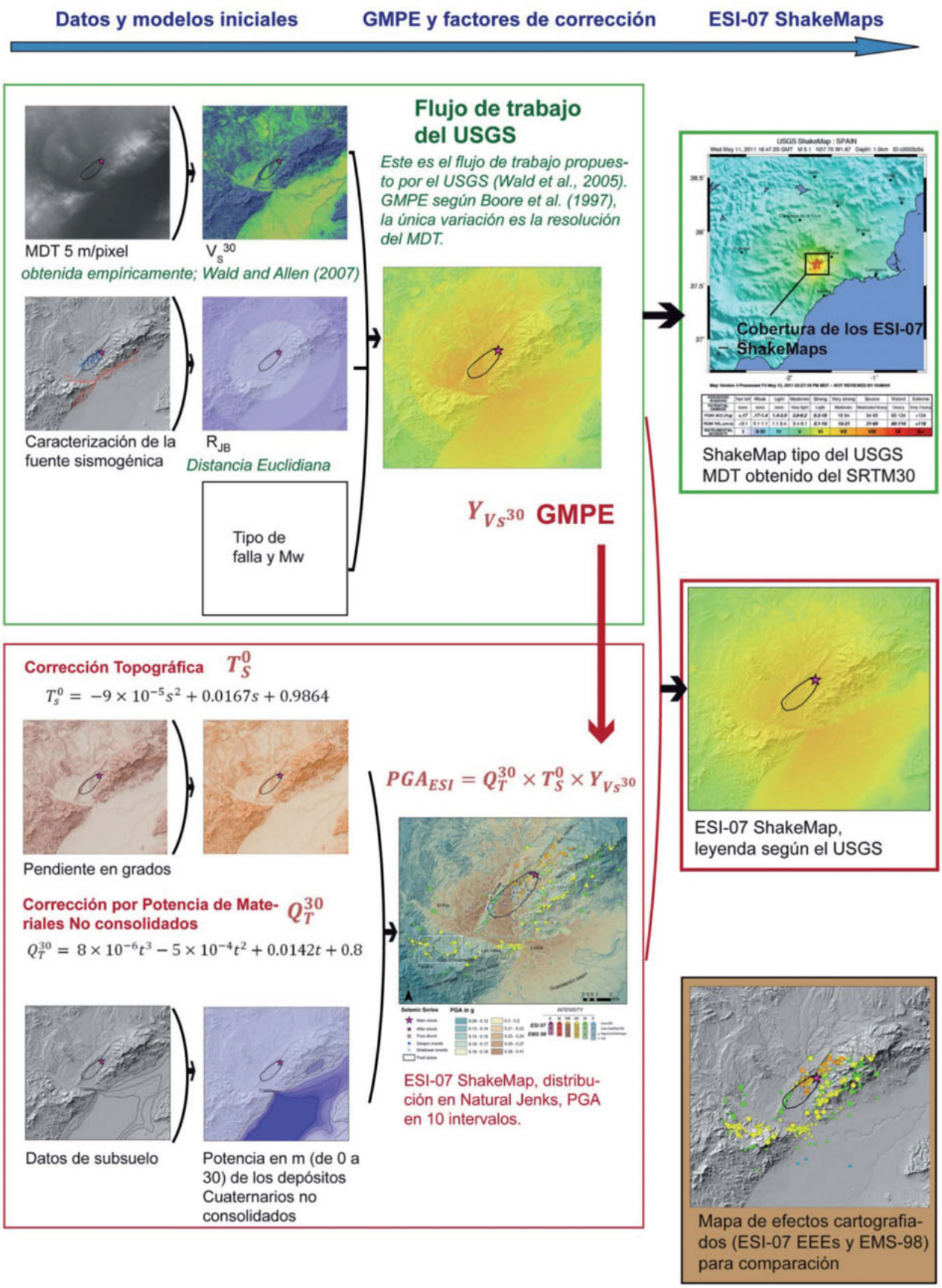


Figura 3. Cuadro Metodológico para la elaboración de los Escenarios Sísmicos (ShakeMaps) que acompañan el presente catálogo usando como evento instrumental piloto el correspondiente al 11 de Mayo de 2011 de Lorca (5,1 Mw) con 256 puntos de intensidad ESI-07 y una treintena de puntos de intensidad EMS-98. Modificado de Silva et al. *(2016).*

3

Escala Macrosísmica de Efectos Ambientales y Geológicos de Terremotos (ESI-07)

3. ESCALA MACROSÍSMICA DE EFECTOS AMBIENTALES Y GEOLÓGICOS DE TERREMOTOS (ESI-07)

La Escala Macrosísmica ESI-07, nace a raíz de la preocupación de la comunidad geológica internacional, nucleada en torno a la antigua Comisión de Neotectónica (1991 – 2003) de la International Union for Quaternary Research (INQUA), por la exclusión de los efectos en la naturaleza en las nuevas escalas macrosísmicas europeas (EMS). En el año 1999 durante el XV Congreso Internacional de INQUA (Durban, Sudáfrica), la subcomisión de Paleosismología de INQUA promueve el desarrollo de una escala macrosísmica basada únicamente en los efectos de los terremotos sobre la naturaleza. Se genera un grupo de trabajo compuesto por geólogos, sismólogos e ingenieros que compila una primera versión de la escala que es presentada en el año 2003 durante el XVI Congreso Internacional de INQUA (Reno, USA) y posteriormente se publica esta primera versión en el año 2004 con ocasión del Congreso Geológico Internacional de Florencia (Michetti *et al.*, 2004). Durante el periodo 2003-2007, la Comisión de Paleosismología y Tectónica Activa de INQUA, promueve un proyecto (INQUA Scale Project) para la revisión, chequeo y ampliación de la escala macrosísmica, que es finalmente presentada en 2007 durante el XVII Congreso INQUA (Cairns, Australia). En este Congreso, el Comité Ejecutivo de INQUA ratifica y aprueba la escala que es inmediatamente publicada por el Servicio Geológico Italiano, ISPRA (Michetti *et al.*, 2007).

La Escala publicada recibe el nombre formal de INQUA Environmental Seismic Intensity Scale ESI-07 y la publicación original contiene:

a) La definición formal de los grados de intensidad basados en la cuantificación de los efectos ambientales de los terremotos divididos en doce grados. En definitiva, la Escala ESI-07 supone una cuantificación de los efectos naturales incluidos en las escalas macrosísmicas tradicionales (MCS, MSK, MM), y que continúan utilizándose fuera del ámbito europeo.

b) Las líneas-guía para la utilización de la escala, (i) la base científica de la nueva escala macrosísmica; (ii) el procedimiento para la utilización de la escala en solitario o integrada con las escalas macrosísmicas basadas en daños, incluyendo la EMS Europea y la JMA japonesa; (iii) la organización y estructura de la escala; y las descripciones de los efectos diagnósticos que se requieren para proceder a la evaluación de intensidades ESI-07.

A continuación se transcribe la traducción de la Escala ESI-07 realizada en 2011 por el grupo de auto-

res que ha confeccionado este catálogo. Introducimos notas a pie de página para aclarar algunos conceptos y así diferenciar claramente el texto original que describe la Escala ESI-07 de las observaciones, aclaraciones e indicaciones realizadas por los autores de este catálogo.

3.1. Líneas Guía de la Escala Macrosísmica ESI-07

Los doce grados de intensidad introducidos en las escalas macrosísmicas desde principios del Siglo XX se encuentran fundamentalmente basados en tres tipos de efectos: a) cómo es percibido por los seres humanos, b) efectos y daños sobre edificaciones y construcciones, y c) efectos sobre el terreno y alteraciones del medio natural (Fig. 1).

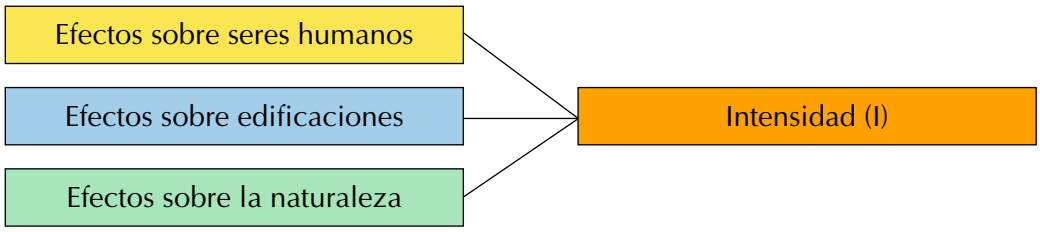


Figura 4. De acuerdo con la definición original de intensidad sísmica en escalas de doce grados, i.e., Escala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS), Escalas Mercalli Modificadas (MM-31 y MM-56) y la Escala Medvedev-Sponheuer-Karnik (MSK-64), la evaluación de intensidades se encuentra basada en sus efectos sobre las personas, edificaciones y la naturaleza.

Cuando las primeras propuestas de escalas de intensidades fueron planteadas, los diferentes autores siguieron intuitivamente la idea de incluir diferentes efectos sobre diferentes tipos de "receptores" con el fin de poder objetivizar las observaciones los máximo posible. Aun sin dar una definición o estructuración formal de este tipo de propuesta metodológica, De Rossi, Mercalli, Cancani, Omori, Sieger y sus colegas incorporaron a las escalas macrosísmicas estos tres tipos de efectos (humanos, edificaciones y la naturaleza). De esta forma los efectos producidos por los terremotos sobre la superficie terrestre han sido objeto de un notable seguimiento y escrutinio durante el pasado siglo. En la actualidad se reconoce que los efectos sobre la superficie terrestre son resultado del efecto acumulativo de la dinámica de la fuente sísmica (vibraciones generadas durante el desplazamiento y deformaciones finitas), de la propagación de las ondas sísmicas superficiales (aceleración del terreno) y por último, y localmente, del efecto sitio (amplificaciones). Por lo tanto, de acuerdo con esta primaria y valiosa aproximación metodológica, la Intensidad sísmica puede ser definida como una clasificación de efectos que permite medir la severidad de la sacudida sísmica en todo el rango de frecuencias, incluidas las deformaciones estáticas y los efectos de la vibración del terreno.

Sin embargo, en las primeras versiones de doce grados (Davison, 1921) los efectos sobre el medio natural se encontraban escasamente documentados y cuantificados. Su presencia en la escala estaba prácticamente condicionada por las numerosas referencias a la aparición o desarrollo de agrietamientos, deslizamientos, modificaciones y alteraciones del terreno contenidas en las distintas fuentes históricas.

Posteriormente, durante la segunda mitad del siglo XX, este tipo de efectos fueron progresivamente perdiendo peso en la literatura científica y en la práctica de la investigación sismológica, muy probablemente como consecuencia de la propia complejidad intrínseca y variabilidad de tales procesos natu-

rales, que en la mayoría de los casos requieren para su estudio conocimientos geológicos generales y específicos. Por el contrario, los otros dos tipos de efectos (humanos y edificaciones) incrementaron progresivamente su cuantificación y análisis durante este mismo periodo debido a su aparentemente más fácil análisis (i.e. Espinosa *et al.*, 1976a; 1976b; Grünthal, 1998), resultando, de hecho, ser los dos únicos tipos de efectos utilizados para la asignación de intensidades en las nuevas Escalas Macrosísmicas Europeas (EMS).

Estudios más recientes (Dengler y McPherson, 1993; Serva, 1994; Dowrick, 1996; Esposito *et al.*, 1997; Hancock *et al.*, 2002; Michetti *et al.*, 2004) ofrecen evidencias sustanciales sobre el potencial informativo de los efectos cosísmicos para el establecimiento del tamaño de los terremotos y campos de intensidades, complementando, de hecho, las escalas clásicas basadas fundamentalmente en los niveles de daños sobre edificaciones y construcciones humanas. En este sentido, el surgimiento de la Paleosismología como una nueva e independiente disciplina científica permite en la actualidad una cuantificación detallada de los efectos de los terremotos sobre la naturaleza sin precedentes. Por lo tanto, hoy día, ya es posible incorporar características diagnósticas de los efectos naturales de los terremotos para la asignación de intensidades. Este constituye el objetivo primordial de la escala ESI-2007. Su uso, junto con las escalas macrosísmicas convencionales (ver apartado 3.2), ofrece una imagen más completa de diferentes escenarios sísmicos ya que únicamente los efectos de los terremotos sobre el terreno permiten comparar la intensidad macrosísmica para diferentes escalas temporales y localizaciones geográficas. En cuanto a las escalas temporales, los efectos sobre el terreno pueden ser comparables para diferentes ventanas temporales, ya se trate de eventos de tipo instrumental (recientes), históricos o paleosísmicos, ampliando nuestro conocimiento a escalas temporales no recogidas en los catálogos sísmicos convencionales. Respecto a la localización geográfica, los efectos sobre el terreno son independientes de las condiciones socio-económicas, desarrollo urbanístico y tipos de edificaciones presentes en diferentes zonas del planeta. Este último hecho es fundamental para poder asignar intensidades en zonas despobladas o escasamente pobladas, así como comparar eventos sísmicos en zonas densamente urbanizadas con otras de características más rurales.

3.1.1. Efectos primarios y secundarios de los terremotos

Los efectos de los terremotos sobre el terreno y sobre la naturaleza en general (***Earthquake Environmental Effects: EEEs***) han de considerarse como cualquier fenómeno de carácter cosísmico que perturbe el medio natural en cualquier aspecto. Es decir, se refiere a los efectos sobre la superficie del terreno (los más importantes), cuerpos de agua, ya sean estos subterráneos (acuíferos y sistemas kársticos) o superficiales (ríos, lagos, embalses, y zonas litorales de mares y océanos), y sobre la cobertura vegetal arbórea existente. Todos ellos pueden clasificarse en dos grandes categorías: Efectos primarios y Efectos secundarios.

Los efectos primarios de los terremotos se refieren a la expresión en superficie de la fuente tectónica sismogenética, incluyendo rupturas de falla superficiales, fenómenos de elevación y subsidencia tectónica, abombamientos y basculamientos del terreno. Por lo general, se encuentran asociados a terremotos corticales, de carácter superficial, a partir de un cierto umbral de intensidad, *"comúnmente para terremotos ≥ VIII, aunque en terrenos volcánicos pueden aparecer estos efectos a partir de intensidad VII, pero esto es exclusivo de actividad tecto-volcánica"*. La magnitud de este tipo de deformaciones se encuentra directamente condicionada por el tamaño, y por tanto por la energía liberada, de los terremotos. Este tipo de efectos no sufren (en principio) ningún tipo de saturación, ya que, por ejemplo, solo se saturarían a partir de intensidad XII. Esto constituye una ventaja evidente sobre otro tipo de criterios, como los seres humanos que se saturan a partir de intensidades IX-X, o los efectos sobre las construcciones que, dependiendo de las zonas afectadas, pueden saturarse incluso a partir de intensidades VIII-IX. Por ejemplo, es difícil distinguir entre el Miedo y Pánico general (VIII) y el Pánico generalizado (IX)

que describe la escala MSK, o de la dificultad para mantenerse en pie (VIII) o algunas personas pueden ser lanzadas al suelo (IX), de las escalas EMS.

Los efectos secundarios de los terremotos hacen referencia a los efectos producidos por la sacudida sísmica inducida generalmente por la propagación de los trenes de ondas superficiales. Su presencia se observa comúnmente asociada a un determinado rango de intensidades en relación a sacudidas de moderadas a intensas del terreno. Para cada uno de los tipos de efectos secundarios la escala ESI-2007 describe las características diagnósticas en cuanto a dimensiones para cada rango de intensidad. Muchas veces es únicamente posible asignar un valor mínimo de intensidad, ya que determinados efectos secundarios sí que pueden saturarse dependiendo del contexto geológico, geomorfológico y/o tipo de terreno. Por el contrario, el área total afectada por los efectos secundarios no adolece de saturación y puede usarse como un criterio independiente para la evaluación de la Intensidad epicentral (I_0) como se verá en el apartado 3.2.1.

Los efectos secundarios que se consideran en la Escala ESI-07 son los siguientes grupos: a) Anomalías hidrológicas; b) Oleaje anómalo y tsunamis; c) Agrietamientos del terreno; d) Movimientos de ladera; e) Procesos de licuefacción; y f) Otros efectos, como agitación de la vegetación, nubes de polvo y movimientos de rocas. Estos se describen en el apartado 3.5., y posteriormente su cuantificación en la definición de los grados de intensidad ESI-07 (apartado 4).

3.1.2. El umbral para las rupturas superficiales de falla en zonas volcánicas

La profundidad del foco sísmico y el contexto geomorfológico donde se produce un terremoto influye largamente en el tipo, características y dimensiones de los efectos cosísmicos registrados. Dos terremotos corticales que liberen la misma energía, pero que posean diferente profundidad focal y/o afecten a diferentes contexto geomorfológicos, pueden producir un espectro muy diferente de efectos secundarios y, en consecuencia, dar lugar a valores de intensidades locales muy diferentes. Este es particularmente el caso de áreas volcánicas activas, donde los terremotos de origen tectónico poseen generalmente bajas magnitudes (energía) y son muy superficiales, generalmente entre 1 y 4 km, pero pueden dar lugar a efectos primarios (p.ej. Azzaro, 1999). Para tener este hecho en cuenta, el umbral para el desarrollo de rupturas de falla superficiales en áreas volcánicamente activas puede rebajarse hasta intensidad VII, mientras que para los terremotos convencionales de carácter superficial (5-15 km prof.) situados en otros tipos de contextos geológicos, la intensidad mínima requerida suele situarse en los VIII grados.

3.2. Cómo utilizar la Escala de Intensidades ESI-07

En aquellas ocasiones que los efectos ambientales de los terremotos se encuentren bien documentados es posible utilizar la escala ESI-2007 para realizar una evaluación independiente de la intensidad sísmica epicentral o local asociada a un terremoto. Siguiendo una metodología muy concreta (Fig. 5), la intensidad sísmica se puede evaluar independientemente o conjuntamente con otras escalas clásicas basadas en los niveles de daños sobre las edificaciones, dando lugar a campos de intensidades "híbridos".

El uso de la escala ESI-2007 como herramienta independiente (Caso A; Fig.5) únicamente se recomienda cuando los efectos sobre los seres humanos y/o sobre las edificaciones sean inexistentes, o muy escasos (áreas despobladas, entornos rurales débilmente poblados) o sufran saturación (lo normal por encima de intensidad X). Es decir, normalmente hacen referencia a terremotos fuertes que afecten zonas muy despobladas, o zonas pobladas donde el nivel de daños haya llegado a la destrucción casi total de las edificaciones existentes.

Como resultado del procesamiento de datos procedentes de múltiples terremotos a nivel mundial, la escala ESI-2007 únicamente puede definir intensidades con un nivel de confianza aceptable a partir de intensidad VII cuando los efectos sobre el terreno comienzan generalmente a ser diagnósticos. Este nivel de confianza incrementa con el aumento del grado de intensidad de la sacudida sísmica y, en particular, cuando los efectos primarios comienzan a ser relevantes convirtiéndose en deformaciones permanentes del terreno (Intensidad ³ VIII). Así la resolución de esta escala macrosísmica es progresivamente mayor cuanto mayor es la intensidad sísmica que se analiza (VIII < IX < X < XI < XII).

Obviamente cuando los efectos sobre la naturaleza no existan, sean muy escasos, o no se encuentren debidamente documentados, la asignación de intensidades debe basarse en las escalas macrosísmicas convencionales (Caso B; Fig. 5). Cuando los efectos se encuentren documentados tanto para seres humanos, para edificaciones como para la naturaleza (Caso C; Fig. 5) permitiéndonos evaluar dos tipos de intensidades independientemente (clásica y ESI-2007), el valor máximo de la intensidad debe de corresponder con el valor máximo resultante de la aplicación de las dos escalas. Obviamente, una valoración por parte de expertos constituye una componente esencial en este proceso de comparación de intensidades mediante la utilización de diferentes tipos de receptores.

El procedimiento descrito para el último caso (Caso C) permite el establecimiento de un campo híbrido

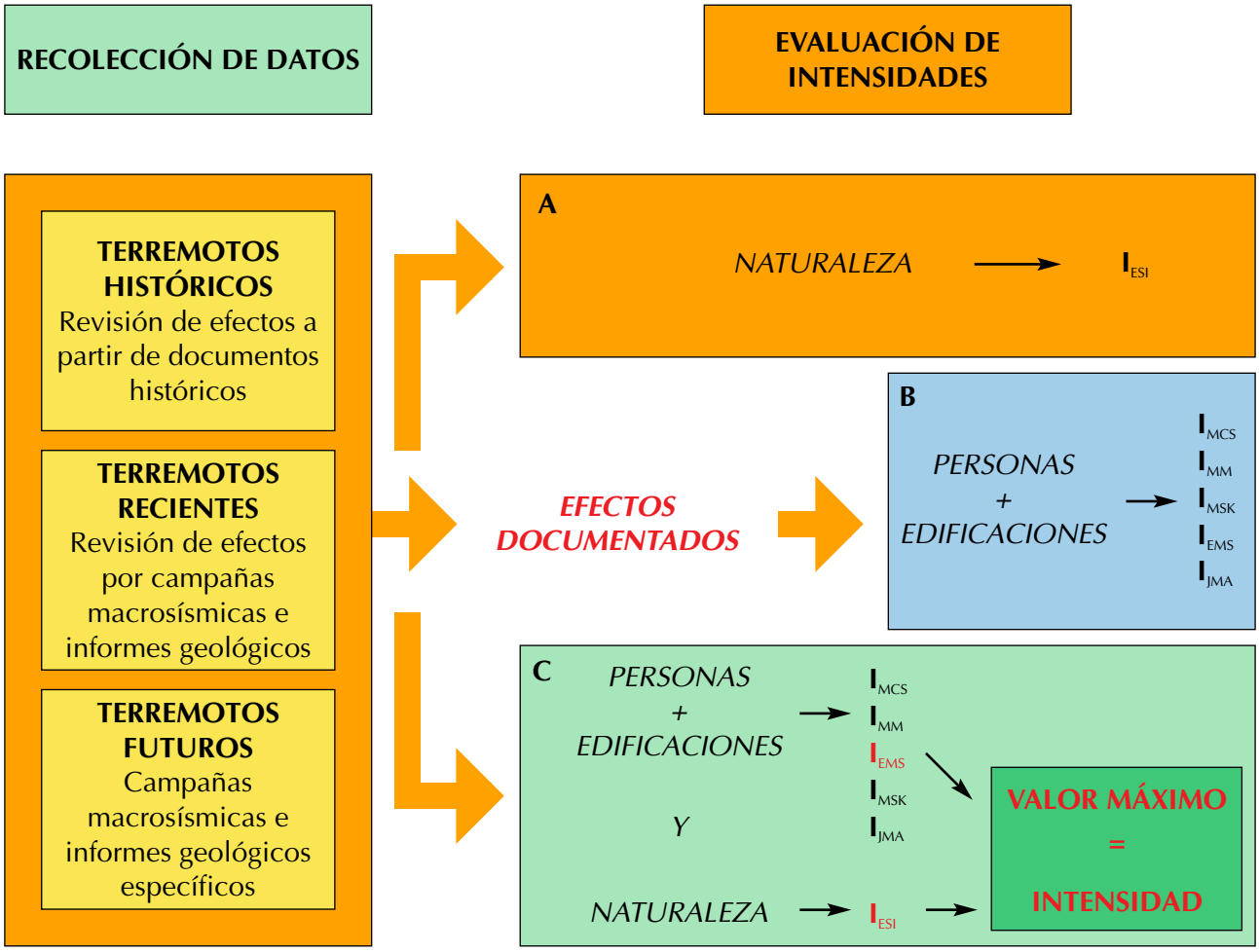


Figura 5. Esquema logístico para el uso de la Escala ESI 2007 sola o en conjunto con las escalas macrosísmicas tradicionales, basadas en los niveles de daños. Se consideran tan solo aquellas escalas macrosísmicas de uso común a nivel global, no obstante, cualquier escala puede integrarse en este esquema siguiendo una metodología similar (consultar apartado 2.2).

de intensidades locales resultante de las escalas clásicas y la ESI-2007. Este constituye el mejor de los escenarios posibles, dado que se tendrán en cuenta: 1) los efectos generados por el terremoto; 2) la definición original de la Intensidad sísmica; y 3) permite la comparación de los eventos sísmicos en escalas cronológicas y geográficas muy amplias. Es este último caso (C en Fig. 5) el que se ha usado en el presente catálogo para el análisis gráfico de los terremotos catalogados, estableciendo campos híbridos de intensidades ESI-07 y EMS-98 (Ver Fig. 2).

3.2.1. Procedimiento para el uso de la Escala ESI-07 como herramienta sísmica independiente

Como ya se ha descrito la Escala ESI-2007 constituye una herramienta igualmente válida para el establecimiento de la intensidad epicentral y/o local de un terremoto.

a) Intensidad Epicentral (I_0)

La intensidad Epicentral queda definida como la intensidad de la sacudida sísmica en el epicentro del terremoto. Es decir, cuál sería la intensidad sísmica alcanzada en el hipotético caso de que una población se situara justo en el epicentro sísmico. Se han utilizado diferentes métodos para asignar intensidades epicentrales. Prostpischi (1985) la define como "*el valor de la isosista cerrada de más alto grado de intensidad que al menos posea tres puntos de información diferentes*". Los parámetros de las rupturas superficiales de falla, así como el área total afectada por efectos secundarios tales como licuefacción y deslizamientos, son dos criterios independientes que pueden utilizarse para la asignación de intensidades epicentrales a partir de intensidad VII.

Los parámetros de rupturas superficiales, y sus rangos, descritos en la Tabla 1 están basados en el análisis de las dimensiones de rupturas superficiales de falla e intensidades asociadas para algo más de 400 terremotos corticales superficiales, listados en la base de datos SURFIN (SURface Faulting and INtensity database) desarrollada por el INQUA Scale Project (2007). El uso de esta simple tabla (Tabla 1) para la asignación de intensidades requiere una especial atención cuando las dimensiones de las rupturas superficiales se encuentran próximas a los límites establecidos para dos grados de intensidades consecutivos. En estos casos se recomienda utilizar la distribución areal de los efectos secundarios como criterio diagnóstico principal con el fin de evitar evaluaciones subjetivas.

El área total afectada por efectos secundarios: La escala ESI-2007 utiliza este criterio como diagnóstico para la determinación de intensidades epicentrales a partir de Intensidad VII. Incluso en estos casos, para cada uno de los grados de intensidades listados en la Tabla 1 solo se considera el orden de magnitud del área total afectada, y el valor seleccionado tiene que ser consistente con los efectos primarios registrados. La definición de área total afectada no incluye efectos aislados que ocasionalmente se sitúan en campo lejano distantes de la zona epicentral. Por lo general, la ocurrencia de este tipo de fenómenos asilados en campo lejano está relacionada con las condiciones geológicas y/o geomorfológicas peculiares del sitio afectado. Obviamente, solo un examen realizado por profesionales puede establecer cuáles y qué tipo de efectos deben de ser incluidos o excluidos al definir el área total afectada por los efectos secundarios de un terremoto en concreto.

b) Intensidad Local (I_L)

La intensidad Local puede establecerse esencialmente a partir de la descripción de los efectos secundarios ocurridos en una localidad determinada. Sin embargo, incluso la expresión y dimensiones de los efectos primarios, en términos de máximo desplazamiento asociado a un segmento de falla en particu-

I_0	EFECTOS PRIMARIOS		EFECTOS SECUNDARIOS
	LONGITUD DE LA RUPTURA SUPERFICIAL	MÁXIMO DESPLAZAMIENTO O DEFORMACIÓN	ÁREA TOTAL AFECTADA
IV	-	-	-
V	-	-	-
VI	-	-	< 10 km²
VII	(*)	(*)	c. 10 km²
VIII	Cientos de metros	Centimétrico	c. 100 km²
IX	1- 10 km	5 - 40 cm	c. 1000 km²
X	10 - 60 km	40 - 300 cm	c. 5000 km²
XI	60 – 150 km	300 – 700 cm	c. 10000 km²
XII	> 150 km	> 700 cm	> 50000 km²

Tabla 1. Rango de los parámetros de rupturas de falla (efectos primarios) y extensión areal típica del registro de los efectos secundarios para cada uno de los grados de intensidad ESI-2007. (*) Rupturas de falla de decenas a algunas centenas de metros de longitud y desplazamiento centimétrico; pueden desarrollarse asociadas a terremotos muy superficiales, generalmente ocurridos en zonas volcánicamente activas.

lar, puede utilizarse para esta evaluación. La evaluación de la Intensidad Local puede realizarse según dos maneras diferentes:

Localidad-Sitio: Este tipo de aproximación se recomienda cuando las descripciones de los efectos sobre el terreno no han sido analizadas de una manera homogénea a lo largo de toda la zona afectada, lo cual se encuentra comúnmente relacionado con los terremotos históricos, de los cuales tenemos documentación puntual de efectos y localidades concretas. La principal ventaja de este tipo de aproximación es que permite su comparación con intensidades locales procedentes de las escalas macrosísmicas tradicionales.

De acuerdo con este tipo de aproximación, un Sitio puede ser definido como cualquier lugar donde un único efecto ambiental cosísmico haya tenido lugar. La descripción de un efecto cosísmico ha de ser realizada a este nivel.

Una Localidad puede incluir diferentes sitios y representa un segundo nivel de generalización de datos, en base a los cuales puede ser asignada una intensidad. Así una localidad puede referirse a cualquier lugar habitado, inhabitado o natural. La localidad debe de ser lo suficientemente pequeña para permanecer separada de otras zonas cercanas con intensidades significativamente diferentes, pero lo suficientemente grande como para incluir diferentes sitios de la misma intensidad que permita una asignación de intensidad representativa. Consecuentemente, una localidad debe de ser definida por expertos.

Análisis en Malla Regular *(Box-Counting):* En el caso de investigaciones de campo muy sistemáticas sobre el área afectada por un terremoto, ésta nos puede proporcionar datos suficientes para establecer una distribución homogénea de efectos ambientales cosísmicos. Esta situación es todavía infrecuente para el estudio de terremotos modernos, pero sería lo deseable para futuros terremotos. Se recomienda dividir el territorio en una malla regular, cuyo tamaño de celda dependerá del área afectada a investigar. Así, será posible asignar un valor de intensidad a cada una de las celdas en que quede subdividido el territorio. La distribución de intensidades resultante permite definir un mapa de isosistas sobre el ma-

llado[1]. En cualquier caso, la utilización de este nuevo método dará lugar a una difícil comparación e integración de los datos con los mapas de isosistas estándar procedentes de escalas macrosísmicas convencionales.

3.3. Correlación entre la ESI-07 y las Escalas Macrosísmicas tradicionales

En principio, la correlación entre escalas de intensidades, grado por grado, debería de rechazarse dado que cada escala particular clasifica los "efectos" de diferente forma. Así, para la comparación de dos terremotos es recomendable utilizar la misma escala macrosísmica, incluso si es necesaria reclasificar la totalidad de los efectos registrados. Por ejemplo, en la escala MSK-64 se usa para la clasificación de intensidades el concepto de "daño típico" y los "tipos de edificaciones", dando como resultado una escala de intervalos de intensidades constantes. Las escalas MCS y la Mercalli Modificada (MM) se encuentran basadas en los "efectos máximos", resultando ser "Escalas de Orden". Como consecuencia, es mucho más fácil alcanzar la intensidad VIII en la Escala Mercalli original que aplicando la MSK-64.

Con todo ello, los doce grados clásicos en que se subdividen las escalas macrosísmicas, a pesar de incluir efectos ambientales cosísmicos, no son capaces de diferenciar intensidades por encima del grado

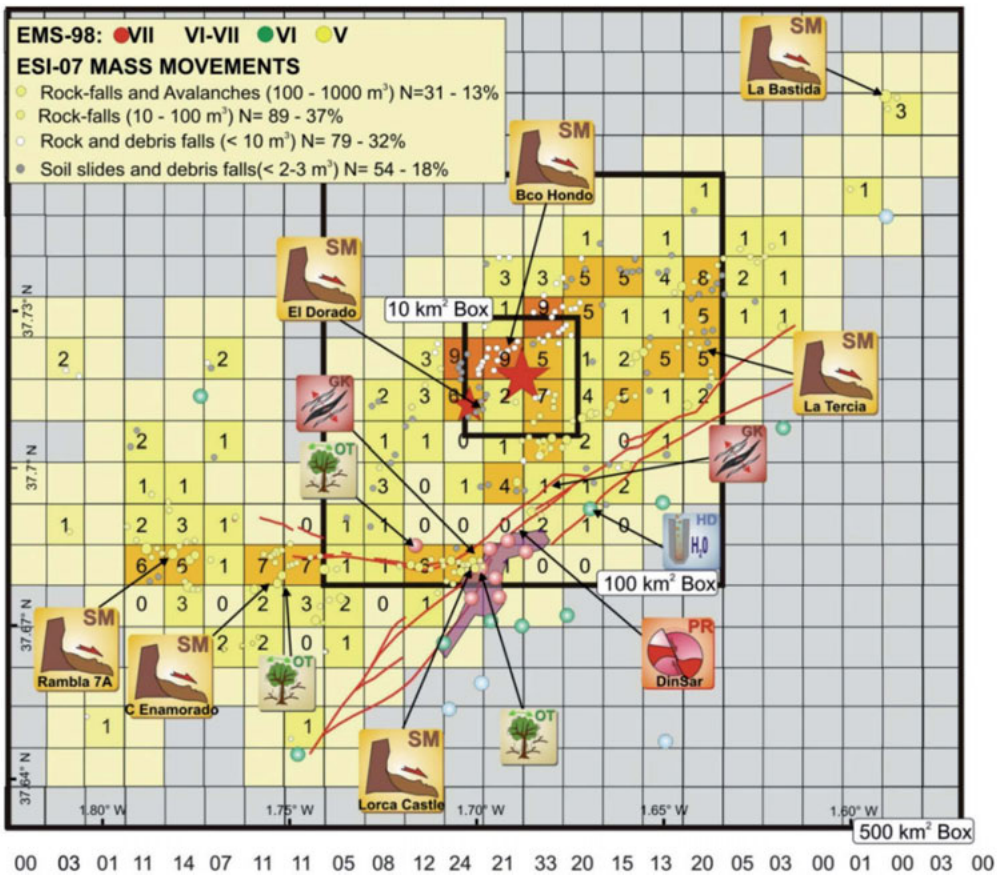


Figura 6. Ejemplo de análisis en mallado regular (Box-Counting) utilizado para el terremoto de Lorca de 2011 AD (5,1 Mw) indicando los sitios con los efectos ambientales cosísmicos (EEEs secundarios), en su mayoría desprendimientos y caídas de rocas, más representativos (Silva et al.*, 2015).*

[1] *Recientemente esta metodología ha sido aplicada a terremotos instrumentales utilizando la distribución de rupturas superficiales, aéreas afectadas por procesos de licuefacción y/o movimientos de ladera (Ota* et al.*, 2009; Silva* et al.*, 2015).*

IX, saturándose. Esto es debido a dos razones fundamentales: (a) no diferencian entre efectos primarios y secundarios; (b) no usan una aproximación cuantitativa a los efectos sobre la naturaleza. Por lo tanto, es esperable que cuando tratemos con terremotos de gran tamaño, la aplicación de la Escala ESI-2007 puede resultar en valores de intensidades diferentes y más significativas, físicamente hablando, que aquellos procedentes de otras escalas. Es exactamente esta la razón por la que es necesario el desarrollo de este tipo de escalas relacionadas con los efectos ambientales y geológicos de los terremotos.

En la práctica, muy a menudo la investigación macrosísmica se encuentra obligada a la comparación de intensidades procedentes de diferentes escalas. Este hecho ha provocado la aparición y el uso de tablas de conversión, como las propuestas por Krinitzsky & Chang (1978), Reiter (1990) y Panza (2004). Por otro lado, la aplicación de tales tipos de tablas de conversión ha provocado frecuentemente la introducción de numerosas incertidumbres adicionales, como es el caso del uso de "medios grados" o "fracciones de grados" que no hacen más sino que confundir las lecturas macrosísmicas convencionales.

Para evitar estos inconvenientes, la correlación entre las más importantes escalas macrosísmicas tiene que ser simplificada y basarse en relaciones uno por uno. Como ya se advierte en el trabajo de Michetti *et al.* (2004), debido a los niveles de incertidumbre inherentes a la propia estructura de las escalas macrosísmicas, los procesos de conversión y reclasificación (los cuales no pueden ser evitados) deben de considerar los doce grados de las escalas como completamente equivalentes. Esto incluye también la Escala Macrosísmica China, que fue originalmente diseñada para ser consistente con la Escala MMS (Xie, 1957; Wang, 2004). En cualquier caso, la correlación con la Escala Japonesa JMA dividida en siete grados, así como con otras escalas existentes no divididas en doce grados, requiere inevitablemente una reagrupación de algunos grados de intensidad (Tabla 2).

3.4. Estructura de la Escala de Intensidades ESI-07

La Escala ESI-2007 ha sido desarrollada para ser consistente con la Escala Macrosísmica Mercalli Modificada (MM-31, Wood & Neumann, 1931; MM-56, Richter, 1958) y la Escala MSK-64 (Escala de Med-

MCS, MM-31, MM-56, MSK, EMS, Escala CHINA	ESI 2007	JMA
I	n.a.	0
II	n.a.	1
III	n.a.	2
IV	IV	3
V	V	4
VI	VI	5 Inferior
VII	VII	
VIII	VIII	5 Superior
IX	IX	6 Inferior
X	X	6 Superior
XI	XI	7
XII	XII	

Tabla 2. Tabla de Correlación entre la ESI-2007 y otras escalas macrosísmicas convencionales de doce grados y la Escala Japonesa JMA (modificado de Krinitzsky and Chang, 1977; Reiter, 1990; Hancox et al.*, 2002); "n.a." significa "no aplicable".*

vedev-Sponheuer-Karnik), dado que estas son las dos escalas de mayor aplicación a nivel mundial e incluyen referencias explícitas a los efectos ambientales de los terremotos.

En general, esta nueva escala ha sido cuidadosamente diseñada con el fin de guardar la consistencia interna de las escalas originales de doce grados, como se discute con mayor profundidad en Michetti *et al.* (2004). Existe un gran esfuerzo y compromiso científico a nivel mundial relacionado con la determinación de la peligrosidad sísmica usando la intensidad como "parámetro básico". Cada "nueva palabra" en este campo de investigación no tendría por qué resultar en cambios muy dramáticos. Los miembros del Grupo de Trabajo de INQUA somos conscientes que las escalas macrosísmicas tradicionales de doce grados se encuentran fundamentalmente basadas en los efectos sobre las personas (grados II-V), los efectos sobre las edificaciones e infraestructuras (grados VI-IX) y los efectos sobre la naturaleza o el terreno (grados X-XII). La Escala ESI-2007 es, por tanto, especialmente útil para la evaluación de intensidades en el rango de sus valores más altos, pero como se mencionó anteriormente, para evitar confusiones se ha mantenido la numeración clásica.

3.4.1. Principales grupos de grados de intensidad

La Escala ESI-07 comienza allí donde los efectos ambientales cosísmicos comienzan a ser regularmente observados en condiciones favorables, dígase a partir de la intensidad IV. La escala es lineal y funciona sin ambigüedades hasta el grado de intensidad XII. En la primera versión de la escala, las intensidades I, II y III también fueron definidas utilizando los efectos ambientales asociados (Michetti *et al.*, 2004). Es importante resaltar que algunos de los efectos en la naturaleza, especialmente los relacionados con masas de agua y fenómenos hidrogeológicos (Montgomery & Manga, 2003 y referencias incluidas), así como las deformaciones tectónicas primarias detectadas instrumentalmente (Amoroso & Crescentini, 1999), han sido observadas para niveles de intensidades muy bajos. Quizá nuevos datos permitirán en un futuro la revisión de la escala para poder incluir efectos ambientales adecuados para definir intensidades en el rango de I a III. Sin embargo, transcurridos cuatro años desde el comienzo de la aplicación de la escala a través del "INQUA Scale Project" parece claro que, con el conocimiento acumulado hasta la fecha, los efectos sobre el medio natural en este rango de intensidades no es diagnóstico. Comparando la ESI-2007 con otras escalas macrosísmicas de doce grados pueden identificarse tres grandes grupos de intensidades:

I-III: No existen efectos ambientales o geológicos que puedan ser utilizados como diagnósticos.

IV-IX: Los efectos ambientales son fácilmente observables a partir de intensidad IV, y a menudo éstos son permanentes y diagnósticos a partir de intensidad VII. Sin embargo, estos efectos son menos adecuados para asignar intensidades que los efectos sobre las personas y las edificaciones usados por otras escalas. Su uso es por tanto especialmente recomendado para zonas escasamente pobladas[2].

---

[2] *A efectos prácticos dentro de este grupo se pueden diferenciar tres subgrupos. El primero de intensidad IV-V, donde los efectos comienzan a documentarse, pero tienen pequeñas dimensiones, un grado de preservación geológico prácticamente nulo y, por lo general, afectan a áreas del orden de 1 a 5 km^2. El segundo grupo de intensidad VI-VII, donde la intensidad queda definida por efectos secundarios que tienen un periodo de supervivencia corto y que necesitan ser documentados inmediatamente tras el terremoto o que exista constancia documental de su ocurrencia a lo largo de un área ≤ 10 km^2, principalmente procesos de licuefacción, agrietamiento del terreno o movimientos de ladera. El tercer grupo, de intensidades VIII – IX, queda caracterizado por la aparición de efectos primarios y/o procesos de licuefacción, agrietamiento y movimientos de ladera con un alto grado de potencial de preservación en el registro geológico en un área total ≥ 100 km^2. Por lo general, los grupos de IV-V y VI-VII se recomienda su uso híbrido con otras escalas de intensidades basadas en daños (EMS, MM, MSK, MCS); por el contrario, en el grupo de intensidades VIII-IX ya es posible utilizar la Escala ESI-07 como herramienta única.*

X-XII: Los efectos sobre las personas, edificaciones e infraestructuras se saturan, mientras que los efectos sobre la naturaleza comienzan a ser dominantes. De hecho, algunos tipos de efectos ambientales cosísmicos (p.ej. efectos primarios) no sufren saturación a estos altos niveles de intensidades, siendo las herramientas más efectivas y apropiadas para evaluar la intensidad de un terremoto.

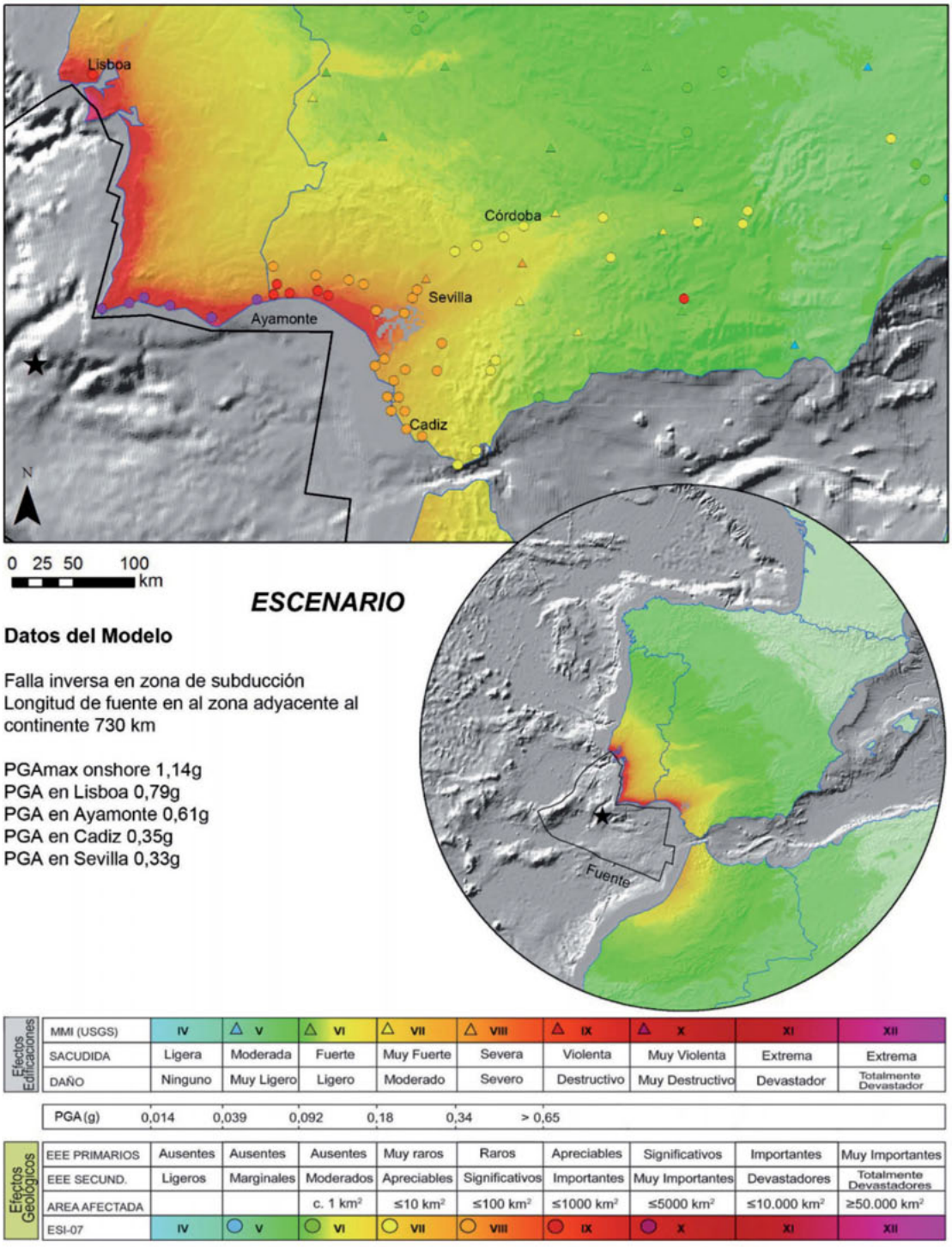


Figura 7. Ejemplo de presentación de los Escenarios Sísmicos elaborados para algunos de los Terremotos catalogados en la presente obra en base a datos de intensidades ESI-07 (círculos) y EMS-98 (triángulos). El ejemplo representa el correspondiente al terremoto de SW Cabo San Vicente (Océano Atlántico) de 1755 AD (XI ESI-07).

4

Descripción y Categorización de los Efectos Ambientales de los Terremotos ESI-07 (*Earthquake Environmental Effects; EEEs*) para el presente catálogo

4. DESCRIPCIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE LOS EFECTOS AMBIENTALES DE LOS TERREMOTOS ESI-07 (EARTHQUAKE ENVIRONMENTAL EFFECTS; EEES) PARA EL PRESENTE CATÁLOGO

Es posible agrupar las características de los efectos ambientales de los terremotos (EEE) de dos formas diferentes: La Ficha de EEE, diseñada para ser usada durante la fase inicial de emergencia tras un terremoto; y la Base de Datos EEE, diseñada para ser usada para la revisión de los informes históricos de terremotos y como archivo final[3]. La estructura de las fichas y Base de Datos EEE es similar, de manera que se pueden migrar datos de una a otra sin dificultad[4].

La Escala ESI-07 considera efectos primarios y efectos secundarios de los terremotos (Tabla 3). Los primeros son efecto de la propagación de la zona de ruptura (ruptura de falla) o sus efectos (elevación subsidencia cosísmica) a la superficie del terreno deformándolo permanentemente. Los segundos son efecto de la propagación de las ondas sísmicas por la superficie del terreno y de las deformaciones y cambios de esfuerzos transitorios que éstas producen, aunque en determinados casos pueden inducir deformaciones o cambios permanentes (Movimientos en masa, agrietamientos y procesos de licuefacción) en el mismo, fundamentalmente a partir de grado VIII.

Una descripción detallada de los efectos primarios y secundarios, así como su parametrización y cuantificación se proporciona en el **Apéndice I** del presente Catálogo donde se definen los grados de intensidad de la Escala ESI-07. En los siguientes apartados se proporcionan la descripción y categorización de los EEEs primaros y secundarios, tal y como se proporcionan en la Escala de Intensidad Macrosísmica ESI-07 (Michetti *et al.*, 2007).

---

[3] *Ambos documentos pueden descargarse desde la siguiente página web: http://www.apat.gov.it/site/en-GB/Projects/INQUA_Scale/Documents/*

[4] *En la actualidad se ha desarrollado una aplicación electrónica Android "Earthquake Geo Survey 1.1" (Papathanassiou y Kopsachilis, 2013) que facilita la recolección de datos sobre el terreno y su rápida clasificación con el formato ESI-07, generando archivos kmz que se pueden exportar a Google Earth, mostrando la distribución de los efectos cosísmicos y su descripciones cualitativas y cuantitativas. Se puede descargar para cualquier dispositivo electrónico (tablet, Smartphone, etc.) basado en Android.*

4.1. Efectos Primarios

Las dimensiones o escala de los efectos primarios se expresan en términos de dos diferentes parámetros: a) La longitud de ruptura total (SRL); y b) Desplazamiento máximo (MD)[5]. Su presencia se encuentra normalmente asociada a un valor de intensidad mínima (VIII), excepto en el caso de terremotos muy superficiales en zonas volcánicamente activas e islas volcánicas, en los que las rupturas superficiales pueden aparecer ocasionalmente a partir de intensidad VII. La cantidad de deformación superficial (elevación o subsidencia tectónica cosísmica) también es considerada en la escala. *"En zonas litorales, marcadores estratigráficos o geomorfológicos del nivel del mar (socaves litorales, niveles de bioerosión, etc.) permiten una cuantificación de los procesos de elevación/subsidencia con un grado de fiabilidad muy alto"*.

4.2. Efectos Secundarios

La Escala ESI-07 considera ocho grandes grupos de efectos secundarios (Tabla 3), aunque por lo general las clases (f), (g) y (h) se agrupan en el apartado de otros efectos ambientales (de prácticamente nulo potencial de preservación en el registro geológico). Mientras algunas descripciones son consideradas diagnósticas (identificadas *"Cursiva – Itálica"* en la definición de los grados de intensidad del apartado 5), otras son susceptibles de ser modificadas después de su implementación en la base de datos que co-

	Efectos ambientales (EEEs)		Rango Diagnóstico de Intensidad	
EFECTOS PRIMARIOS	Rupturas superficiales de falla		VIII*	XII
EFECTOS SECUNDARIOS	(a)	Anomalías hidrológicas	IV	X
	(b)	Oleaje anómalo/tsunamis	IV	XII
	(c)	Grietas y fisuras	IV	X
	(d)	Movimientos de ladera	IV	X
	(e)	Licuefacción	V	X
	(f)	Agitación de la vegetación	IV	XI
	(g)	Nubes de polvo	VIII	VIII
	(h)	Movimiento de rocas	IX	XII

Tabla 3. Rango diagnóstico de intensidad para cada uno de los efectos ambientales considerados por la ESI-2007. (*) Para intensidad VII rupturas superficiales de falla muy limitadas de decenas a centenas de metros de longitud y desplazamiento centimétrico pueden tener lugar esencialmente en zonas volcánicamente activas asociadas a eventos tecto-volcánicos muy superficiales.

[5] *Aunque la Escala ESI-07 no lo menciona, a partir de estos parámetros de falla (SRL y MD) puede estimarse también el Momento magnitud (Mw) de un terremoto a partir de relaciones empíricas establecidas (p.ej. Wells and Coppersmith, 1994; Stirling* et al.*, 2002). Estos datos de falla pueden también ser estimados en análisis paleosismológicos convencionales de trincheras de falla, por lo que también se pueden caracterizar paleosismos más allá del periodo histórico convencional o documentado en cada zona. El TEC_DOC on Paleoseismology publicado por la IAEA provee un análisis pormenorizado de las distintas relaciones empíricas magnitud/falla para diferentes tipos de falla o contexto geodinámicos (IAEA, 2015).*

rrelaciona las anomalías características de algunos efectos secundarios para distintos niveles de intensidad.

En cualquier caso, en la evaluación de un valor de intensidad razonable para el área total afectada por efectos secundarios se recomienda la descripción y cartografía del conjunto de efectos secundarios catalogados, incluyendo aquellos todavía no incorporados en las descripciones de los diferentes grados de intensidad de la escala (p.ej. colapsos kársticos).

Para la confección del presente catálogo hemos subdividido los grupos de anomalías considerados en la Escala ESI-07 en ocho grupos fundamentales siguiendo los criterios de cuantificación y simbología considerados por Silva *et al.* (2013b) para el diseño de tablas paramétricas para el análisis de EEEs sobre el terreno basadas en la Escala de Colores Munsell utilizada en estudios edáficos. Las descripciones que aquí se aportan son las originales de la Escala ESI-07, aunque reagrupadas de diferente forma en las categorías de "Anomalías hidrológicas" y de "Oleaje anómalo y tsunamis". Todas las apreciaciones o aclaraciones al texto original de la escala o su aplicación propiamente dicha al estudio paleosismológico se realiza en forma de notas a pie de página.

4.2.1. (a) Anomalías Hidrológicas

Las anomalías hidrológicas comienzan a ser evidentes a partir de intensidad IV, comienzan a ser significativas en la zona epicentral a partir de intensidad VII, pero se saturan (su escala no incrementa) a partir de intensidad X. Se han dividido para el presente catálogo en dos grandes grupos:

- ***(a.1). Anomalías hidrológicas (Hydrological Anomalies; HA):*** 1) Variaciones de caudal en manantiales, fuentes y pozos; 2) Desaparición de manantiales y fuentes; 3) Aparición de nuevas fuentes o manantiales; 4) Turbidez de pequeñas masas de agua, lagos y ríos.

- ***(a.2). Efectos Hidrogeológicos (Hydrogeological Disturbances; HD):*** 1) Turbidez de fuentes y manantiales; 2) Anomalías geoquímicas (cambios de composición); 3) Cambios de temperatura; 4) Emisión de gases mezclados con el agua o a favor de fracturas (sulfurosos o carbónicos; muerte de la vegetación o pequeños animales); 5) Inflamación temporal de emisiones de gases (pequeños incendios y lenguas de fuego).

En ambos casos (a y b), información complementaria de utilidad para establecer la intensidad pueden ser: 1) la cantidad y tasas en la variación de caudales, composición y/o temperatura; 2) el rango temporal de duración de la anomalía (temporal o permanente); 3) la presencia de elementos químicos anómalos; 4) el retraso de la aparición de la anomalía respecto a la hora origen del terremoto.

4.2.2. (b) Oleaje anómalo en cuerpos de agua y Tsunamis

En esta categoría se incluyen de cuerpos de agua interiores como estanques, lagos, presas y ríos (se incluyen zonas portuarias cerradas), seiches en cuencas cerradas, así como el desarrollo de tsunamis de distinta envergadura en zonas litorales.

- ***(b.1). Oleaje anómalo de masas de agua (Anomalous waves; AW):*** Las anomalías en cuerpos de agua continentales comienzan a partir de intensidad IV pero con escalas de pocos centímetros o algunas decenas de centímetros; la escala métrica del oleaje anómalo comienza a partir de intensidad VII, siendo ya significativas (1-2 m) a partir de intensidad VIII. Se consideran los siguientes efectos: 1) Oleaje anómalo y desbordamientos por agitación de estanques, lagos, presas y ríos; 2) Seiches mé-

tricos en cuencas cerradas y ríos; 3) Variaciones de caudal en ríos (generalmente disminuciones e incluso paradas);4) Aparición/desaparición de pequeñas masas de agua (lagunas y estanques naturales); 5) Cambios temporales/permanentes en el cauce de los ríos.

- ***(b.2). Tsunamis (Tsunamis; TS):*** En el caso de los tsunamis, más que el tamaño propiamente dicho de la ola se consideran sus efectos sobre el litoral (especialmente el runup, erosión litoral y cambios en la morfología de la línea de costa), sin olvidarse de aquellos efectos sobre las personas, edificaciones y estructuras que son tomados como diagnósticas de la intensidad sufrida. Los efectos pueden incluso aparecer a partir de intensidad IV (campo lejano de grandes terremotos de zona de subducción), pero son más diagnósticos para intensidades en el rango de IX a XII. La definición del grado de intensidad es más ventajosa que aquellas propuestas para las intensidades del tsunami propiamente dicho (p.ej. Papadopoulos & Imamura, 2001) y para la mayor parte de descripciones de este tipo de efectos planteadas a nivel global (p.ej. Lander *et al.*, 2003)[6]. En cualquier caso, en el presente catálogo se introduce la escala específica para tsunamis TEE-16, recientemente desarrollada por Lario *et al.*, (2016), basada en los Tsunami Environmental Effects (TEE-16).

4.2.3. (c) Agrietamientos y fracturación del terreno (Ground Cracks; GK)

Parámetros diagnósticos para este tipo de efectos dirección, buzamiento y, fundamentalmente, anchura, longitud máxima y la densidad de fracturas en la zona afectada. Su parametrización tiene en cuenta la litología del material afectado, diferenciándose las dimensiones de las fracturas según se trate de terrenos blandos sin consolidar o débilmente consolidados (suelos), o terrenos competentes ya consolidados (roca). Esta categoría ESI-07 también contempla las deformaciones y agrietamientos de zonas pavimentadas o asfaltadas[7].

- ***(c.1). Terrenos aluviales sin consolidar y/o suelos:*** Los agrietamientos del terreno son observables a partir de intensidad IV en suelos y terrenos blandos, pero empiezan a ser significativas (cientos de metros de longitud y 5-10 cm de anchura) a partir de intensidad VII. En suelos blandos este efecto se satura (su tamaño no se incrementa) a partir de intensidad X.

- ***(c.2). Terrenos consolidados o sustrato rocoso:*** En roca, o materiales ya consolidados, la fracturación comienza a partir de grado VIII, donde estos efectos también comienzan a ser significativos para zonas asfaltadas o pavimentadas. Al contrario que en el caso de los suelos y terrenos blandos, los agrietamientos del terreno en roca no se saturan siendo indicadores de intensidades XI y XII en función de sus dimensiones y densidad.

- ***(c.3). Terrenos pavimentados o asfaltados:*** Dentro de esta categoría (GK), la Escala ESI-07 también considera la aparición de deformaciones, ondulaciones y estructuras de tipo pop-up en zonas asfaltadas o pavimentadas. Este último tipo de efectos comienza a desarrollarse a partir de intensidad VIII, donde aparecen pequeños agrietamientos en zonas asfaltadas y diagnóstico para intensidades IX y X en función de sus dimensiones. En grado X las dimensiones de los agrietamientos y ondulaciones de zonas asfaltadas adquieren dimensiones métricas.

---

[6] *La intensidad de la Escala ESI-07 se refiere a la intensidad sísmica sufrida en la zona afectada por un tsunami de un (p.ej.) runup determinado y no a la intensidad del tsunami propiamente dicho que consideran las escalas que comúnmente se encargan de cuantificar este tipo de efectos.*

[7] *Se sobreentiende que estos efectos se registran en zonas pavimentadas con rocas o asfaltadas (calles, carreteras, zonas urbanas) sobre sustratos correspondientes a terrenos blandos o suelos poco cohesivos.*

4.2.4. (d). Movimientos de ladera (Slope Movements; SM)

Los movimientos de ladera, incluyendo aquellos que se producen en ambientes subacuáticos, se agrupan en: 1) Caída de rocas; 2) Caída de debris; 3) Cabeceos; 4) Desprendimientos de rocas; 5) Deslizamientos de debris; 6) Avalanchas; 7) Deslizamientos de suelos; 8) Debris flows; 9) Flujos de tierra; 10) Flujos de barro; 11) Flujos de tierra lentos; 12) Flujos de barro lentos; 13) Expansiones laterales del terreno; 14) Sackungs; y 15) Movimientos complejos que agrupan dos o más tipos de los descritos (Deslizamientos compuestos o rotacionales), por lo general de grandes dimensiones.

Estos procesos son observables a partir de intensidad IV; comienza a ser significativo (10^3 – 10^5 m^3) a partir de intensidad VII, donde los fenómenos de desprendimiento y caída de rocas son comunes, y diagnóstico para intensidad IX, donde el volumen de material movilizado excede comúnmente los 10^5 m^3, pero se saturan (su tamaño no incrementa) a partir de intensidad X. El volumen total de terreno movilizado es un parámetro diagnóstico para la evaluación de la intensidad. Este se puede estimar de forma general a partir del área deslizada cuando el espesor de la masa movilizada puede ser razonablemente estimado. Las incertidumbres introducidas por este procedimiento no resultan significativas para la evaluación final de la intensidad.

Complementariamente, otros datos de interés que pueden utilizarse para la evaluación de la intensidad son: 1) Dimensiones máximas de los bloques movilizados; 2) Densidad de los procesos de desprendimiento y deslizamiento en una zona; 3) Cantidad de desplazamiento o longitud de recorrido de bloques desprendidos; 4) Humedad del terreno (en seco o en húmedo; 5) Tiempo de retardo respecto a la hora origen del terremoto.

Por lo general, área total afectada, tamaño (volumen o área) de los desprendimientos o deslizamientos individuales y su densidad son criterios diagnósticos para asignar los distintos grados de intensidad en función del análisis de procesos de ladera[8]. También es claro que la topografía (pendiente del terreno) condiciona este tipo de procesos, favoreciéndolos en zonas en equilibrio inestable, con fuertes pendientes (acantilados, cantiles, gargantas o cañones fluviales) desarrollados sobre materiales poco consistentes o densamente fracturados, foliados o meteorizados. Taludes artificiales de carreteras y otras obras lineales escasamente protegidos o de fuerte pendiente pueden registrar este tipo de procesos incluso a partir de intensidades IV y V.

4.2.5. (e) Procesos de licuefacción del terreno (Liquefaction; LQ)

Los procesos de licuefacción comúnmente ocurren a partir de intensidad V, aunque solo son significativos a partir de intensidad VII y diagnósticos para intensidad VIII y superiores. En la mayor parte de los casos van acompañados por procesos de lateral spreading en los márgenes de cauces, canales artificiales y lagos, que comienzan a ser significativos también para intensidad VIII y diagnósticos para intensidad IX. Dentro de esta categoría se contemplan también eyecciones de chorros verticales de agua (water fountains) diagnósticos de intensidad IX. La saturación de este tipo de efectos tiene lugar a partir de intensidad X. Los parámetros diagnósticos para esta categoría son el diámetro de los volcanes de arena y la litología del sustrato. Los procesos de licuefacción y lateral spreading son comunes en áreas susceptibles a este tipo de procesos con sustratos fundamentalmente arenosos y niveles freáticos super-

---

[8] *Hay que tener en cuenta que los procesos de ladera que acompañan a los terremotos se producen en aquellas áreas de por sí con alto grado de susceptibilidad a este tipo de procesos, por tanto, su identificación sobre el terreno es fundamental para localizar este tipo de efectos tanto en terremotos recientes como históricos en los que se documenten este tipo de procesos.*

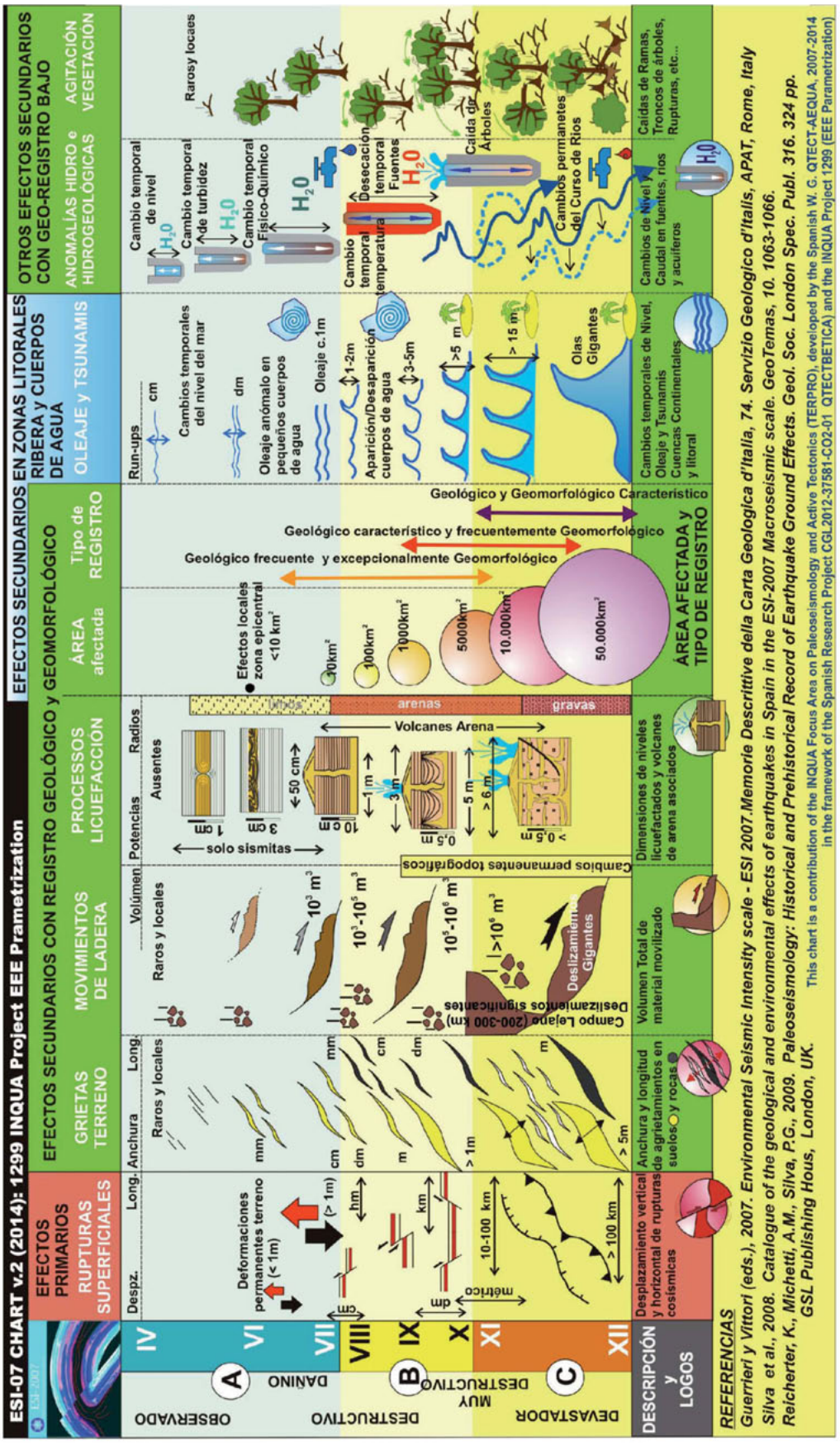


Figura 8. Tabla ilustrativa de los efectos ambientales de los terremotos considerados en la Escala Macrosísmica ESI-07. Modificada y Actualizada de Silva et al. *(2008) y Reicherter* et al. *(2009).*

ficiales como pueden ser las llanuras de inundación de los ríos, grandes llanuras aluviales y llanuras costeras, incluyendo zonas estuarinas, deltaicas, márgenes y fondos lacustres[9].

4.2.6. Otros efectos ambientales (Other effects; OT)

Otros datos de utilidad para establecer la intensidad local de una localidad pueden ser una serie de efectos que no tienen registro geológico pero que se encuentran documentados en informes científicos de terremotos históricos y que pueden documentarse inmediatamente después de ocurrir un terremoto. Estos consideran efectos tales como la agitación de la vegetación (f), la aparición de nubes de polvo (g) y el desplazamiento instantáneo de rocas (h).

(f) Agitación de árboles y vegetación (Tree Shaking): El movimiento, vibración o agitación de árboles y de la vegetación en general es un dato que ha sido observado a partir de intensidades mínimas de IV, pero comienza a ser significativo a partir de intensidad VI donde comienzan a caer ramas muertas y frutos. Este efecto es diagnóstico para intensidad VIII donde ya la caída del ramaje es muy importante y algunos árboles pueden ser desenraizados. El efecto se satura para intensidad X. Para la asignación de la intensidad es importante el registro y documentación de rotura y caída de ramajes y árboles, así como las características geomorfológicas del área afectada (llanuras, laderas de diferente pendiente). La definición de los grados de intensidad básicamente se ajusta a la propuesta por Dengler & McPherson (1993).

(g) Nubes de polvo (Dust clouds): Las nubes de polvo se desarrollan a partir de intensidad VIII, especialmente en zonas áridas. El tamaño de la nueve de polvo y su duración no indican mayor o menor intensidad. Su aparición únicamente documenta que estamos en intensidad VIII o superior.

(h) Desplazamiento y movimientos de rocas (jumping stones): El desplazamiento de cantos y rocas se ha observado a partir de intensidad IX en zonas llanas y de intensidad VIII en zonas de ladera. Las dimensiones de las rocas y bloques movilizados, así como su traza sobre los suelos son consideradas como elementos diagnósticos para la asignación de intensidades.

---

[9] *Aunque el grado de preservación geológica de los procesos de licuefacción en superficie es limitado, ya que son erosionados o removidos rápidamente, los "horizontes internos" de licuefacción se preservan en el registro geológico a partir de intensidad IV y V afectando a distintos tipos de litologías, limos, arenas e incluso gravas en función de la intensidad del evento. De igual forma, la intensidad del evento condiciona la potencia del horizonte de licuefacción. Si ha existido eyección de materiales hacia la superficie se conservarán y observarán diques verticales de arenas o limos. Este conjunto de características sedimentológicas reciben el nombre de "sismitas" u horizontes que registran un terremoto. Las relaciones estratigráficas de los horizontes licuefactados, los inyectados y su datación permiten establecer la fecha de los eventos. Existen diferentes relaciones empíricas que permiten parametrizar la intensidad y magnitud de un terremoto en función de los parámetros geométricos de las sismitas, fundamentalmente en ambientes lacustres y palustres (Becker* et al.*, 2005; Rodríguez-Pascua* et al.*, 2009).*

5

Descripción de la escala de intensidad de efectos ambientales de los tsunamis TEE-16 (Tsunami environmental effects)

5. DESCRIPCIÓN DE LA ESCALA DE INTENSIDAD DE EFECTOS AMBIENTALES DE LOS TSUNAMIS TEE-16 (TSUNAMI ENVIRONMENTAL EFFECTS)

Esta Escala contempla los efectos ambientales de los tsunamis en zonas costeras, así como su registro geológico, complementando a la escala ESI-07 en los análisis paleosismológicos de eventos tipo terremoto-tsunami. La Escala describe la fuerza destructiva del tsunami, independientemente de la intensidad con que se haya sentido el terremoto en la zona (Lario *et al.*, 2016). Esto es, la nueva Escala TEE-16 asume que la intensidad del tsunami es un reflejo de la energía liberada en la zona epicentral situada mar adentro y, por tanto, nos indica la Intensidad epicentral máxima teóricamente experimentada en la zona submarina. Este concepto está relacionado con la capacidad de los tsunamis de transportar esa fuerza destructiva varios cientos de kilómetros (c. 200-300 km) hasta las localidades costeras más cercanas. Obviamente, estos efectos destructivos se liberarán en su faceta más energética en aquellos contextos litorales más favorables (zonas litorales llanas) donde la distancia de inundación y run-up del tsunami será máximo.

La Escala TEE-16 incorpora los parámetros de tamaño más significativos considerados en la Escala ESI-07, tales como "altura de la ola", "run-up" y "extensión de la inundación" tierra adentro, pero además incorpora una terminología más cuidada que cubre aquellos grados de intensidad con potencial de registro geológico permanente (Intensidad VI – XII). La terminología es la extraída del "Tsunami Glossary" publicado por la Comisión Intergubernamental de Oceanografía (2013), derivada de la "Tsunami Survey Field Guide" publicada anteriormente por la misma institución (Dominey-Howes *et al.,* 2012). Estas publicaciones consideran que los términos que definen el tamaño de un tsunami en una zona costera son los siguientes: (a) Run-up, máxima cota que alcanza el tsunami tierra adentro; (b) Distancia de inundación máxima, o distancia horizontal recorrida por la ola; (c) Profundidad de la inundación o flujo del tsunami, que es la distancia vertical máxima alcanzada por la inundación sobre la cota local del terreno; (d) Altura del tsunami que representa la elevación total de la superficie del mar respecto a un *datum* de referencia.

Por otro lado, la TEE-16 integra la descripción y cuantificación de los efectos erosivos y sedimentarios de los tsunamis en diferentes ambientes costeros, tales como playas, estuarios, zonas acantiladas, etc. Entre los efectos ambientales (TEE) considerados se incluyen canales de erosión en playas, bloques

transportados o las clásicas tsunamitas, dando indicaciones acerca de sus dimensiones (tamaño, espesor, etc.) para diferentes niveles de intensidad. Este es el aspecto más novedoso que incorpora la TEE-16 con respecto a la ESI-07 y permite su aplicación en estudios paleosismológicos. La revisión realizada por Lario *et al*. (2016) claramente indica que las intensidades sísmicas locales (Escalas MM o EMS) registradas en las áreas costeras no se correlacionan con la intensidad TEE-16 (normalmente más alta), pero muestra una buena correlación con la magnitud (Mw) del terremoto asociado. Por tanto, como se indicó anteriormente los tsunamis de origen sísmico pueden considerarse como procesos muy eficientes en la transferencia directa de la energía liberada mar adentro hasta las zonas más cercanas, salvando distancias de incluso cientos de kilómetros.

La Escala TEE-16 se ha basado en el análisis de eventos tipo terremoto-tsunami recientes como los de Sumatra 2004 (9,1 Mw); Java 2006 (7,7 Mw); Bengkulu 2007 (8,5 Mw); Perú 2007 (8,0 Mw); Samoa 2009 (8,1 Mw); Mentawai 2010 (7,7 Mw); Chile 2010 (8,8 Mw); y Tohoku-Japón 2011 (9,0 Mw), así como otros históricos extensamente documentados (Lisboa 1755; 8,7 – 9,0 Mw). La Tabla 4 sintetiza los parámetros de tamaño y efectos ambientales de los tsunamis más significativos considerados en la TEE-16.

Intensidad (ESI-07)	***Tsunami Environmental Effects Scale (Escala TEE-16)***
≤ ***V. Fuerte***	Altura del Tsunami ≤1m. No se registran efectos permanentes en el terreno.
VI. Ligeramente Dañino	Altura del Tsunami de 1-2m. El run-up máximo puede alcanzar los 2-4m. Inundación de zonas litorales muy limitadas. Procesos erosivos raros o ausentes. No existen procesos sedimentarios relevantes. Acumulación de debris variados (vegetales, etc.) a lo largo de la línea de costa.
VII. Dañino	Altura del Tsunami de 2-4m. El run-up máximo puede alcanzar los 4-6m. Las zonas inundadas pueden extenderse decenas de metros tierra adentro. Presencia de delgadas capas de arenas (tsunamitas) discontinuas a lo largo de la línea de costa.
VIII. Muy Dañino	Altura del Tsunami de 4-6m. El run-up máximo puede alcanzar los 8-12m. Las zonas inundadas pueden extenderse pocos cientos de metros tierra adentro. Presencia de capas de arenas (tsunamitas) de espesor centimétrico, largamente distribuidas pero comúnmente discontinuas. Presencia de cantos y bloques en playas y zonas litorales próximas. Efectos erosivos observables en las playas (scours). Arbustos y vegetación arrancada en las cercanías de la línea de costa.
IX. Destructivo	Altura del Tsunami de 6-8m. El run-up máximo puede alcanzar los 12-16m. Las zonas inundadas pueden extenderse varios cientos de metros tierra adentro. Presencia de capas de arenas (tsunamitas) de espesor centimétrico de carácter continuo, sobre grandes áreas. Presencia de cantos y bloques (< 1 m) en playas y zonas litorales próximas. Efectos erosivos observables en las playas con el desarrollo de scours de varios cm de profundidad. Arbustos y algunos árboles son arrancados a lo largo de la línea de costa.
X. Muy Destructivo	Altura del Tsunami de 8-12m. El run-up máximo puede alcanzar los 16-25m. Las zonas inundadas pueden extenderse hasta incluso 1 km tierra adentro. Presencia de capas de arenas (tsunamitas) de espesor centimétrico de carácter continuo, sobre grandes áreas. Presencia de numerosos cantos y bloques (≥ 1 m) en playas y zonas litorales próximas. Efectos erosivos observables en las playas con el desarrollo de scours decimétricos en profundidad. Arbustos y árboles son arrancados a lo largo de la línea de costa, donde se registra una notable erosión de las zonas arboladas.
XI. Devastador	Altura del Tsunami de 12-24m. El run-up máximo puede alcanzar los 25-40m. Las zonas inundadas pueden extenderse más de 1 km tierra adentro. Depósito característico de capas de arenas (tsunamitas) de < 30 cm espesor, incluso hasta algunos cientos de metros tierra adentro. Presencia de numerosos cantos y bloques de tamaño métrico en playas y zonas litorales próximas. Bloques de hasta una tonelada pueden ser transportados hasta distancias inferiores a 100 m tierra adentro. Efectos erosivos muy importantes en las playas con el desarrollo de scours decimétricos en profundidad y cambios morfológicos relevantes en playas, dunas y desembocaduras de ríos. Destrucción generalizada de zonas arboladas y bosques a lo largo del litoral. La línea de costa puede retroceder algunos metros.
XII. Completamente Devastador	Altura del Tsunami > 24m. El run-up máximo puede alcanzar los > 40m. Las zonas inundadas pueden extenderse varios km tierra adentro. Depósito característico de capas de arenas (tsunamitas) de > 30 cm espesor sobre distancias de hasta más de 1 km tierra adentro. Bloques de más de una tonelada pueden quedar encallados en las zonas costeras, incluso a distancias de varios cientos de metros. Efectos erosivos muy importantes en las playas con el desarrollo de scours de tamaño métrico y cambios morfológicos notables en playas, dunas y desembocaduras de ríos. Los efectos erosivos pueden registrarse hasta algunos cientos de metros tierra adentro Destrucción generalizada de zonas arboladas y bosques a lo largo del litoral. La línea de costa puede retroceder algunas decenas de metros

Tabla 4. Descripción de la Escala de Intensidad de Efectos Ambientales de Los Tsunamis (Tsunami Environmental Effects TEE-16). Traducida de Lario et al. *(2016).*

6

Descripción y Clasificación de los Efectos Arqueosismológicos EAE *(Earthquake Archaeoseismological Effects, EAEs)* para el presente Catálogo

6. DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS EFECTOS ARQUEOSISMOLÓGICOS EAE (EARTHQUAKE ARCHAEOSEISMOLOGICAL EFFECTS, EAES) PARA EL PRESENTE CATÁLOGO

El principal interés en la caracterización de los Efectos Arqueológicos de Terremotos (EAE) es el reconocimiento de daños producidos por terremoto en yacimientos arqueológicos y/o edificios patrimoniales. Esto conlleva una doble utilidad, por un lado la catalogación de nuevos terremotos no clasificados con anterioridad, y conocer cómo se comporta el patrimonio ante esta clase de eventos catastróficos y cómo se puede utilizar esta información para la prevención. En el caso de este catálogo, su aplicación está relacionada con la catalogación de eventos sísmicos, así como su mejor conocimiento a través de sus efectos en construcciones antiguas o yacimientos arqueológicos. Para poder interpretar estos datos, los EAEs se han de clasificar inicialmente; en este caso se utilizará la clasificación propuesta por Rodríguez-Pascua *et al.* (2011), que clasifica los EAEs en función de si se han generado durante o después del terremoto, además de otros parámetros que se describen a continuación.

Las deformaciones que se producen durante el terremoto son deformaciones cosísmicas (primarias o efectos directos) (Rodríguez-Pascua *et al.*, 2011) y pueden estar asociadas, tanto a efectos producidos por estructuras geológicas (como la ruptura superficial de una falla), como a daños producidos directamente en la fábrica de los edificios (Fig. 9). Otro tipo de pruebas son las que se generan después del terremoto, postsísmicas, y que son consideradas como secundarias o efectos indirectos. Las segundas no son menos importantes que las primeras, tan solo se trata de una clasificación; de hecho, en algunos casos, "abandonos injustificados" de ciudades en la antigüedad (considerados evidencias secundarias) nos pueden poner sobre la pista de posibles terremotos catastróficos.

Estos EAEs, como deformaciones que son, se pueden analizar mediante el uso de técnicas clásicas de análisis estructural geológico. El objetivo radica en ver si estas deformaciones se ajustan a patrones de deformación orientados o son estructuras caóticas. En el caso de terremoto, las deformaciones en las construcciones humanas aparecen sistemáticamente orientadas, como se pudo constatar en el terremoto de Lorca de 2011 (Giner-Robles *et al.*, 2012; Rodríguez-Pascua *et al.*, 2012). Con estas técnicas clásicas de análisis estructural geológico se pueden calcular los elipsoides de deformación de origen sísmico que se extraen de las deformaciones halladas en yacimientos arqueológicos (Giner-Robles *et al.*, 2009; 2011). Estos darán idea de las direcciones de las propagaciones de onda durante el terremoto y podrán utilizarse como criterios de discriminación del origen sísmico o asísmico de las estructuras de deformación encontradas en los yacimientos. Asimismo, estos autores (Rodríguez-Pascua *et al.*, 2013)

establecen una correlación entre las escalas macrosísmicas de intensidades ESI-07 y EMS-98 con el fin de establecer unas intensidades sísmicas mínimas para los EAEs. De este modo se pueden tener unos valores mínimos de intensidades de los EAEs identificados y se pueden integrar en la información macrosísmica de las fichas de este catálogo.

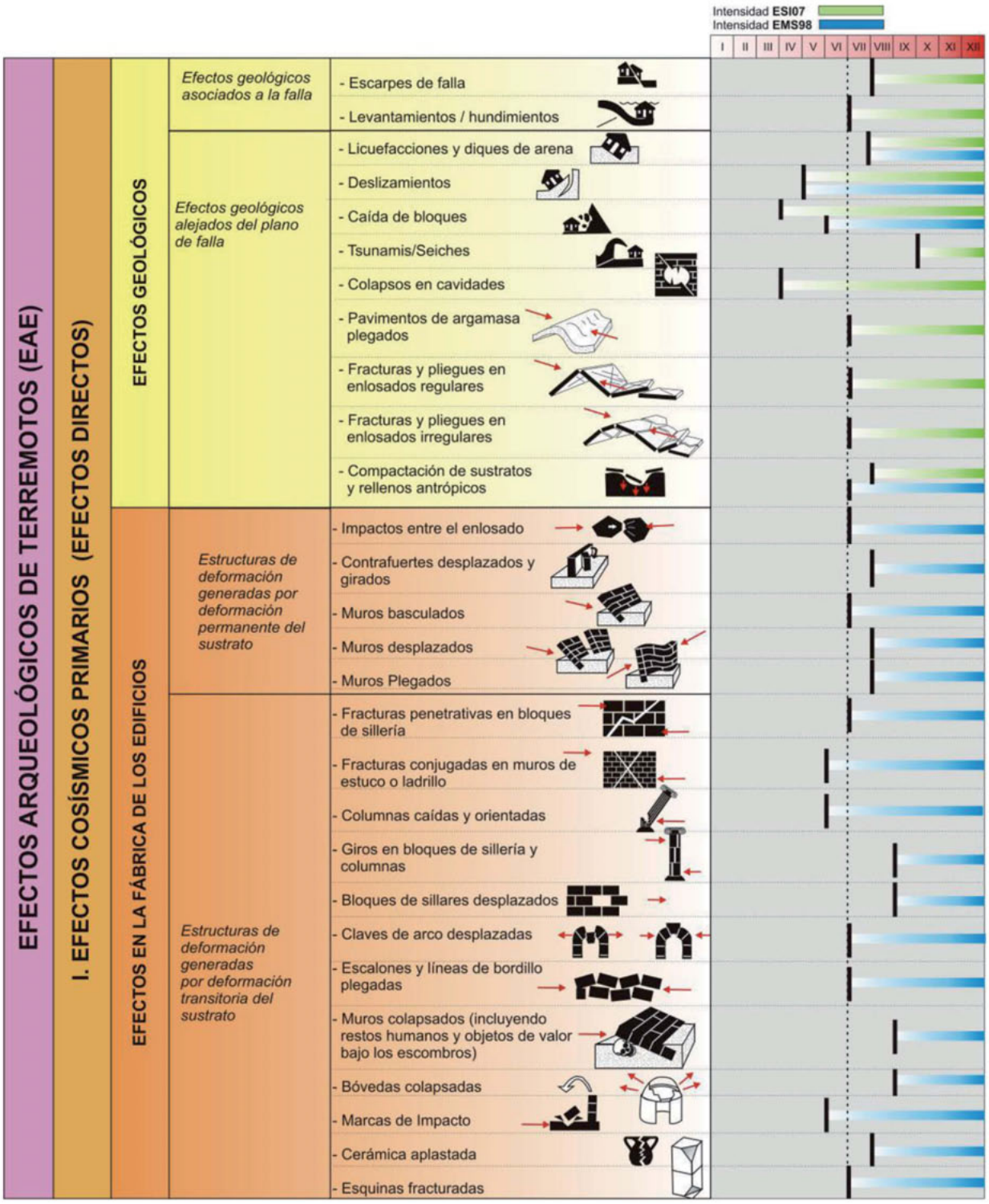


Figura 9. Clasificación de EAEs y su correlación con los umbrales mínimos de intensidad a partir de los cuales de generan deformaciones en edificios patrimoniales y yacimientos arqueológicos, utilizando las escalas macrosísmicas de intensidades ESI-07 y EMS-98.Modificada y actualizada de Rodríguez Pascua et al. *(2011; 2013b).*

Todos estos métodos se pueden consultar en la bibliografía citada anteriormente, pero para facilitar su comprensión, a continuación pasaremos a ver algunos ejemplos de estas deformaciones clasificadas según los EAE en diferentes yacimientos arqueológicos, como: *Baelo Claudia* (Cádiz, España), El Tolmo de Minateda (Albacete, España), Teotihuacán (México), Tzintzuntzán (México) o Atenas (Grecia), entre otros.

6.1. Efectos geológicos de terremotos en yacimientos arqueológicos (Efectos Directos: cosísmicos)

Estos efectos están bien descritos en la escala ambiental de efectos geológicos de terremotos ESI-2007 (Michetti *et al.*, 2007). Esta escala diferencia efectos primarios como escarpes de falla, rupturas cosísmicas superficiales, subsidencias y levantamientos tectónicos. También distingue efectos secundarios como licuefacciones, deslizamientos, tsunamis, etc. En la escala EAE se han considerado efectos primarios tanto los escarpes de falla afectando directamente a construcciones, como las subsidencias y elevaciones tectónicas. Pero los efectos geológicos más abundantes son los secundarios, como puedan ser las licuefacciones, deslizamientos o caída de bloques.

Podemos observar uno de estos ejemplos geológicos en el Tolmo de Minateda en Albacete; este yacimiento es Parque Arqueológico de la Junta de Comunidades de Castilla la Mancha debido a su importancia en la calidad del registro y los restos existentes. El terremoto de Lisboa de 1755 afectó a este yacimiento produciendo una importante caída de bloques de roca en su límite sur, en los que se pueden ver restos de tumbas antropomórficas de época visigoda (Fig. 10). En este yacimiento se han podido identificar al menos otros dos terremotos más (Rodríguez-Pascua *et al.*, 2010). También es posible observar la devastación que generó el terremoto de Lisboa en Conilete (Cádiz) como consecuencia del tsunami que produjo (Fig. 11), donde aún es posible observar los restos del antiguo pueblo de pescadores que no volvió a ser ocupado después de la catástrofe.

6.2. Efectos de terremotos en la fábrica de las construcciones de yacimientos arqueológicos (Efectos Directos: cosísmicos)

Estos efectos están representados por los daños directos a la estructura del edificio, asociados tanto a la llegada de la onda, como a posibles deformaciones del sustrato donde se asientan, y que afectan fundamentalmente a la cimentación de las mismas, con un reflejo claro en el resto de la estructura. En muchos casos, las deformaciones que nos pueden dar información no están asociadas a construcciones de edificios, sino a otras estructuras como pavimentos, que se ven afectadas de forma importante por los terremotos. En la ciudad romana de *Baelo Claudia* hay interesantes ejemplos de enlosados (con estructura regular e irregular), así como pavimentos de mortero plegados de forma sistemática con la misma orientación. Los ejes de los pliegues se dispondrían perpendiculares a la dirección de la llegada del rayo sísmico. En la Fig.11 se pueden ver pliegues en el enlosado del teatro, deformaciones muy similares a las que produjo el devastador terremoto de Michoacán de 1985.

En cuanto a los efectos en las construcciones, una de las deformaciones más comunes son los basculamientos de muros, e incluso el colapso orientado de estos. Como en el caso anterior, hemos podido comparar este tipo de efectos en la ciudad romana de *Baelo Claudia* y en México DF (Fig. 12). En este caso se puede identificar tanto la dirección como el sentido de la llegada de la primera onda. El muro quedaría basculado en sentido contrario a la llegada del tren de ondas, teniendo una incertidumbre de 180º en la dirección, pero si tuviéramos muros en distintas orientaciones podríamos hacer un tratamiento estadístico que reduciría esta incertidumbre considerablemente. Por ejemplo, con dos muros perpendiculares entre sí, la incertidumbre se reduciría a la mitad, 90º.

Uno de los ejemplos más emblemáticos por su espectacularidad son las columnas caídas y orientadas.

La caída de las mismas respondería al mismo principio de los muros, pero en este caso la incertidumbre en cuanto a la llegada de la onda se reduce, ya que el eje de la columna caída nos marca directamente la dirección. El sentido de caída sería inverso a la dirección de la propagación de las ondas (Fig. 13). En algunos casos también se pueden obtener vectores de desplazamiento con los tambores que forman las columnas, los cuales quedan desplazados e incluso girados (Fig. 13B). Estos giros también se pueden dar en otras estructuras compuestas por bloques apilados verticalmente como las columnas y los pináculos ornamentales que se pueden observar en algunas catedrales. Nuevamente el terremoto de Lisboa nos ofrece buenos ejemplos de bloques girados en pináculos, como es el caso de la Catedral de Coria (Cáceres, España) (Fig. 10). Estas deformaciones, entre muchas otras, fueron documentadas por el Deán de la Catedral después del terremoto.

Los sólidos bloques de sillería de las construcciones de la antigüedad también se ven afectados de diferentes formas, ya que la gran mayoría de edificaciones antiguas estaban diseñadas para aguantar cargas en la vertical y no para evitar los movimientos de cizalla horizontales que se pueden producir durante un terremoto. Estos movimientos de cizalla producen desplazamientos horizontales entre bloques de sillería de muros, generando en algunos casos la génesis de "huecos" entre las juntas de los bloques. Pero no solamente hay bloques de sillería en muros, sino que se pueden encontrar en escalinatas y bordillos. En la ciudad romana de *Baelo Claudia* hay buenos ejemplos de escalinatas y bordillos plegados, junto con los pavimentos que dan acceso a dichas escaleras (Fig. 16A). En el caso de que el movimiento sea lo suficientemente importante se pueden producir "extrusiones" de los bloques de sillería fuera de



Figura 10. Caída de bloques de roca en el Parque Arqueológico del Tolmo de Minateda (Albacete, España) como consecuencia del terremoto de Lisboa de 1755 AD. Nótese la presencia de tumbas antropomórficas en los bloques caídos, cuya posición original estaba en la parte superior del yacimiento.



Figura 11. Restos del pueblo pesquero de Conilete (Cádiz, España) arrasado por el tsunami que generó el terremoto de Lisboa de 1755 AD.

las escalinatas. Un buen ejemplo es la escalinata de la Pirámide de Quetzalcóatl en la Ciudadela de Teotihuacán (México). Esta pirámide fue reconstruida después del terremoto quedando la escalinata antigua "fosilizada" por la nueva construcción que reparaba la primera (Fig. 16B).

6.3. Efectos Postsísmicos Secundarios en Yacimientos Arqueológicos (Efectos Indirectos)

Estos son los efectos posteriores a la ocurrencia del terremoto y que por eso se clasifican como secundarios. La falta de registro arqueológico en ciudades que han tenido ocupaciones durante largos periodos temporales da idea de eventos puntuales importantes que hicieron que estas ciudades pudiesen haber sido abandonadas (abandonos injustificados) por catástrofes naturales, guerras, etc. Otro ejemplo muy común es la presencia de grandes incendios, ya que el colapso de las techumbres inflamables de las construcciones sobre los hogares de las casas producía importantes incendios, como por ejemplo el incendio de Lisboa después del terremoto de 1755. Una de las evidencias más utilizadas son las reconstrucciones/reparaciones (Figs. 17 A, B y C) o las construcciones antisísmicas. Estas últimas denotan una preocupación por parte de los constructores para evitar el colapso de estructuras por cargas horizontales, por lo que la zona habría sido afectada por terremotos con anterioridad. Uno de los elementos constructivos antisísmicos más utilizados en la antigüedad son los engatillados, que impiden el desplazamiento horizontal entre bloques de sillería, tanto en muros como en arcos (Figs. 17 D, E y F).

6.4. Estimación de intensidades arqueosísmicas

Rodríguez-Pascua *et al.* (2013b) establecen una correlación entre las escalas macrosísmicas EMS-98



Figura 12. Pliegues asimétricos en: A) enlosado del Teatro de la ciudad romana de Baelo Claudia *(Cádiz, España) producidos por el terremoto del 260-280 AD catalogado en la presente obra, y B) enlosado de la acera de la calle Dolores en su confluencia con Independencia en México DF; estos pliegues fueron generados por el terremoto de Michoacán de 1985.*

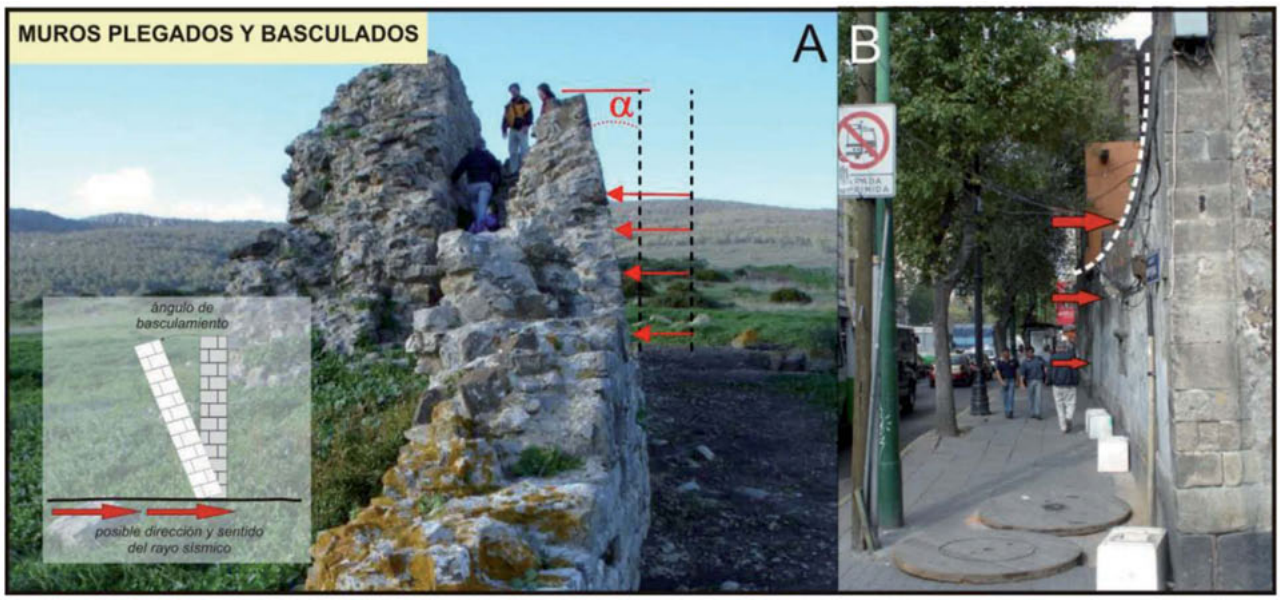


Figura 13. Muros basculados y plegados en: A) muralla defensiva de la ciudad romana de Baelo Claudia *(Cádiz, España) producidos por el terremoto del 260-280 AD catalogado en la presente obra ,y B) tapia del patio de la Iglesia de San Miguel Arcángel en México DF; estos pliegues fueron generados por el terremoto de Michoacán de 1985.*

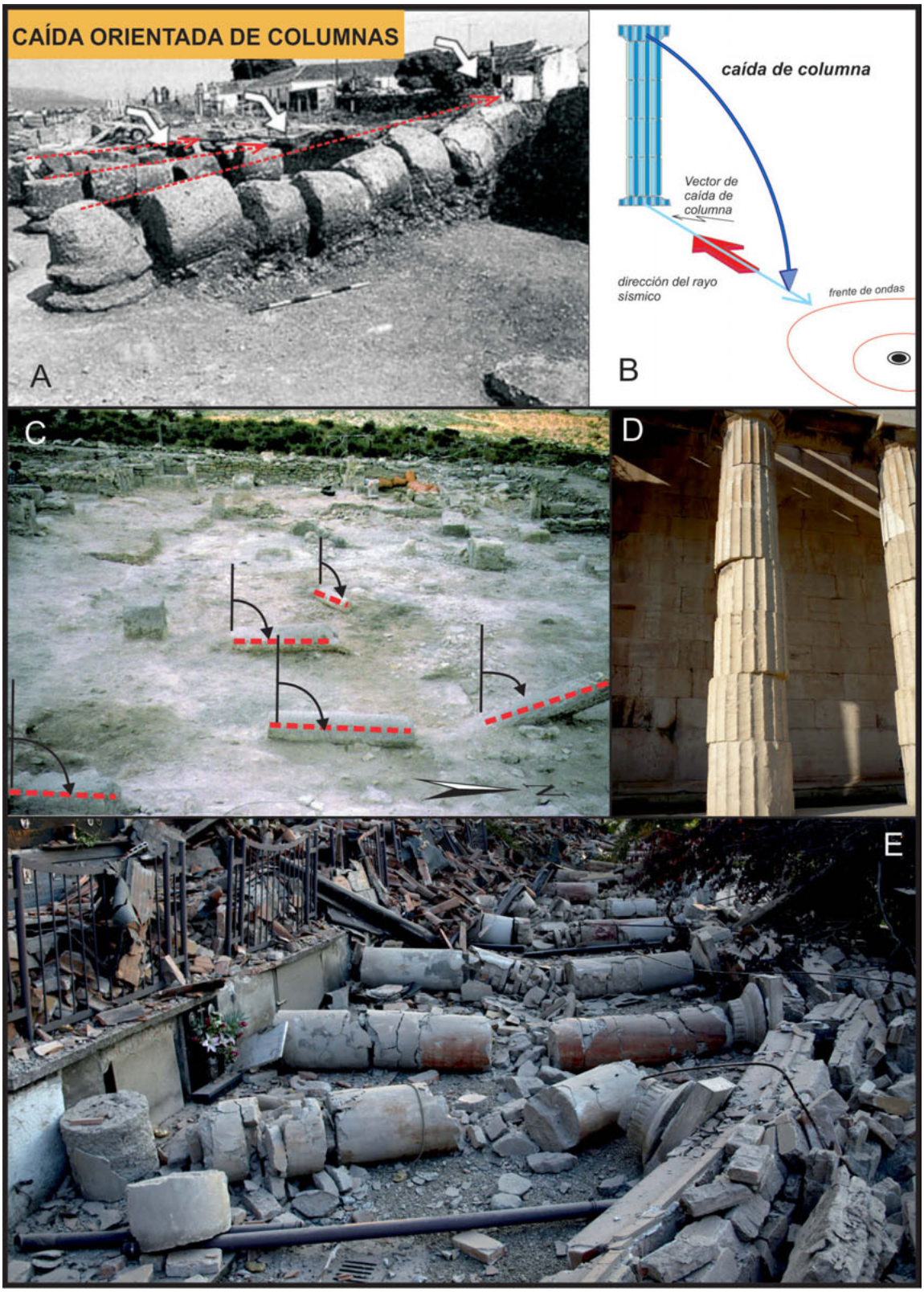


Figura 14. Columnas caídas orientadas como consecuencia de la propagación de las ondas sísmicas en una determinada dirección y sentido de movimiento. A) Columnas caídas en el Foro de la ciudad romana de Baelo Claudia *(Cádiz, España)producidos por el terremoto del 260-280 AD catalogado en la presente obra; B) esquema representativo de la caída de columnas orientadas según la dirección de llegada del rayo sísmico y en sentido contrario a la llegada del mismo; C) columnas orientadas en la basílica visigoda de El Tolmo de Minateda (Albacete, España); D) tambores de columna desplazados en el templo de Zeus (Atenas, Grecia) (fotografía cedida por Virginia Ruiz Villanueva); E) columnata del cementerio de Mirandola, destruida por el terremoto de la Emilia Romagna de mayo de 2012 (Italia).*

(Günthal, 1998) y la escala ESI-07 (Guerrieri y Vittori, 2007) utilizando la tabla de clasificación de EAEs propuesta por Rodríguez-Pascua *et al.* (2011). Con esta correlación se pueden establecer intervalos de intensidades arqueosísmicas y valores mínimos de intensidad que dependen del tipo constructivo y de la vulnerabilidad asignada en la EMS-98 (Fig. 13). Los tipos constructivos que se pueden localizar principalmente en yacimientos arqueológicos son los muros realizados con piedra suelta o canto rodado, adobe, mampostería, ladrillo y sillería. Utilizando la escala EMS-98, comparando estos cinco tipos constructivos con los intervalos de vulnerabilidad (5 valores alfabéticos de la A a la F) y la clasificación de daños en edificios de fábrica de los edificios (5 valores numéricos del 1 al 5), nos permite establecer los valores mínimos de intensidad que afectan a cada uno de los cinco tipos constructivos utilizados (Fig. 13). Los tipos constructivos más vulnerables son la piedra suelta y el adobe, que empiezan a verse afectados desde intensidad V y a desarrollar EAEs, siendo el tipo constructivo más resistente la sillería, que empieza a mostrar efectos desde intensidad VII. La destrucción total va desde intensidades VIII para los tipos constructivos más vulnerables, hasta X para los más resistentes, como se muestra en el cuadro resumen de la clasificación e interpretación de EAEs de la figura 9. Es a partir de estos valores mínimos de intensidad donde se generan los EAEs, pudiéndose establecer el intervalo de intensidad donde se generan (Fig. 9). El hecho de que se produzca una destrucción total en un yacimiento no quiere decir que se pierda información y no se puedan obtener datos de EAEs, ya que algunas estructuras, como colapsos orientados de muros o columnas, son compatibles con una destrucción total de las construcciones.

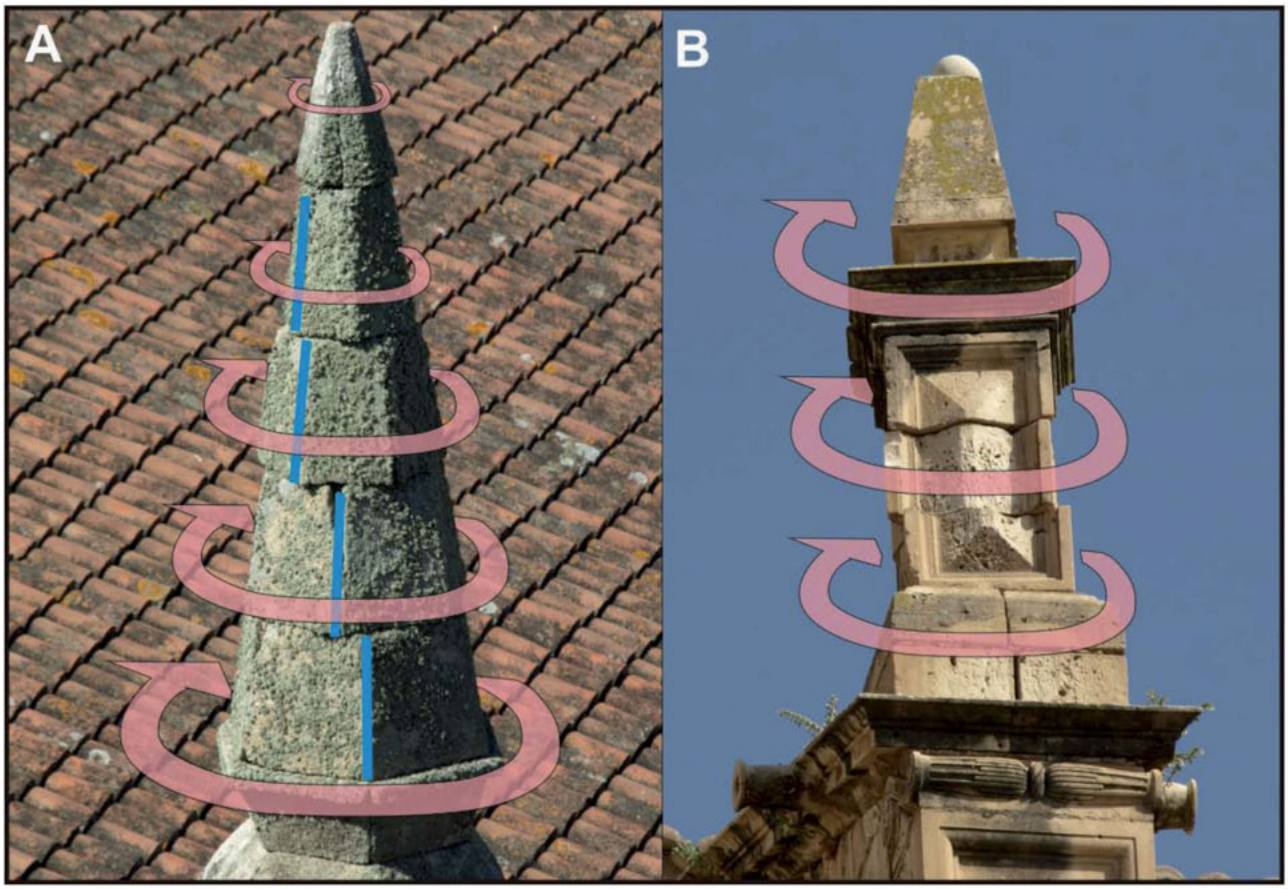


Figura 15. Tambores de pináculos girados en: A) la Catedral de Coria (Cáceres, España) como consecuencia del terremoto de Lisboa de 1755, y B) la Colegiata de San Patricio (Lorca, España) generados por el terremoto del 11 de mayo de 2011.



Figura 16. Escalones plegados en: A) escaleras de acceso al foro de la ciudad romana de Baelo Claudia *(Cádiz, España) producidos por el terremoto del 260-280 AD catalogado en la presente obra, y B) escalones deformados y "extruidos" en la escalinata de la pirámide de Quetzalcóatl en la ciudadela de Teotihuacán (México).*

Siguiendo este mismo planteamiento se han obtenido los valores mínimos de intensidad que afectan a yacimientos arqueológicos referidos a efectos geológicos de terremotos contenidos en la escala ESI-07. El umbral mínimo de intensidad ESI-07 para EAEs corresponde a la caída de bloques de roca que puedan afectar a yacimientos, con una intensidad mínima de IV. Los umbrales mínimos más altos corresponden a tsunamis, con una intensidad de X. De este modo, comparando ambas escalas macrosísmicas aplicadas a EAEs (ESI-07 y EMS-98) podemos obtener "intervalos de intensidad sísmica" para un determinado yacimiento o construcción patrimonial. Solapando los diferentes intervalos de intensidad que nos pueden dar distintos EAEs podremos acotar el intervalo de intensidad dado. Esto es especialmente interesante "cuando y donde" se puedan combinar los EAEs asociados a efectos geológicos de terremotos. En el presente catálogo se han utilizado estas valoraciones para asignar un nivel dado de intensidad a los EAEs documentados.

No obstante, los datos que más se han utilizado en el presente catálogo, independientemente de su intensidad, son aquellos EAEs orientados que nos proporcionan información complementaria y valiosa sobre la dirección (y a veces sentido) del movimiento del terreno. En este sentido, se han utilizado los criterios de análisis sobre cuantificación de las deformaciones procedentes de la geología estructural que desarrollan los trabajos de Giner *et al*. (2009 y 2011) y que se resumen en el siguiente apartado.



Figura 17. Reconstrucción y reparación de estructuras tras un terremoto, ejemplo de una ventana del foro de la ciudad romana de Baelo Claudia *(Cádiz, España)consecuencia de las reparaciones de la muralla tras el terremoto del 40-60 AD catalogado en la presente obra: A) cara externa de la ventana reparada; B) cara interna sin reparar; C) esquema de la reparación realizada. Engatillados utilizados como estructuras de construcción antisísmica en: D) Pirámide de Quetzalcóatl en la Ciudadela de Teotihuacán (México); E) pirámides circulares (yácatas) de la ciudad purépecha de Tzintzuntzán (Michoacán, México); y F) arco islámico de la Puerta de Sevilla en la muralla defensiva de Carmona (Sevilla, España).*

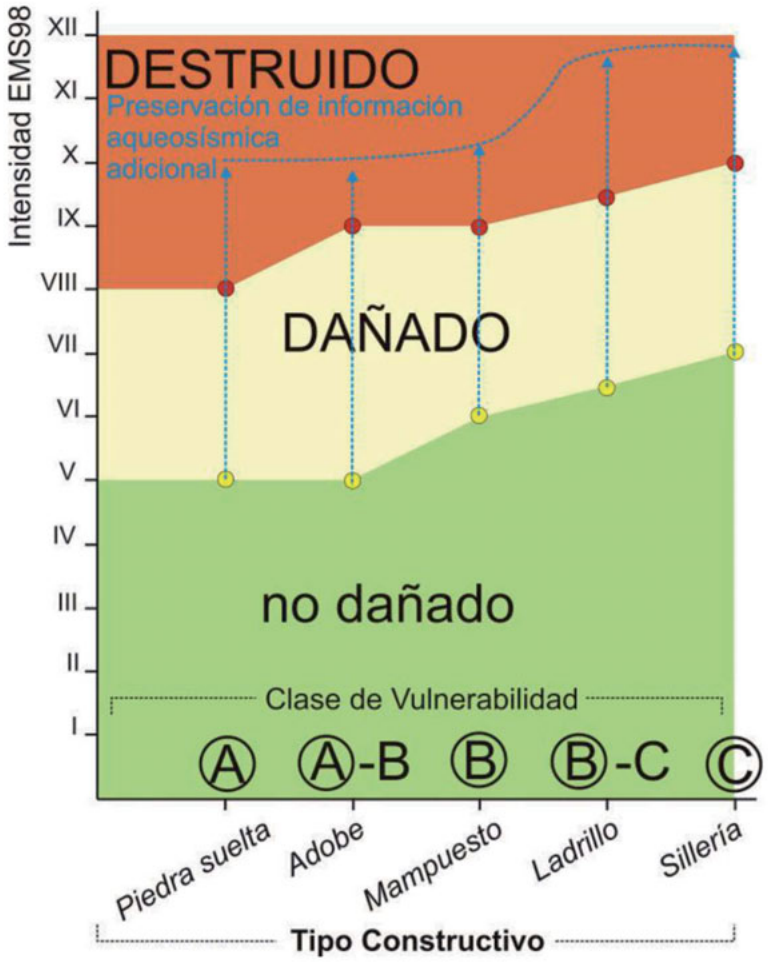


Figura 18. Intervalos de intensidad sísmica de la escala EMS-98 dentro de los cuales se pueden clasificar, en función del tipo constructivo y la vulnerabilidad, el inicio de los daños en edificios y su destrucción total. Solo se han utilizado los tipos constructivos más utilizados en edificios patrimoniales y yacimientos arqueológicos (Rodríguez Pascua et al.*, 2013b).*

6.5. Cuantificación y análisis de daños orientados

El análisis de la deformación presente en los daños orientados de un yacimiento arqueológico, edificio histórico o moderno, puede aportar mucha información sobre el origen de los mismos. La cuantificación de la deformación permite: (a) caracterizar la deformación del conjunto de un edificio histórico, conjunto de ellos o yacimiento arqueológico, y por tanto, poder definir un origen común o no de las deformaciones presentes (i.d. establecer el origen sísmico de las deformaciones); (b) analizar la posible direccionabilidad de los daños observados e intentar relacionarlas con algunos de los parámetros focales del sismo (comúnmente localización en un cuadrante geográfico concreto); y (c) descartar o no la participación de efectos secundarios cosísmicos o deformaciones posteriores producidas durante el proceso de enterramiento, en el caso de un yacimiento arqueológico (fundamentalmente si son de origen coluvionar). Para ello, en esta sección se describen brevemente las características de los datos a tener en cuenta, sus orientaciones y su complementariedad a la hora de abordar un análisis conjunto de los mismos. Las metodologías precisas para acometer un análisis tanto individual como conjunto de los EAEs se describen en detalle en Giner Robles *et al.* (2011).

Para poder cuantificar la deformación, se deben de considerar una serie de aspectos relacionados con la caracterización de los datos que se recopilarán y que, posteriormente, se utilizarán para el análisis

de la deformación de la localidad o yacimiento en estudio. Es necesario definir algunas características de estos datos para normalizar el procedimiento de análisis de la deformación. Fundamentalmente habrá que caracterizar: (1) la orientación de los datos, (2) el tipo de dato, y, finalmente, (3) la complementariedad de los mismos.

Las orientaciones que se han de considerar para poder realizar el análisis estructural de EAEs pueden presentan dos geometrías:

- Planos. Datos definidos mediante planos, como dirección y buzamiento (p.ej. superficies plegadas, u orientaciones de losas en pavimentos plegados).

- Líneas. Datos definidos por una orientación de una línea, y que pueden ser de tres tipos (Fig. 19): **a)** sólo dirección (L1: E-O, N45ºE); **b)** dirección y acimut (L2: vector de caída de columnas) que definen el sentido de una dirección; y **c)** en los casos más favorables, dirección, acimut y magnitud (L3: vectores de desplazamiento).

Los análisis realizados pueden definir: o bien una orientación única de un plano o de una línea, o bien un intervalo de orientaciones.

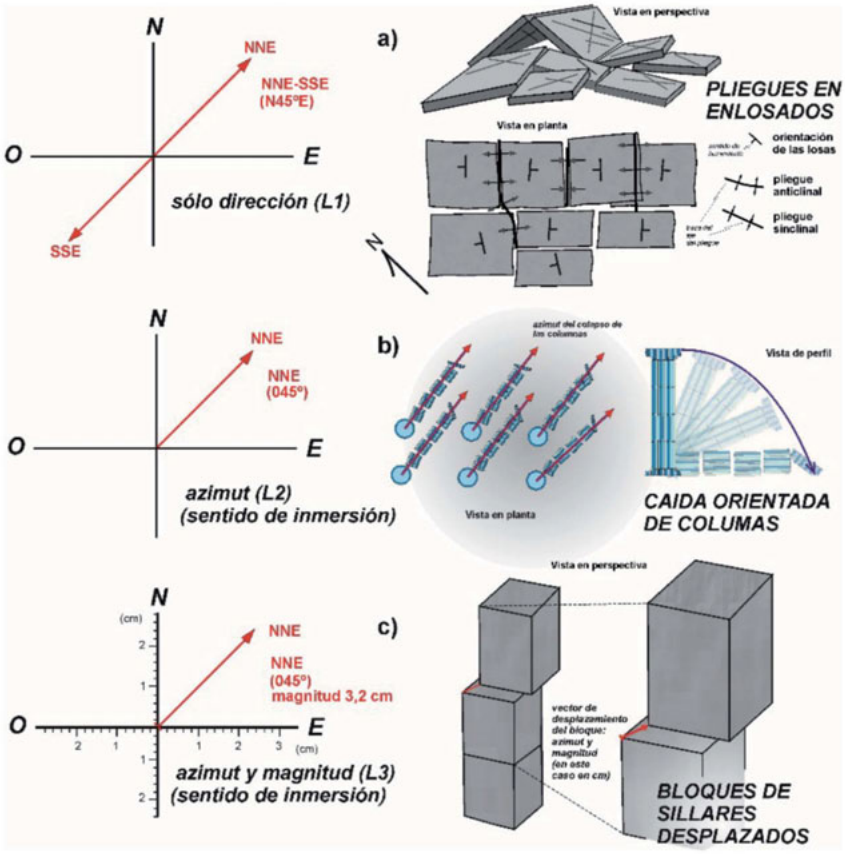


Figura 19 Caracterización de los datos lineales que se deben analizar en los yacimientos arqueológicos en función de su orientación: a) L1, solo se puede definir la dirección de máximo acortamiento horizontal (ey); b) L2, los efectos tienen una direccionalidad marcada, además de poder establecer su dirección, podemos establecer el sentido de los daños; c) L3, podemos obtener los mismos datos (acimut y sentido) que en los datos de tipo L2, pero además podemos cuantificar la magnitud de esa deformación (e.g. vectores de desplazamiento de bloques: acimut, sentido de movimiento, y magnitud de ese desplazamiento). Modificada de Giner Robles et al. *(2011).*

- Orientación única. Por ejemplo en el caso de los choques entre losas de pavimentos definimos una única línea (orientación y sentido).

- Rango de orientaciones. En cambio, en el caso de los muros basculados o colapsados definimos un intervalo de direcciones (orientación y sentido) con respecto a la dirección del muro afectado.

Por último hay que considerar la complementariedad de los datos, así estos pueden ser únicos o complementarios.

- Datos únicos. Existen EAEs que aportan una única orientación o intervalo de orientaciones, y que no se pueden acotar comparando con otros datos obtenidos del análisis del mismo elemento en otras zonas de la localidad o yacimiento arqueológico.

- Datos complementarios (muros, dovelas hundidas en arcos, etc.). Hay otros resultados obtenidos del análisis de los EAEs que permiten acotar intervalos y orientaciones mediante la consideración de elementos similares en el tratamiento conjunto de los datos. Un ejemplo claro son los análisis de los muros basculados. En este caso, cada muro define un intervalo de acimut de aproximadamente 180º. En el caso de *Baelo Claudia*, con una distribución arquitectónica regular E-O y N-S, se pudo considerar los muros de un mismo edificio para realizar este análisis, definiendo un intervalo común para ambas familias de muros (Giner Robles *et al.*, 2009).

De esta forma, caracterizando estos tres factores (tipo, orientación y complementariedad de los datos) se definen los aspectos a tener en cuenta en la toma de datos y posterior análisis de la deformación observable en los diferentes EAEs considerados (Fig. 20). En definitiva, el análisis conjunto de datos sigue los criterios de análisis de la geología estructural proporcionándonos un estudio sistematizado y esta-

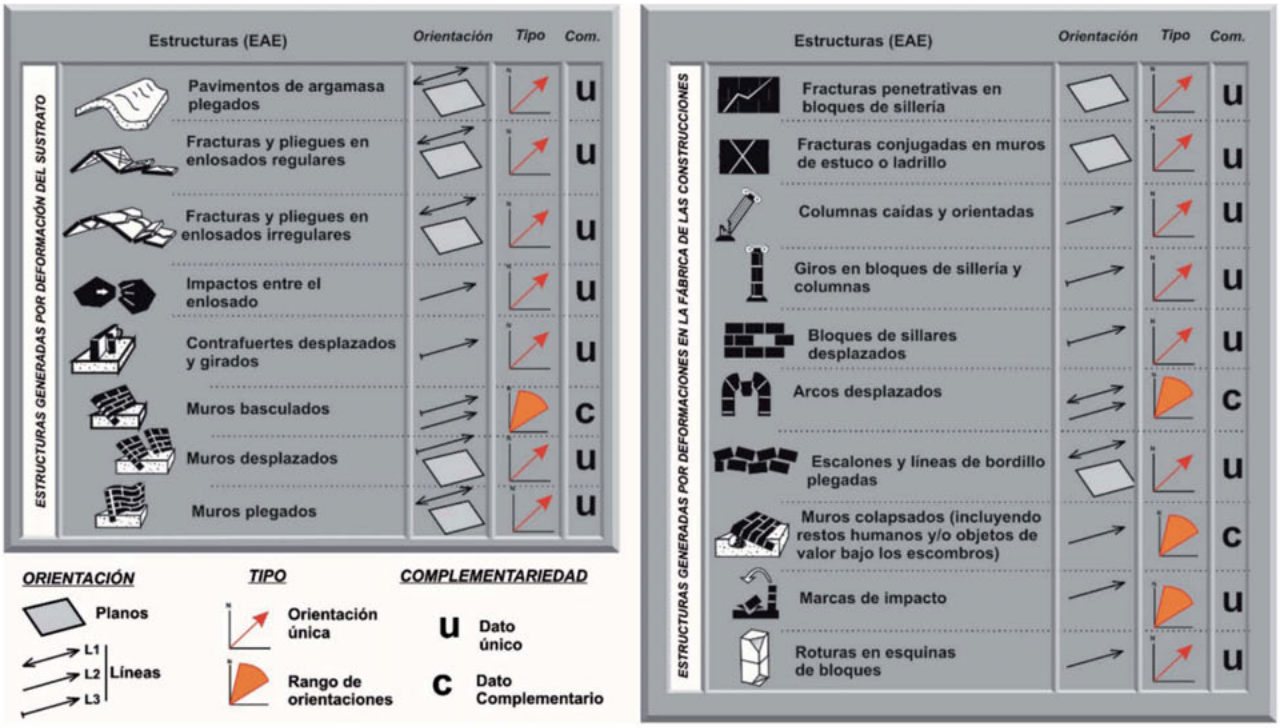


Figura 20. Caracterización de los parámetros considerados en el análisis de la deformación en cada EAE: orientación del dato (planos y línea: L1, L2 y L3); tipo de dato (orientación única y rango de orientaciones); y complementariedad del dato (dato único y dato complementario). Modificado de Giner Robles et al. *(2011).*

dístico de orientaciones de daños que nos permiten analizar las direcciones de máxima deformación horizontal del terreno y, por tanto, realizar interpretaciones acerca de la direccionalidad del movimiento del terreno y, en consecuencia, de la dirección (o al menos cuadrante geográfico) del terreno de procedencia de las ondas sísmicas. Es indudable que cuanto mayor sea el número de datos sobre daños orientados, mayor será la definición de la orientación. Cuando se poseen solamente datos aislados (descripciones en terremotos históricos sobre caídas orientadas, direcciones de muros afectados, etc.) las conclusiones al respecto resultan arriesgadas. No obstante, si se poseen datos aislados para diferentes localidades y estas indican un mismo sector geográfico, aun siendo datos aislados, la direccionalidad de los EAEs ha de tenerse en cuenta para interpretar la posible localización del epicentro macrosísmico. En casos de daños orientados en campo relativamente cercano (< 20 km), estos datos de direccionalidad han de considerarse fundamentalmente para terremotos antiguos o históricos de los que se posean pocas localidades para la determinación del epicentro o las localizaciones existentes sean incongruentes con los datos geológicos o arqueosimológicos, como ocurre con el terremoto de Carmona de 1504 AD (Silva *et al.*, 2013). En campo lejano de grandes terremotos, como es el caso del terremoto de Lisboa de 1755 AD, las orientaciones de daños son congruentes con las localizaciones propuestas, incluso para daños registrados a más de 300 o 500 km de distancia epicentral (Giner Robles, *et al.*, 2011).

7

Listado paramétrico de terremotos catalogados y en estudio

7. LISTADO PARAMÉTRICO DE TERREMOTOS CATALOGADOS Y EN ESTUDIO

En esta sección se listan la totalidad de eventos sísmicos de los que se tiene constancia de la existencia de EEEs y/o EAEs en el territorio español. Como se indica en el apartado 2, la información geológica y arqueológica recopilada presenta una diferente calidad (Qg) para la evaluación de la intensidad ESI-07 (Qi), localización (Qe).

Por lo general, los valores de intensidad asignados a los eventos no difieren mucho de los EMS que aparecen en el catálogo del IGN (Martínez Solares y Mezcua, 2002) o, en su caso, se mueven en el rango superior de intensidad EMS asignada en el mismo. En cualquier caso, para la mayoría de los eventos la intensidad ESI-07 se corresponde en mayor medida a la antigua intensidad MSK asignada a cada evento, lo cual es lógico, ya que la escala macrosísmica ESI-07 representa la parametrización y cuantificación de los efectos naturales incluidos en las escalas macrosísmicas tradicionales. Para la mayoría de los eventos con rango de intensidad VI-VII o VII, la evaluación de la intensidad ESI-07 no ha sido posible dada la escasa cantidad de EEEs documentados. En estos casos, la intensidad ESI-07 asignada corresponde a la intensidad EMS existente en catálogos y bases de datos del IGN e IAG. No obstante, para algunos eventos, como por ejemplo Huércal-Overa 1863 AD, el número, dimensiones y variedad de EEEs, indica claramente que la intensidad EMS asignada a la población principal (VI-VII) no se corresponde a la intensidad máxima registrada en el área epicentral (VIII: Valle del Almanzora – Antigua Obera) prácticamente despoblada en la época (Silva *et al.*, 2014).

Los códigos asignados a los eventos catalogados hacen referencia a su carácter instrumental (INS), preinstrumental (PRE), histórico (HST), antiguos que están documentados arqueológica y/o geológicamente (ARQ) y, finalmente, paleosismos tan solo documentados geológicamente (GEO). No obstante, en la mayor parte de los casos de terremotos antiguos y paleosismos catalogados el registro arqueológico viene apoyado por datos geológicos o viceversa. En estos casos, se han etiquetado como ARQ aquellos con mayor peso de datos arqueológicos, y GEO aquellos otros en que los datos geológicos son los más importantes. Casos similares concurren con terremotos documentados históricamente (HST) pero de los que en la actualidad se tienen multitud de datos geológicos. Este es el caso del terremoto-tsunami del 218 – 209 AC, del que se tiene una vaga descripción histórica procedente de la obra de Florián de Ocampo (1533), pero del que la actualidad se tienen multitud de registros geológicos ocasionados por el subsecuente tsunami en los estuarios del Golfo de Cádiz y principalmente en las Marismas de Doñana (Rodríguez-Vidal, *et al.*, 2011). Por otro lado, los terremotos históricos más antiguos incluidos en

Año	Mes y día	Hora y min.	Longitud	Latitud	Q_e	Q_i	Q_g	Magnitud	EMS-98	ESI-07	Localización	Código
4200-3700 AC			4°32′23″ O	36°57′18″ N	C	C	G	≥ 6,7 M		≥ IX	Cueva del Toro. Antequera. MA	1. ARQ 004AC 3700
1900-1550 AC			1°29′2,90″ O	37°47′46″ N	G	G	G	6,4 Mw	≥ VIII	≥ VIII	Tira del Lienzo. Totana, MU	2. ARQ 002AC 1550
800- (9000?) AC			2° 46′ E	42° 20′ N	D_0	C	C			≥ VIII	Pirineos Orientales. Alto Ampurdán. GE	3. HST 001AC800
575-500 AC			2° 46′ E	42° 20′ N	D_0	C	C			≥ VIII	Pirineos Orientales. Alto Ampurdán. GE	4. HST 001AC 575
570-500 AC			10° 00′ O	36° 28′ N	D_0	C	C			≥ VIII	Andalucía, *Mar Alborán. MED*	5. HST 001AC 500
218-209 AC			9º 42′ O	36º 38′ N	G	G	G	≥ 8,0 M		≥ IX	*Lacus Ligustinus:* SW Cabo San Vicente AT	6. GEO 001AC218
040-060 AD			5° 46′ O	36° 05′ N	Q	Q	G	≥ 5,5 M	≥ VIII	≥ VIII	*Baelo Claudia;* Bolonia. CA	7. ARQ 004060
260-280 AD			5° 46′ O	36° 05′ N	Q	Q	G	≥ 5,5 M	≥ VIII	≥ VIII	*Baelo Claudia;* Bolonia. CA	8. ARQ 0260280
300-400 AD			1º 39′ O	38° 35′ N	G	G	G	6,8 Mw		X	*Ilunum* Tobarra. AB	9. GEO 0300400
350-400 AD			3°19′9,21″ O	40°30′17″ N	Q	Q	G	≥ 5,5 Mw	≥ VIII	≥ VIII	*Complutum.*Alcalá de Henares, M	10. ARQ 0350400
881 AD	Mayo 26		8° 00 O	36º 00′ N	D_0	C	C	7,2 M	XI-X	XI	Golfo de Cádiz. Atlántico. AT	11. HST 08810526
949 AD					D_0	C	C				Zamora – Oporto. Atlántico. AT	12. HST 09490000
1048 AD			0° 55′ O	38° 05′ N	D	C	C		VIII	VIII	Orihuela. A	13. HST 10480000
1169 AD	Enero 21		4° 00′ O	38° 00′ N	D	C	G	6,0 M	VIII-IX	IX	Andújar. J	14. HST 11690121
1356 AD	Agosto 24		10° 00′ O	36° 30′ N	D	C	C	6,5 M	VIII		SW. Cabo San Vicente. AT	15 HST 13560824
1373 AD	Marzo 02		0° 45′ O	42° 30′ N	C	C	G	6,2 Mw	VIII-IX	IX	Ribagorça, LL	16. HST 13730302
1396 AD	Diciembre 18	12:00	0° 13′ O	39° 05′ N	B	C	B	6,5 M	VIII-IX	X	Tavernes de Valldigna. V	17. HST 13961218
1427 AD	Mayo 15		2° 30′ E	42° 12′ N	B	C	G		VIII-IX	IX-X	Olot. GI	18. HST 14270515
1428 AD	Febrero 02	8:00	2° 10′ E	42° 21′ N	C	C	G		IX-X	IX-X	Queralbs. GI	19. HST 14280202 EN ESTUDIO
1431 AD	Abril 24	14:00	3° 38′ O	37° 08′ N	D	C	B	6,7 M	VIII-IX	≥ VIII	Sur de Granada. GR	20. HST 14310424
1494 AD	Enero 26	20:00	4° 20′ O	36° 35′ N	D	C	B		VIII	VIII	Málaga. MA	21. HST 14940126
1504 AD	Abril 05	9:00	5° 28′ O	37° 23′ N	C	C	A	6,8 M	VIII-IX	IX	Carmona. SE	22. HST 15040405
1518 AD	Noviembre 09	23:30	1° 52′ O	37° 14′ N	B	B	B		VIII-IX	IX	Vera. AL	23. HST 15181109
1522 AD	Septiembre 22	10:00	2° 40′ O	36° 58′ N	D	C	B	6,5 M	VIII-IX	IX	W. Alhama de Almería. AL	24. HST 15220922
1531 AD	Septiembre 30	4:00	2° 44′ O	37° 32′ N	C	C	B		VIII-IX	IX	Baza. GR	25. HST 15310930
1620 AD	Diciembre 02	19:00	0º 28′ O	38º 42′ N	C	C	B		VII-VIII	VIII	Alcoy. A.	26. HST 16201202
1644 AD	Junio 19	18:00	0° 25′ O	38° 48′ N	C	C	B		VIII		Muro de Alcoy. A	27. HST 16440619
1656 AD	Junio 07	10:00	1º 14′ O	40º 05′ N	C	C	C		VIII	VIII	Ademuz. V	28. HST 16560607
1658 AD	Diciembre 31	7:00	2° 28′ O	36° 50′ N	D	C	C		VIII	X	Almería. AL	29. HST 16581231
1674 AD	Agosto 28	21:30	1° 42′ O	37° 41′ N	C	B	C		VIII		Lorca. MU	30. HST 16740828
1680 AD	Octubre 9	7:00	4° 36′ O	36° 48′ N	B	B	B	6,8–7,0 M	VIII-IX	IX	W de Málaga. MA	31. HST 16801009
1722 AD	Diciembre 27	17:30	7° 46′ O	36° 24′ N	C	C	C	6,5 M	VIII		Golfo de Cádiz.	32. HST 17221227 EN ESTUDIO
1748 AD	Marzo 23	6:30	0° 38′ O	39° 02′ N	B	B	A	6,2 M	IX	IX	Estubeny. V	33. HST 17480323
1755 AD	Noviembre 01	10:16	10° 00′ O	36° 30′ N	D	A	A	8,5 M	XI-XII	XI	SW. Cabo San Vicente. Lisboa. P	34. HST 17551101
1804 AD	Enero 13	17:53	3° 35′ O	36° 05′ N	C	A	B	6,7 M	VII-VIII	VIII	Mar de Alborán. Mediterráneo MD	35. HST 18040113
1804 AD	Agosto 25	8:25	2° 50′ O	36° 46′ N	B	A	B	6,4 M	VIII-IX	IX	Dalías. AL	36. HST 18040825
1806 AD	Octubre 27	12:10	3° 44′ O	37° 14′ N	A	B	B	5,3 M	VIII		Pinos-Puente. GR	37. HST 18061027
1829 AD	Marzo 21	18:39	0° 41′ O	38° 05′ N	B	A	A	6,6-6,9 M	IX-X	X	Torrevieja. A	38. HST 18290321
1845 AD	Octubre 07	6:30	0° 45′ E	41° 02′ N	B	C	B	5,1 Mw	VI-VII	VII	Tivissa. T.	39. HST 18451007
1851 AD	Mayo 15	1:47	2° 40′ E	39° 38′ N	B	C	A	≥ 4,5 M	VII	VIII	NE Palma de Mallorca. PM	40. HST 18510515
1863 AD	Junio 10	11:10	1° 56′ O	37° 22′ N	B	B	A	4,2-4,6 M	VI-VII	VIII	Huércal-Overa. AL	41. HST 18630610
1884 AD	Diciembre 25	21:08	3° 59′ O	37° 00′ N	A	A	A	6,5-6,7 M	IX-X	X	Arenas del Rey. GR	42. HST 18841225

Tabla 4. Listado paramétrico de los eventos sísmicos geológicos, arqueológicos e históricos de los que se tiene constancia de la ocurrencia de efectos ambientales, geológicos (EEEs) o arqueosismológicos (EAEs) confeccionada para el presente catálogo. En esta primera edición solo se ofrece la información catalogada completa para 5 eventos representativos y la información resumida para 18, estando el resto de los eventos (10) en preparación. Las magnitudes (M) están estimadas por métodos empíricos (Eventos GEO) o por el nivel de daños arqueosismológicos o paleosísmicos observados (Eventos ARQ). Para el resto de eventos históricos (Eventos HST) las magnitudes en la mayoría de los casos corresponden a las indicadas por Martínez Solares y Mezcua (2002) del IGN o por otras agencias como el instituto Andaluz de Geofísica (IAG) o el Institut Cartografic de Catalunya (ICG) que podamos considerar más actualizadas.

Año	Mes y día	Hora y min.	Longitud	Latitud	Q_e	Q_i	Q_g	Magnitud	I EMS-98	I ESI-07	Localización	Código
1911 AD	Marzo 21	14:15.35	1° 15' O	38° 01' N	A	I	C	5,7 Ms	VII-VIII		Torres de Cotilla. MU	43. PRE 19110321
1911 AD	Abril 03	11:11.11	1° 12' O	38° 06' N	A	I	C	5,3 Ms	VIII	VIII	Lorquí. MU	44. PRE 19110403
1911 AD	Mayo 31	15:13.44	3° 42' O	37° 12' N	A	I	C	4,9 Ms	VII-VIII	VIII	Santa Fe. GR	45. PRE 19110531
1917 AD	Enero 28	22:32.31	1° 21' O	38° 01' N	A	I	C		VIII		Torres de Cotilla. MU	46. PRE 19170128
1919 AD	Septiembre 10	10:40.31	0° 50' O	38° 05' N	A	I	B	5,2 Ms	VIII	VIII	Jacarilla. A	47. PRE 19191010
1930 AD	Julio 05	23:12.04	4° 38' O	37° 35' N	A	I	B	5,4 Ms	VII-VIII		Montilla. CO	48. PRE 19300705
1956 AD	Abril 19	18:38.54	3° 41' O	37° 11' N	A	I	B	5,0 Ms	VIII	VIII	Albolote. GR	49. PRE 19560419
1964 AD	Junio 09	23:33.53	2° 34' O	37° 44' N	A	I	B	4,8 mb	VIII	VIII	Galera. GR	50. PRE 19640706
1993 AD	Diciembre 23	14:22.34	2° 55' O	36° 46' N	I	I	I	5,0 Mw	VII		Adra. AL	51. INS 19931223
1999 AD	Febrero 2	13:45.17	1° 50' O	38° 10' N	I	I	I	4,8 Mw	VII	VII	Mula. MU	52. INS 19990202
2002 AD	Agosto 6	6:16.19	1° 51' O	37° 53' N	I	I	I	5,0 Mw	VI	VI	Bullas. MU	53. INS 20020806
2003 AD	Mayo 21	19:44.00	3° 34' E	36° 54' N	I	I	I	6,8 Mw	I*	VI*	Mahón, IB (tsunami*)	54. INS 20030521
2005 AD	Enero 29	7:41.31	1° 45' O	37° 51' N	I	I	I	4,8 Mw	VII	VII	La Paca. MU	55. INS 20050129
2011 AD	Mayo 11	16:47.25	1° 42' O	37° 43' N	I	I	I	5,2 Mw	VII	VIII	Lorca. MU	56. INS 20110311

Tabla 5. Listado paramétrico de los eventos sísmicos instrumentales y pre-instrumentales de los que se tiene constancia de la ocurrencia de efectos ambientales, geológicos (EEEs) o arqueosismológicos (EAEs) confeccionada para el presente catálogo. En esta primera edición solo se ofrece la información catalogada completa para 2 eventos representativos y la información resumida para 6, estando el resto de los eventos (5) en preparación. Las magnitudes, localización y resto de parámetros sísmicos determinados instrumentalmente corresponden a los listados en las bases de datos del IGN e IAG, excepto la asignación de las intensidades ESI-07 evaluadas para el presente catálogo.

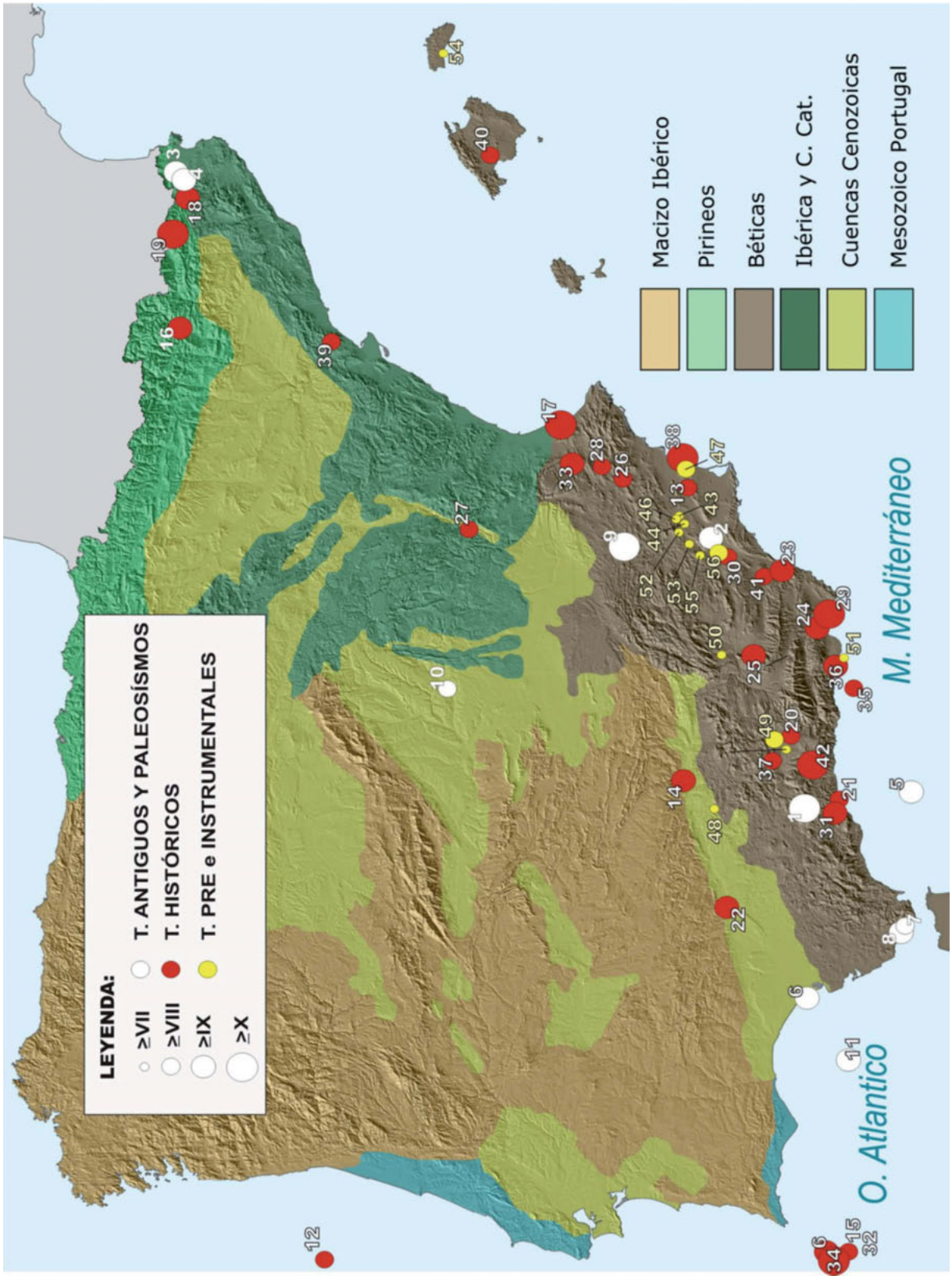


Figura 21. Localización geográfica de los diferentes grupos de terremotos catalogados en la Península Ibérica y su entorno más cercano del Archipiélago Balear, Mar de Alborán, Océano Atlántico y Golfo de Cádiz. La numeración corresponde con el número de orden de los códigos que se presentan en las Tablas 4 y 5 del apartado 7.

el catálogo de terremotos históricos del IGN (Martínez Solares y Mezcua, 2002) se remontan hasta el 800 AC (Pirineos) o 500 AC (Pirineos y Mediterráneo) y poseen un muy vago apoyo de fuentes históricas. El análisis realizado para esta segunda edición del catálogo indica que los eventos del 500 AC se encuentran apoyados por vagas referencias basadas de nuevo en Florián de Ocampo (1533). Las referencias sobre el evento pirenaico del 800 AC son prácticamente míticas y hacen referencia al famoso incendio o fuegos "pseudo-aristotélicos" que sufrieron los montes Pirineos que quedaron recogidos en numerosas obras de autores clásicos griegos y romanos y que, por último, recoge también la Obra de Florián de Ocampo (1533). Este evento es incluido en todos los catálogos sísmicos de la Península Ibérica, desde Moreira de Mendonça (1758), Sánchez Navarro-Newman (1921), Galbis (1932), hasta el presente.

Todos los terremotos llevan un código identificativo que incluye año/mes/día, así un terremoto histórico como por ejemplo el de Carmona del 5 de abril de 1504 AD, lleva el siguiente código: HST 15040405. Solo los terremotos ocurridos antes de Cristo (AC) llevan un código distinto que hace referencia al Primer Milenio AC (001AC) o al Cuarto Milenio (004AC) seguido del año en que se encuentra datado (p.ej. 800 AC). A estos terremotos de antes de Cristo se les han asignado unas coordenadas, donde estimamos pudieron ocurrir por los datos geológicos, arqueológicos o históricos (muy vagos) que hemos podido consultar. En todos los casos llevan asociada una calidad de localización epicentral (Q_e) de tipo D, indicando errores superiores a los 50 km. En otros de carácter geológico o arqueológico, las coordenadas hacen referencia a la localización de los yacimientos arqueológicos o elementos geológicos que registran el terremoto. Así por ejemplo, el Evento del 218 AC registrado en el antiguo *Lacus Lingustinus* romano se le asignan las mismas coordenadas que al de Lisboa del 1755 AD, ya que los autores que lo han estudiado concluyen que se trató de un terremoto-tsunami similar al de 1755 AD al Suroeste del Cabo de San Vicente. En otros casos, como el terremoto del 949 AD, antiguamente localizado en Zamora (Galbis, 1932) y posteriormente en el océano Atlántico frente a la costa portuguesa en un lugar sin determinar (Martínez Solares y Mezcua, 2002), ha sido imposible asignarle una localización, ya que muy posiblemente pudo tratarse de un evento ocurrido con anterioridad en Al-Andalus como se explica en la ficha de catalogación correspondiente.

8

Datos macrosísmicos resumidos ESI-07 de terremotos catalogados (Fichas Completas)

Año	Mes y día	Longitud	Latitud	Q_e	Q_i	Q_g	Magnitud	EMS-98	ESI-07	Localización	Nº Código
4200-3700 AC		4°32′23″ O	36°57′18″ N	C	C	G	≥ 6,7 M		≥ IX	Cueva del Toro. Antequera. MA	1. ARQ 004AC 3700
1900-1550 AC		1°29′2,90″ O	37°47′46″ N	G	G	G	6,4 Mw	≥ VIII	≥ VIII	Tira del Lienzo. Totana, MU	2. ARQ 002AC 1550
800- (9000?) AC		2° 46′ E	42° 20′ N	D_0	C	C			≥ VIII	Pirineos Orientales. Alto Ampurdán. GE	3. HST 001AC800
575-500 AC		2° 46′ E	42° 20′ N	D_0	C	C			≥ VIII	Pirineos Orientales. Alto Ampurdán. GE	4. HST 001AC 575
570-500 AC		10° 00′ O	36° 28′ N	D_0	C	C			≥ VIII	Andalucía, *Mar Alborán. MED*	5. HST 001AC 500
218-209 AC		9º 42′ O	36º 38′ N	G	G	G	≥ 8,0 M		≥ IX	*Lacus Ligustinus:* SW Cabo San Vicente AT	6. GEO 001AC218
040-060 AD		5° 46′ O	36° 05′ N	Q	Q	G	≥ 5,5 M	≥ VIII	≥ VIII	*Baelo Claudia;* Bolonia. CA	7. ARQ 004060
260-280 AD		5° 46′ O	36° 05′ N	Q	Q	G	≥ 5,5 M	≥ VIII	≥ VIII	*Baelo Claudia;* Bolonia. CA	8. ARQ 0260280
300-400 AD		1º 39′ O	38° 35′ N	G	G	G	6,8 Mw		X	*Ilunum.* Tobarra. AB	9. GEO 0300400
350-400 AD		3°19′9,21″ O	40°30′17″ N	Q	Q	G	≥ 5,5 Mw	≥ VIII	≥ VIII	*Complutum.*Alcalá de Henares, M	10. ARQ 0350400
881 AD	Mayo 26	8° 00′ O	36º 00′ N	D_0	C	C	7,2 M	XI-X	XI	Golfo de Cádiz. Atlántico. AT	11. HST 08810526
949 AD				D_0	C	C				Zamora – Oporto. Atlántico. AT	12. HST 09490000
1048 AD		0° 55′ O	38° 05′ N	D	C	C		VIII	VIII	Orihuela. A	13. HST 10480000
1169 AD	Enero 21	4° 00′ O	38° 00′ N	D	C	G	6,0 M	VIII-IX	IX	Andújar. J	14. HST 11690121
1356 AD	Agosto 24	10° 00′ O	36° 30′ N	D	C	C	6,5 M	VIII		SW. Cabo San Vicente. AT	15 HST 13560824
1373 AD	Marzo 02	0° 45′ O	42° 30′ N	C	C	G	6,2 Mw	VIII-IX	IX	Ribagorça, LL	16. HST 13730302
1396 AD	Diciembre 18	0° 13′ O	39° 05′ N	B	C	B	6,5 M	VIII-IX	X	Tavernes de Valldigna. V	17. HST 13961218
1427 AD	Mayo 15	2° 30′ E	42° 12′ N	B	C	G		VIII-IX	IX-X	Olot. GI	18. HST 14270515
1431 AD	Abril 24	3° 38′ O	37° 08′ N	D	C	B	6,7 M	VIII-IX	≥ VIII	Sur de Granada. GR	20. HST 14310424
1494 AD	Enero 26	4° 20′ O	36° 35′ N	D	C	B		VIII	VIII	Málaga. MA	21. HST 14940126
1504 AD	Abril 05	5° 28′ O	37° 23′ N	C	C	A	6,8 M	VIII-IX	IX	Carmona. SE	22. HST 15040405
1518 AD	Noviembre 09	1° 52′ O	37° 14′ N	B	B	B		VIII-IX	IX	Vera. AL	23. HST 15181109
1522 AD	Septiembre 22	2° 40′ O	36° 58′ N	D	C	B	6,5 M	VIII-IX	IX	W. Alhama de Almería. AL	24. HST 15220922
1531 AD	Septiembre 30	2° 44′ O	37° 32′ N	C	C	B		VIII-IX	IX	Baza. GR	25. HST 15310930
1620 AD	Diciembre 02	0º 28′ O	38º 42′ N	C	C	B		VII-VIII	VIII	Alcoy. A.	26. HST 16201202
1644 AD	Junio 19	0° 25′ O	38° 48′ N	C	C	B		VIII		Muro de Alcoy. A	27. HST 16440619
1656 AD	Junio 07	1º 14′ O	40º 05′ N	C	C	C		VIII	VIII	Ademuz. V	28. HST 16560607
1658 AD	Diciembre 31	2° 28′ O	36° 50′ N	D	C	C		VIII	X	Almería. AL	29. HST 16581231
1674 AD	Agosto 28	1° 42′ O	37° 41′ N	C	B	C		VIII		Lorca. MU	30. HST 16740828
1680 AD	Octubre 9	4° 36′ O	36° 48′ N	B	B	B	6,8–7,0 M	VIII-IX	IX	W de Málaga. MA	31. HST 16801009
1748 AD	Marzo 23	0° 38′ O	39° 02′ N	B	B	A	6,2 M	IX	IX	Estubeny. V	33. HST 17480323

Año	Mes y día	Longitud	Latitud	Q_e	Q_i	Q_g	Magnitud	EMS-98	ESI-07	Localización	Nº Código
1755 AD	Noviembre 01	10° 00′ O	36° 30′ N	D	A	A	8,5 M	XI-XII	XI	SW. Cabo San Vicente. Lisboa. P	34. HST 17551101
1804 AD	Enero 13	3° 35′ O	36° 05′ N	C	A	B	6,7 M	VII-VIII	VIII	Mar de Alborán. Mediterráneo MD	35. HST 18040113
1804 AD	Agosto 25	2° 50′ O	36° 46′ N	B	A	B	6,4 M	VIII-IX	IX	Dalías. AL	36. HST 18040825
1806 AD	Octubre 27	3° 44′ O	37° 14′ N	A	B	B	5,3 M	VIII		Pinos-Puente. GR	37. HST 18061027
1829 AD	Marzo 21	0° 41′ O	38° 05′ N	B	A	A	6,6-6,9 M	IX-X	X	Torrevieja. A	38. HST 18290321
1845 AD	Octubre 07	0° 45′ E	41° 02′ N	B	C	B	5,1 Mw	VI-VII	VII	Tivissa. T.	39. HST 18451007
1851 AD	Mayo 15	2° 40′ E	39° 38′ N	B	C	A	≥ 4,5 M	VII	VIII	NE Palma de Mallorca. PM	40. HST 18510515
1863 AD	Junio 10	1° 56′ O	37° 22′ N	B	B	A	4,2-4,6 M	VI-VII	VIII	Huércal-Overa. AL	41. HST 18630610
1884 AD	Diciembre 25	3° 59′ O	37° 00′ N	A	A	A	6,5-6,7 M	IX-X	X	Arenas del Rey. GR	42. HST 18841225
1911 AD	Marzo 21	1° 15′ O	38° 01′ N	A	I	C	5,7 Ms	VII-VIII		Torres de Cotilla. MU	43. PRE 19110321
1911 AD	Abril 03	1° 12′ O	38° 06′ N	A	I	C	5,3 Ms	VIII	VIII	Lorquí. MU	44. PRE 19110403
1911 AD	Mayo 31	3° 42′ O	37° 12′ N	A	I	C	4,9 Ms	VII-VIII	VIII	Santa Fe. GR	45. PRE 19110531
1919 AD	Septiembre 10	0° 50′ O	38° 05′ N	A	I	B	5,2 Ms	VIII	VIII	Jacarilla. A	47. PRE 19190910
1956 AD	Abril 19	3° 41′ O	37° 11′ N	A	I	B	5,0 Ms	VIII	VIII	Albolote. GR	49. PRE 19560419
1964 AD	Junio 09	2° 34′ O	37° 44′ N	A	I	B	4,8 mb	VIII	VIII	Galera. GR	50. PRE 19640609
1999 AD	Febrero 2	1° 50′ O	38° 10′ N	I	I	I	4,8 Mw	VII	VII	Mula. MU	52. INS 19990202
2002 AD	Agosto 6	1° 51′ O	37° 53′ N	I	I	I	5,0 Mw	VI	VI	Bullas. MU	53. INS 20020806
2003 AD	Mayo 21	3° 34′ E	36° 54′ N	I	I	I	6,8 Mw	I*	VI*	Mahón, IB (tsunami*)	54. INS 20030521
2005 AD	Enero 29	1° 45′ O	37° 51′ N	I	I	I	4,8 Mw	VII	VII	La Paca. MU	55. INS 20050129
2011 AD	Mayo 11	1° 42′ O	37° 43′ N	I	I	I	5,2 Mw	VII	VIII	Lorca. MU	56. INS 20110511

ARQ 004AC 3700: CUEVA DEL TORO (Antequera-Málaga). 4200-3700AC — ANTIGUO

FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
4200 – 3700 AC	-	4°32'23"O	36°57'18"N	≥6,7M*	-	≥ VIII	IX	C	C	G	Cueva del Toro.Antequera. MA

Método de datación:	NO CATALOGADO: Datado C^{14} Yacimiento Neolítico Cueva de El Toro y Sima de El Aguadero Ref.: Clavero Toledo (2010); García Sanjuán, Lozano Rguez. (2016); Bradley, García Sanjuán (2017)										**Tipo Evento:**	ARQ
Prof. km	-	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**Mo**	-	**Eventos asociados**		-	**Agencia:**	SCI. PUB.
EEE Primarios		NO		**Longitud Falla**		-		**Desplazamiento**		-	**Tipo Desp.:**	SIN DATOS
EEE Secundarios		SÍ		**Categoría ESI07**		☒GK ☒SM ☐LQ ☐HD ☐HA ☐WA ☐TS					**Área afectada:**	SIN DATOS
Otros EEE Ambientales		SI		☒ OTROS EFECTOS (OT): Deslizamientos y desplomes en cavidades kársticas. Roturas, giros y basculamientos anómalos de espeleotemas en la sima de Axarquía Alta (Periana, Málaga).								
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ		☒ EAEs: La última fase de ocupación del Yacimiento Neolítico de la Cueva de El Toro (4200 – 3700 AC; Torcal de Antequera) se ve repentinamente interrumpida por desplomes en el interior de la cueva y el desplome de su entrada de forma que queda cegada. La destrucción del yacimiento antecede en poco tiempo a la fecha estimada de construcción del Dolmen de Menga (c. 3800-3.600 AC).								

Documentación IGN 2002: NO CATALOGADO

Referencias bibliográficas básicas:

Martín-Socas, D., Camalich, M.D., González, P. (Coords.) (2004): La Cueva de El Toro (Sierra de El Torcal-Antequera-Málaga). Un modelo de ocupación ganadera en el territorio andaluz entre el VI y II milenios A.N.E. Arqueología. Monografías. Consejería de Cultura Junta de Andalucía. Sevilla.

Clavero Toledo J.L. (2010): Investigación sísmica en simas de la alta Axarquía (Málaga): Comportamiento de la falla que originó el terremoto de 1884. Jábega 102:130–140.

García Sanjuán, L. y Lozano Rodríguez, J.A. (2016): Menga (Andalusia, Spain): biography of an exceptional megalithic monument. En: The Megalithic Architectures of Europe (Laporte, L., Scarre, C. Eds). Oxbow Books. Oxford, England. pp. 2-19.

Bradley, R. y García Sanjuán, L. (2017): "Sudden Time? Natural disasters as a stimulus to monument building: From Silbury Hill (Great Britain) to Antequera (Spain)" En Bickle, P.; Cummings, V.; Hofmann, D. and Pollard, J. (Eds): Neolithic Europe: Essays in Honour of Professor Alasdair Whittle, Oxford. Oxbow Books. pp. 181-201.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
ARQ 004BC 3700 Cueva del Toro, Antequera. MA	4°32'23"O	36°57'18"N	≥6,7M*	-	≥ VIII	IX	G	Betic Cordillera; Internal Zones (Zone 35)

EVENT NO CATALOGED IN THE IGN DATA BASES: DATED by C^{14} Neolithic Site of Cueva de El Toro and Axarquía Alta caves — **Event Type:** ANCIENT

Ref. Bibliográfica: Clavero Toledo (2010); García Sanjuán y Lozano Rodríguez (2016); Bradley y García Sanjuán (2017).

GENERAL DAMAGE: This ancient earthquake affected to the archaeological site of Cueva de El Toro, a Neolithic settlement, located at El Torcal de Antequera, a karstic landscape included in the Dolmens of Antequera Megalithic Site (an UNESCO World Heritage since July 15th 2016). The El Toro cave is located about 8 km south of the megalithic site and the locality of Antequera). Previous work by Martin Socas *et al.* (2004) and on-going research (i.e. García Sanjuán and Lozano Rodríguez, 2016), reveals evidence of destruction and multiple collapses within the cave triggering the blockeage of the cave entry and the abrupt end of the second occupation stage of the cave some time between 4100 and 3800 cal BC. Following García Sanjuán, this earthquake may have had major repercussions among the Neolithic comunities living at El Torcal and further afield in the Antequera region, the building of the megalithic structure of Menga, being a possible cultural response to the destruction of other monumental places of the region, particularly at La Peña de los Enamorados. Following the guidelines for classical macroseismic scales (e.g. MSK, CS) this kind of processes (large cave vault collapses) are linked to intensity levels ≥ VIII. In addition engineering tests for tunnels and underground cavities carved in rock indicate that minimum PGA values to produce minor damage is 0.19g, but moderate to large collapses only occur up to values of 0.4 – 0.5 g, thus associated to intensity levels ≥ VIII (Becker *et al.*, 2066; J.Seismology 10, 371-388). Impossible to assignate an EMS-98 intensity level (no damage at buildings).

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects NO REPORTED. Secondary effects related to cave collapses in cueva de El Toro and anomalous rotations, tilting and ruptures of speleothems in the Axarquía alta Cave, about 40 km away (East) from cueva de El Toro, near Periana and Zafarraya, close to the epicentral area of the AD 1884 Arenas del Rey Earthquake. Tilting of stalactites up to 10º are related with the tilting of the entire limestone plateau containing the affected cave. This is a Gigant Olistholite of about 500-600 m³ bounded by the Zafarraya Fault. Some minor anomalous growth patterns in stalactites and block collapses are related to recent historic events (e.g. AD 1884 Event) as indicated by ^{14}C dating (Clavero Toledo, 2010).^{14}C dating of tilted and broken speleothems provided an age of 5,830±160 yr BP (Sample E-2-3 Clavero Toledo, 2010), placing de earthquake in a calendar age between 3,720 BC and 4,040 BC. As pointed out in the above mentioned works of García Sanjuán, this time frame coincides with the end of last phase of occupation, abandonment and cave collapses at El Toro and the beginning of megalithic activity in the region, with the construction of the nearby Menga dolmen (date of construction unknown, but already built by c. BC 3800-3,600). These last authors connect this Late Neolithic seismic event with the one radiocarbon-dated at El Aguadero sinkhole by Clavero Toledo (2010). This author relates the earthquake to the Ventas de Zafarraya Fault, responsible of the AD 1884 event.

☐ ***Surface ruptures (SR) and Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*

☒ ***1 Ground cracks (GK):*** *Ground cracks tents of metres length and up to 5.5 cm wide are documented in the floor and walls of the Axarquía alta Cave.*

☒ ***1 Slope movements (SM):*** *Rotation of the entire olistolith (c. 600 m3) containing the Axarquía alta cave for about 10º to the south along the back-slope of Sierra Alhamilla bounded by the Venta de Zafarraya fault c. 40 km away from Cueva del Toro. This large scale tilting triggered the set of anomalous growth patterns of speleothems within the cave. This zone also was subject of large-scale landsliding events during the AD 1884 event (Cortijo de Güaro Zone).*

☐ ***Liquefaction processes (LQ):*** *No Reported.*

☒ ***3 Other secondary effects:*** *Anomalous growth patterns, tilted and broken speleothems within Axarquía Alta cave (Clavero Toledo, 2010). Decametric sized cave collapses in Axarquía alta. Decametric – to metric sized Cave collapses in Cueva del Toro at Antequera (Martín Socas* et al., *2004).*

☒ ***Archaeoseismic damage****: The last phase of occupation of the Neolithic settlement of Cueva del Toro at Antequera finish suddenly (3,700 – 3,600 BC) as a consequence of karst vault collapses, which eventually block the cave entry. This event occurs shortly before the initial phases of megalithic architecture in the region (Menga dolmen).*

☒ ***Geological Data:*** *This event constitutes an unknown ancient earthquake evidenced by geological and archaeological data in the northern zone of the Province of Málaga (Antequera – Zafarraya). The earthquake has been dated by radiometric dating in speleothems of the Axarquía alta cave and can be attributed to the Ventas de Zafarraya fault. In fact fault-trrenching analyses performed in this fault near Zafarraya identify a probable seismic event at* 5.960±50 yr *BP (Grützner* et al., *2013; Cuaternario y Geomorfología 27 [3-4], 5-32).* ***Quality of Geological Information: Class G.***

Research / Data compilation by: *Pablo G. Silva (USAL) and Leonardo García Sanjuán (US). Newly published 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
ARQ 004AC 3700 Cueva del Toro, Antequera. MA	4°32'23"O	36°57'18"N	≥6,7M*	-	≥ VIII	IX	G	**Cordillera Bética; Zonas interiores (Zona 35)**

EVENTO NO CATALOGADO (IGN): DATADO por C^{14} yacimiento Neolítico Cueva de El Toro (Antequera) y Sima de Axarquía Alta (Periana) Ref. Bibliográfica: Clavero Toledo (2010); García Sanjuán y Lozano Rodríguez (2016); Bradley y García Sanjuán (2017). **Tipo de Evento** **ANTIGUO**

DAÑOS GENERALES: Este terremoto antiguo afectó al sitio arqueológico de la cueva de El Toro, un yacimiento prehistórico con evidencias de ocupación en el Neolítico, la Edad del Cobre y la Edad del Bronce, localizado en El Torcal de Antequera, situado unos 8 km al sur del Sitio de los Dólmenes de Antequera (declarado Patrimonio Mundial por UNESCO en julio de 2016). Las excavaciones previas de Martín Socas *et al.* (2004) y los estudios actualmente en curso por García Sanjuán y Lozano Rodríguez (2016) y Bradley y García Sanjuán (2017) documentan una importante destrucción y múltiples colapsos en esta cueva que acaban por bloquear su entrada y provocan el abrupto final de su ocupación como hábitat en algún momento entre c. 4100 y 3800 AC. Siguiendo a estos autores, este terremoto pudo tener importantes repercusiones entre la comunidad neolítica que ocupaba esta cueva y otras del entorno de El Torcal, así como aquellas de la región antequerana en general, de manera que la construcción del Dolmen de Menga (cuya fecha de construcción es desconocida, pero que se encuentra construido entre 3800 y 3600 cal AC) pudo haber sido una respuesta cultural al desastre y a la posible destrucción de otros sitios monumentales de la región, especialmente en La Peña de los Enamorados. No se puede asignar una intensidad EMS-98 a este terremoto, pero siguiendo las líneas-guía de las escalas macrosísmicas tradicionales (p.ej. MSK o MCS) este tipo de procesos (y su escala) se encuentran relacionados con intensidades ≥ VIII. Además, test de ingeniería realizados para comprobar la estabilidad de túneles y cavidades subterráneas cavadas en roca indican que los valores mínimos de aceleración horizontal del terreno (PGA) necesarios para producir daños menores es de 0,19 g y que sólo a partir de aceleraciones de 0,4 – 0,5 g se producen colapsos de importancia en paredes y techos, asociados por tanto también a intensidades ≥ VIII (Becker *et al*., 2066; J. Seismology 10, 371-388).

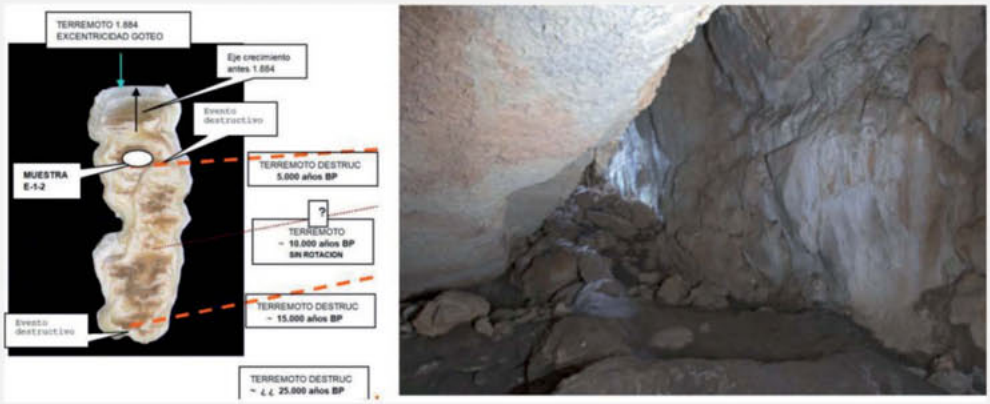
DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios NO REGISTRADOS. Efectos secundarios relacionados con colapsos de cavidades kársticas en la cueva de El Toro (Antequera) y rotaciones anómalas, sobreinclinaciones y roturas de espeleotemas en la Sima de Axarquía Alta, a unos 40 km de distancia (al Este) en el entorno de Periana y Zafarraya, cerca pues del área epicentral del terremoto de Arenas del Rey de1884 AD. Las anomalías de crecimiento y sobreinclinaciones de hasta 10º localizadas en el interior de la cueva se encuentran relacionadas con el basculamiento anómalo hacia el Sur del macizo calcáreo que contiene la cueva. Este macizo constituye un olistolito gigante (500 – 600 m³) adosado a la zona de falla de Ventas de Zafarraya en la vertiente sur de la Sierra de Alhamilla. Esta misma cueva registra también anomalías en el patrón de crecimiento de espeleotemas de menor entidad asociados con el terremoto de 1884 AD como indican dataciones C^{14} (Clavero Toledo, 2010). Las dataciones de las rupturas de crecimiento más antiguas de los espelotemas ofrecen una de edad cal. 5.830±160 años BP (Muestra E-2-3 Clavero Toledo, 2010). Las fechas C^{14} obtenidas en El Toro muestran que el abandono de esta cavidad como lugar de hábitat tuvo lugar entre c. 4100 y 3800 cal AC, lo cual coincide aproximadamente con la fecha obtenida por Clavero Toledo para uno de los terremotos registrados en la sima de El Aguadero y con la posible construcción del dolmen de Menga. Estos autores denominan a este evento sísmico como el "Terremoto del Aguadero" en referencia al nombre de la galería de la sima de Axarquía Alta donde se realizaron las dataciones de los espeleotemas (Clavero Toledo, 2010). En cualquier caso, este último autor claramente relaciona este terremoto con la Falla de Ventas de Zafarraya (en el Polje de Zafarraya) que originó el terremoto de 1884 AD (M6.7).

☐ ***Rupturas de Falla (SR) and Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registrados.*
☒ ***1 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Se registan agrietamientos importantes de longitud de decenas de metros y anchuras de hasta 5,5 cm en el suelo y paredes de la Sima de Axarquía alta en Periana.*
☒ ***2 Movimientos de Ladera (SM):*** *Basculamiento de hasta 10º del olistolito gigante (c. 600 m3) que contiene el sistema kárstico de Axarquía Alta a lo largo de la vertiente sur de la Sierra de Alhamilla, limitada por la Falla de Ventas de Zafarraya a unos 40 km de la Cueva del Toro. Este basculamiento a gran escala es el responsable de los crecimientos anómalos de espeleotemas y sobreinclinaciones que se registran en el interior de la cavidad. Esta zona fue también afectada por grandes deslizamientos de menor entidad durante el terremoto de 1884 AD (en la zona del Cortijo de Guaro).*
☐ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *No Registrados.*
☒ ***3 Otros Efectos Secundarios:*** *Patrones anómalos en el crecimiento de espeleotemas, giros abruptos, basulamientos y roturas de los mismos en el interior de la sima de Axarquía Alta (Clavero Toledo, 2010). Colapsos de bloques y espeleotemas de entidad decamétrica en Axarquía Alta (Periana). Colapsos de bloques de paredes y techos de entidad deca a métrica en la Cueva del Toro en Antequera (Martín Socas* et al., *2004).*
☒ ***Daños Arqueosísmicos:*** *La última fase de ocupación del Yacimiento Neolítico de la Cueva de El Toro (4200 – 3700 AC; Torcal de Antequera) se ve repentinamente interrumpida por desplomes en el interior de la cueva y el desplome de su entrada de forma que queda cegada. La destrucción del yacimiento antecede en poco tiempo al comienzo de la construcción del Dolmen de Menga (c. 3.600 AC).*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Este evento constituye un terremoto antiguo desconocido, evidenciado por datos geológicos (espeleosismológicos) y arqueológicos a lo largo del borde norte de la Provincia de Málaga y sur de Granada (Antequera – Zafarraya). Este evento se encuentra datado radiométricamente en los espeleotemas de la Sima de Axarquía Alta (Periana) y es atribuido claramente a la Falla de Ventas de Zafarraya. De hecho, trincheras de falla realizadas en los alrededores de Zafarraya evidencian varios paleosismos ente el 2.000 y 6.000 BP. En concreto, una de las fechas identifica un posible evento sísmico a 5.960±50 yr BP (Grützner* et al., *2013; Cuaternario y Geomorfología 27 [3-4], 5-32). Por la entidad de los deslizamientos y diferencias en tamaño y grado de las anomalías registradas en los espeletemas, Clavero Toledo (2010) indica que el terremoto tuvo que tener un tamaño sensiblemente superior que el de 1884 AD. Proponemos una localización epicentral en el entorno de Zafarraya donde Axarquía alta registraría una intensidad mínima de X ESI-07, mientras que la zona de Antequera (a 40 km) entraría dentro de la zona de intensidad VIII ESI-07.* ***Calidad de la Información Geológica: Clase G.***

Investigación / Compilación de la información: *Pablo G. Silva (USAL) y Leonardo García Sanjuán (US). Publicado en 2017.*

IMAGEN EVENTO



Izquierda: Crecimiento anómalo de espeleotema en Axarquía Alta. El evento de 5000 BP es el que se correspondería con el catalogado en esta ficha. Se observan eventos anteriores (Clavero Toledo, 2010). Derecha: Imagen de los colapsos de la entrada de El Toro. Fotografía: David W. Wheatley

ARQ 002AC 1550: TIRA DEL LIENZO (Totana-Murcia). 1900-1550 AC — ANTIGUO

FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
1900 – 1550 *AC*	-	1°29'2,90"O	37°47'46"N	6,4 ± 0,1M*	≥ VIII	IX	IX	G	G	G	**La Tira del Lienzo. Totana. MU**

Método de datación:	NO CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Ferrater *et al.* (2013); Ferrater *et al.* (2015)							**Tipo Evento:**	ARQ
Prof. km	-	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**Mo**	-	**Eventos asociados**	-	**Agencia:**	SCI. PUB.
EEE Primarios	SÍ	**Longitud Falla**		< 1 km		**Desplazamiento**		20 -18 cm		**Tipo Desp.:**	Desgarre sinestral
EEE Secundarios	SÍ	**Categoría ESI07**		☒GK ☐SM ☐LQ ☐HD ☐HA ☐WA ☐TS						**Área afectada:**	SIN DATOS
Otros EEE Ambientales	SÍ	☒ OTROS EFECTOS (OT): Posibles deslizamientos de corto recorrido a lo largo de la vertiente oriental de la loma de presión desarrollada sobre la zona de falla en que se asienta el yacimiento.									
EAE Efectos Arqueosismológicos	SÍ	☒ EAEs: Antiguos asentamientos del Bronce fueron abandonados alrededor de 1550 AC, incluyendo La Bastida. El yacimiento de La Tira registra variados EAEs, entre los que destaca la ruptura superficial a lo largo de la Falla de Lorca-Alhama de Murcia que desplaza las edificaciones, así como fracturas penetrativas en muros de bloques de cantos.									

Documentación IGN 2002: NO CATALOGADO

Referencias bibliográficas básicas:

Delgado-Raack, S. *et al.* (2014): Die Silberschmiede von Tira del Lienzo, Totana, Prov. Murcia, imkontext der El Argar Metallurgie. In: Meller, H. *et al.* (Eds.), Metalle der Macht—Frühes Gold und Silber, 6. Mitteldeutscher Archäologentag vom 17. bis 19. Oktober 2013 in Halle (Saale), 577–591.
Ferrater, M. *et al.* (2013): Archaeoseismology in a Bronze aged settlement: La Tira del Lienzo (Totana, Spain). Proceedings 4th Int INQUA meeting on Paleoseismology, Active Tectonics and Archeoseismology. Aachen, Germany, pp. 9–15.
Ferrater, M. *et al.* (2015): Archaeoseismological analysis of a Late Bronze Age Site on the Alhama de Murcia Fault (SE Spain): Geoarchaeology 30 (2), 151-164.
Silva, P.G. *et al.* (2008): Transition from alluvial to fluvial systems in the Guadalentín Depression (SE Spain) during the Holocene: Lorca Fan versus Guadalentín River. Geomorphology, 100, 144–153.
Lull, V. *et al.* (2014): The La Bastida fortification: New light and new questions on early Bronze Age societies in the western Mediterranean. Antiquity, 88, 395–410.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
ARQ 002BC 1550 Tira del Lienzo, Totana. MU	1°29'2.90"W	37°47'46"N	6.4 ± 0.1M*	≥ VIII	IX	IX	G	**Eastern Betic Cordillera (Zone 37)**

EVENT NO CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Ferrater *et al.* (2013); Ferrater *et al.* (2015)	**Event Type:**	**ANCIENT**

GENERAL DAMAGE: This ancient earthquake affected to the archaeological site of La Tira del Lienzo, a Bronze Age settlement (1990 – 1550 BC) linked to La Bastida de Totana Ancient site (located 7 km SO, near the present city of Totana), the largest fortied metropolis in the Western Mediterranean during the Late Bronze Age, informally known in the archaeological community as the "*Western Little Troy*". The structure of the damaged site consisted of a minimum of seven rectangular or trapezoidal houses/enclosures (each of c. 15–27 m²) around a larger rectangular central building (c. 90 m²) oriented NE-SW. These constructions was surrounded by a wall about 1.0 – 1.2 m wide enclosing an area of c. 750 m². Archaeological data indicates that this site constituted a small settlement used for administration and management of agricultural production, linked to La Bastida. The site was eventually abandoned between cal. 1600 to 1550 BC (as indicated by radiocarbon dates), but no signals of fire or war have been found at the site. The dry-set masonry walls (mortar-free irregular natural boulders) of the site were displaced several centimetres and the site probably destroyed, no-reconstructed again and eventually abandoned. The set of Earthquake Archaeological Effects (EAE) recorded in the site suggests a minimum EMS-98 Intensity ≥ VIII.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects REPORTED. The place is directly settled on the left-lateral Lorca-Alhama de Murcia Fault Zone (LAF), onto an elongated NE-SW pressure ridge. The ridge (35 m high) is topped by cemented alluvial fan deposits (mature calcrete surfaces or Km soil profiles) displaced and uplifted within the fault zone. This calcrete surface is affected by multiple NE-SW fractures, open ground-cracks and joints. Along the more prominent fractures left-lateral offset of 20-18 cm is recorded, as well as apparent surface uplift of centimetric scale (< 10 cm). It's a surface faulting case linked to apparent centimetric uplift. This suggests an IX ESI-07 intensity, the minimum one linked to ground surface ruptures out of volcanic areas.

☒ ***Surface ruptures (SR):*** *Left-lateral offset of c. 18 – 20 cm recorded along the trace of the NE-SW LAF, north of Totana (Totana – Alhama fault segment). The displacement affects to the rocky ground substratum (calcrete surface) and the NW-SE dry-set masonry walls of the archaeological site. The main displaced wall display an associated drag-fold indicating the dominant left-lateral kinematics of surface faulting.*

☒ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *Apparent differential uplift of 5– 8 cm occurs along the hanging wall (located NW) of the aforementioned surface rupture, indicating a secondary reverse kinematics on the fault zone (as testified by the occurrence of large pressure ridges).*

☒ ***Ground cracks (GK):*** *Ground cracks are arranged in a fracture system that crosses the entire archaeological site running parallel to the LAF. The main cracks affects the central building and some houses, extending outdoors along the whole hilltop of the site. These ground cracks are decametric in length and few cm to mm wide, and a large number of them show partial or complete thin calcrete coatings/fillings. This indicates that ground cracking was a recurrent process in this hilltop site before, and probably after, its occupation during the early Bronze Age. The largest ground cracks affecting the site appear as open cracks, in some cases 1–1.5 cm wide, and they are currently filled with recent soil material.*

☒ ***Archaeoseismic damage****: To the date, the site constitutes the oldest archaeoseismological record of Spain (Late Bronze Age). Three main EAEs are recorded in the site directly related to ground surface faulting: (1) laterally displaced (faulted and folded) dry-set masonry walls; (2) Widespread ground cracking affecting walls and the natural floor (calcrete surfaces) of the ancient buildings; (3) Broken wall-boulders by inter-block penetrative fractures affecting the lower part (remains) of the old dry stone walls. They are mainly present in NW-se oriented walls located in the hanging wall of the fault.*

☒ ***Geological Data:*** *This event constitutes an unknown ancient earthquake evidenced and analysed in the works of Ferrater* et al. *(2013; 2015). This is a case of surface faulting (c. 18-20 cm) clearly linked to the Totana-Alhama segment (23 km length) of the Lorca-Alhama de Murcia fault zone (LAF). Deformations and phases of activity and abandonment of the site are dated by ¹⁴C (Delgado-Raack* et al., *2014). Measured displacements indicate slip-rates between 0.024 – 0.039 mm/yr and a related seismic potential for this fault segment of 6.3 to 6.5 Mw. The recorded earthquake event is consistent with other paleoseismic events recorded in other segments of the LAF between cal. 1760 and 1900 B.C. (Ferrater* et al., *2015).* ***Quality of Geological Information: Class G.***

Research / Data compilation by: *Pablo G. Silva (USAL). Newly published 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
ARQ 002AC 1550 Tira del Lienzo, Totana. MU	1°29'2,90"O	37°47'46"N	6,4 ± 0,1M*	≥ VIII	IX	IX	G	**Cordillera Bética Oriental (Zona 37)**

EVENTO NO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN
Ref.: Ferrater *et al.* (2013); Ferrater *et al.* (2015)

Tipo de Evento | **ANTIGUO**

DAÑOS GENERALES: Este terremoto antiguo afectó al sitio arqueológico de La Tira del Lienzo, un asentamiento de la Edad del Bronce (1990 – 1550 AC) ligado al yacimiento de La Bastida de Totana (a unos 7 km al SO, en las cercanías de Totana). Esta representa la mayor metrópolis fortificada en el Mediterráneo occidental durante la fase final del Bronce en Iberia (Cultura de El Argar), conocida informalmente por la comunidad arqueológica como "La Pequeña Troya Occidental". El sitio dañado estaba constituido por un mínimo de siete casas (o habitáculos) de geometría rectangular o trapezoidal de unos 15-27 m² (cada uno) encerrando un edificio central principal de geometría rectangular de unos 90 m² orientado NE-SO. Todo el conjunto se encuentra rodeado por una muralla de 1,0 – 1,2 m de ancho perimetrando un área de unos 750 m². El lugar fue abandonado entre los años cal. 1600 a 1550 AC (según dataciones radiométricas) pero no se registran señales de incendios o batallas en sus restos arqueológicos. Los muros de mampostería al hueso (bloques irregulares sin mortero) registran un desplazamiento centimétrico a lo largo de la traza de una falla, el sitio fue probablemente destruido, no se reconstruyó y fue definitivamente abandonado. El conjunto de Efectos Arqueológicos de los terremotos (EAEs) registrado en este yacimiento arqueológico indican una intensidad mínima ≥ VIII EMS-98.

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios REGISTRADOS. El yacimiento se encuentra directamente situado sobre la traza de la Zona de Falla Lorca-Alhama de Murcia (LAF) sobre una loma de presión (35 m de altura) elongada en dirección NE-SO. Este relieve tectónico se encuentra culminado por depósitos de abanicos aluviales cementados (perfiles Km - calcretas maduras) deformados, fracturados y elevados en el interior de la zona de falla. Las calcretas constituyen la superficie del terreno (endurecida) que se encuentra afectada por múltiples fracturas y agrietamientos de dirección NE-SO subparalelos a la falla. A lo largo de las fracturas más importantes, se registra un desplazamiento sinestral de c. 18 – 20 cm así como desplazamientos verticales centimétricos (< 10 cm) del antiguo suelo del asentamiento del Bronce. Representa un caso de ruptura superficial del terreno que indica una intensidad IX ESI-07, la mínima necesaria para generar rupturas de falla primarias fuera de áreas volcánicas.

☒ ***Rupturas de Falla (SR):*** *Desplazamiento sinestral de c. 18-20m registrado a lo largo de la traza de la LAF (Segmento Totana-Alhama, 23 km). El desplazamiento afecta al sustrato rocoso del yacimiento (calcretas) y a los muros de mampostería al hueso de dirección NW-SE perpendiculares a la traza de la falla. El muro desplazado corresponde al edificio central principal y muestra un claro pliegue de arrastre indicando la cinemática dominante de desgarre sinestral.*

☒ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *Desplazamiento (elevación) vertical de 5 – 8 cm a lo largo del bloque levantado (NO) de la ruptura superficial descrita anteriormente. Indica una cinemática inversa secundaria en la zona de falla coherente con los datos estructurales existentes para la zona.*

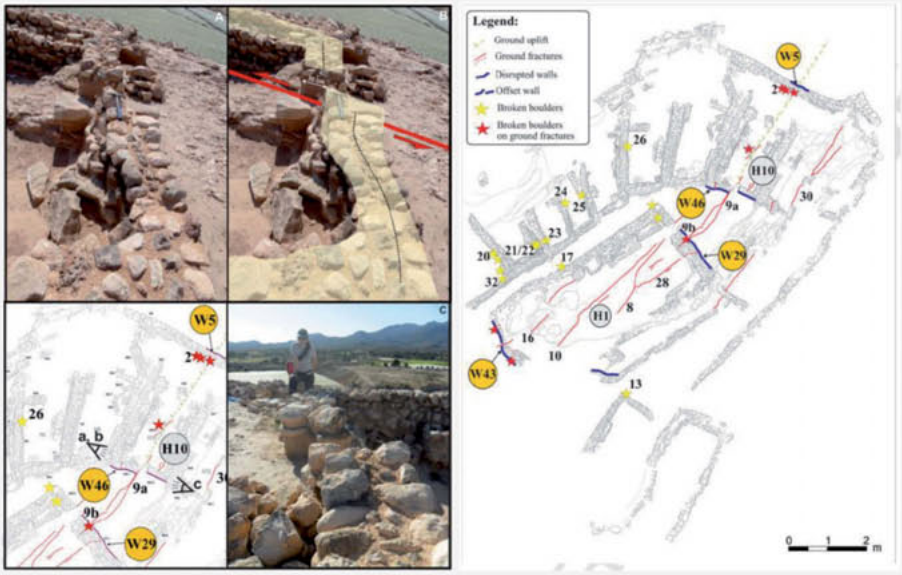
☒ ***Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Los agrietamientos se encuentran ensamblados en un sistema de fracturas que atraviesa el yacimiento arqueológico en dirección NE-SO paralelo a la LAF. Las fracturas principales afectan al edificio central y alguna de las casas desplazando sus estructuras murarias y extendiéndose a lo largo de toda la Loma de Presión. Las fracturas se presentan como agrietamientos de longitud decamétrica (c. 40 m) y anchuras de unos pocos centímetros a milímetros que, en la mayor parte de los casos, presentan rellenos o recubrimientos calcáreos. Esto indica que la fracturación del terreno fue un proceso recurrente en la cima de la loma tanto antes, como probablemente después de su ocupación en el Bronce final. Los agrietamientos mayores se presentan como fracturas abiertas (1,0 -1,5 cm de ancho) y, en muchos casos, rellenos de material edáfico reciente.*

☒ ***Daños Arqueosísmicos:*** *Hasta la fecha, este lugar constituye la evidencia arqueosismológica más antigua registrada en España (Edad del Bronce Tardía). Registra tres tipos de EAEs directamente relacionados con el proceso de ruptura de falla superficial que afecta al yacimiento: (a) Desplazamiento lateral (por fallas y pliegues) de muros de mampostería al hueso; (b) Múltiples agrietamientos del sustrato rocoso que afectan tanto a las paredes, como al suelo rocoso (calcreta) sobre el que se asientan (sin cimentar) las antiguas estructuras; (c) Bloques de muro rotos a lo largo de fracturas penetrativas (inter-bloque) que afectan al tercio inferior de las estructuras murarias preservadas. Estas fracturas se encuentran presentes en los muros de orientación NW-SE situados sobre el bloque levantado de la falla.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Este evento constituye un terremoto antiguo desconocido, descubierto y analizado por Ferrater* et al. *(2013; 2015). Representa un caso de ruptura superficial de falla (c. 18-20 cm) claramente relacionado con el segmento Totana-Alhama (23 km long.) de la zona de falla de Lorca-Alhama de Murcia LAF. Las deformaciones y fases de poblamiento y abandono del lugar han sido datadas por C^{14} (Delgado-Raack* et al., *2014). Los desplazamientos registrados indican tasas de desplazamiento netas de entre 0.024 – 0.039 mm/a, así como un potencial sísmico de 6.3 to 6.5 Mw para este segmento de falla. La edad del terremoto es consistente con otros eventos paleosísmicos registrados en otros segmentos de la LAF entre cal. 1760 y 1900 AC.* ***Calidad de la Información Geológica: Clase G.***

Investigación / Compilación de la información: *Pablo G. Silva (USAL). Publicado en 2017.*

IMAGEN EVENTO



Planimetría del yacimiento indicando las rupturas superficiales más significativas y fracturas penetrativas en los bloques de piedra. Fotos ilustrando los desplazamientos horizontales (c. 20 cm) que afectan a los edificios del yacimiento (Ferrater *et al.*, 2015).

HST 001AC 800: PIRINEOS (Alto Ampurdán; Gerona). 800 – 9000? AC — HISTÓRICO

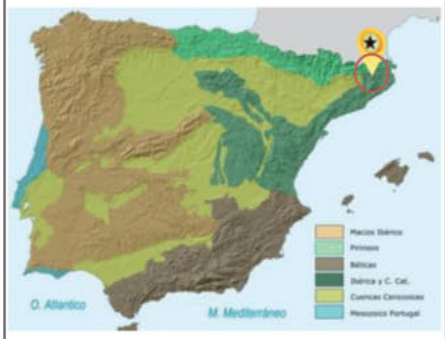
FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
800 – 9000? AC	-	2°31'50"E	42°9'10"N	-	-	-	≥VIII	D_0	C	C	Pirineos Orientales, Alto Ampurdán (Gerona)

Método de datación:	CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Sánchez Navarro-Neumann (1921); Galbis (1932)							**Tipo Evento:**	HST
Prof. km	-	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**M_0**	-	**Eventos asociados**		**Agencia:**	IGN
EEE Primarios	SIN DATOS	**Longitud Falla**	-	**Desplazamiento**	-			**Tipo Desp.:**	SIN DATOS
EEE Secundarios	SÍ	**Categoria ESI07**	☒GK ☐SM ☐LQ ☐HD ☐HA ☐WA ☐TS					**Área afectada:**	SIN DATOS
Otros EEE Ambientales	NO	☒ OTROS EFECTOS (OT): Posible Erupción Volcánica (≤ 9.000 AC) en la zona volcánica de La Garrotxa (Croscat) que pudiera ocasionar los legendarios incendios de los Pirineos narrados por los autores griegos y romanos clásicos.							
EAE Efectos Arqueosismológicos	NO	☐ EAEs: Sin datos.							

Documentación IGN 2002: 165, 166, 275, 405, 504, 545, 1051

Referencias bibliográficas básicas:

Blázquez, J.M. (1988): El papel de los Pirineos según las fuentes clásicas. Actas Congreso Internacional de Historia de los Pirineos. Cervera 1988. Madrid, 1991, pp. 37-75.
Bolós, X. *et al.* (2014): Volcanic stratigraphy of the Quaternary La Garrotxa Volcanic Field (north-east Iberian Peninsula). Journal Quaternary Science, 29(6), 547-560.
Galbis Rodríguez, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5° E y 20° W de Greenwich y los paralelos 45° y 25° Norte. Instituto Geográfico Catastral y de Estadística, Madrid.
Martínez Solares, J.M. y Mezcua, J. (2002): Catálogo Sísmico de la Península Ibérica (880 a.C. – 1900). Monografías IGN, 18. IGN, Madrid (Spain), 253 pp.
Montes *et al.* (2006): El Epipaleolítico macrolítico en Aragón en el contexto del Valle del Ebro y la Cataluña costera". En: A. Alday Ruiz (ed.). Diputación Foral de Álava. Álava: 193-217.
Moreira de Medonça, J.J. (1758): Historia Universal dos Terremotos. Offic. Antonio V. Da Silva, Lisboa.
Sánchez Navarro-Neumann, M. (1921): Lista de los terremotos más notables sentidos en la península Ibérica desde los tiempos más remotos, hasta 1917, pp. 11-65.
Soler, J., Serangeli, J. (2010): Les Ocupacions al Cau de Les Guilles de Roses des del Magdalenià Fins al'Edat del Bronze. CYPSELA 18, 2010, 79-92.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 001BC 800 Pyrenees, Alto Ampurdán	2°31'50"E	42°9'10"N		-	-	≥VIII	C	Eastern Pyrenees (Zone 22)

EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Sánchez Navarro-Neumann (1921), Galbis (1932), Martínez Solares y Mezcua (2002)	**Event Type:**	**HISTORIC**

GENERAL DAMAGE: Represent the oldest earthquake listed in the conventional Spanish seismic catalogues (Martínez Solares y Mezcua, 2002). The original descriptions come from the "General Chronicle of Spain" written by Florián de Ocampo in the AD 1553 by order of the old king of Spain Carlos I. These chronicles report the occurrence of the Great Mythic Wildfires occurred in the Eastern Pyrenees (NE Spain) in c. 880 BC. The wildfires was so intense and long-lived that triggered the melting of the bedrock producing streams of molten silver which flow over the ancient ground surface, but also were introduced into the deep along large ground cracks. The chronicle indicate that the mythic wildfires should occur in the environs of Cape Creus at the eastern end of the Monte Pyreneo. This mythic legend came from the ancient texts of Greek and Roman authors (*Herodotus, Aristotle, Strabo, Posidonius, Diodorus Siculus*, as well as the *Ora Maritima of Avienus and the anonymous Pseudo Aristotle*) which record the presence of a small coastal locality called *"Pyrene"* in Cape Creus. The name of the locality came from the ancient Greek root *"pyr"* (Fire) which, following the classic authors, reefers to the mythic wildfires of the Pyrenees which devastated this zone of the cordillera in the antiquity (Blázquez García, 1991), also referred as the "Pseudo Aristotle Wildfires". The occurrence of great ground-cracks is the only data which allow to relate this legend with an earthquake, but was included in the first seismic catalogues of the Península Ibérica (Moreira de Mendonça, 1758) and preserved in successive updating by Sánchez Navarro-Newman (1921), Galbis (1936) and eventually Martínez Solares and Mezcua (2002). However Sánchez Navarro-Newman (1921) clearly indicate that, if really occurred, the wildfires and the streams of molten silver fit better to the description of a volcanic eruption, and state that could be related to the Pleistocene volcanic field of La Garrotxa (Alto Ampurdán) in NE Spain, but the theoretical Pleistocene age of the volcanic activity of that zone seemed too old to be placed in the 880 BC. Which is sure, is that the ancient coastal place of *"Pyrene"* is firstly documented in the Ora Maritima of *Avienus* and consequently the mythic fires should occur before the 6th century BC, date of the Phoenician sailing in which is based the story by *Avienus*.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: The most complete description of the Legend of the Mythic Wildfires of the Pyrenees was written by Diodorus Siculus in the 1st Century BC (Bibliotheca Historica) transcribed from older original texts of Timeus, Aristotle or Herodotus for the 5 – 6th centuries BC (Blázquez García, 1991). The Legend says: "*In past times some shepherds lit a fire and burned the entire mountains. As the wildfire lasted without interruption for many days, the bedrock was calcined and molten (this fact is the reason that these mountain are famous with the name of Pyrenata). This resulted in the overflowing of molten silver on the ground surface, which ran constituting numerous streams of pure molten silver. The value of this metal was unknown by the natives, and the Phoenicians, who was trading around these territories, knowing the successes, bought the silver to the natives by trash…*" Moreira de Mendonça (1758) added to the story that "*during the year 881 BC happened an extraordinary success in the Pyrenees, the ancient relates say that the entire mountains were burned, penetrating the fire beneath the ground surface, appearing streams of molten silver*". Sánchez Navarro-Newman (1921) and Galbis (1932) highlight that only a volcanic eruption or a strong earthquake will explain the ancient relates. In detail Sánchez Navarro-Newman (1921) indicates "*although is possible that the humans would see run the lava flows of the Olot volcanoes (near the zone), these age of these volcanoes seems to be much older*". In any case the occurrence of this event is very doubtful, since the original story by Diodoro clearly is related with a mythic explanation of the origin of the ore deposits in NE Spain which were trading by Phoenicians and Greeks. However, will be possible that a very ancient volcanic eruption in the zone of Olot will be supporting the legend. The younger volcanic activity in the Olot area is dated in 11,500 ± 1,500 BP (Croscat Volcano), which is related with a NW-SE fault (Martí, 2002) and the deposits are covered by younger phreatomagmatic deposits of Holocene age, possibly < 9.000 BC (Bolós *et al.*, 2012). Archaeological data indicate that the zone has a nearly continuous occupation since the Mesolithic times (Magdalenian) to the 900 BC, before the arrival of Phoenician and Greeks (Montes *et al.*, 2013).

☒ ***Ground cracks (GK):*** *Large ground-cracks opened and molten silver flows (lava flows?) within the terrain giving place to the extensive ore deposits in the zone.*
☒ ***Other effects:*** *Pausible strombolian eruption in the volcanic área of Olot (Croscat volcano). Tecto-volcanic events?*

☒ ***Geological Data:*** *There is any geological record of this ancient event. All the data on this earthquake come from the ancient chronicles reported by Florián de Ocampo (1553) based on Greek and Roman authors. Very doubtful event .**Quality of Geological Information: Class C.***

Research / Data compilation by: *Pablo G. Silva (USAL). Newly published 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 001AC 800 Pirineos, Alto Ampurdán	2°31'50"E	42°9'10"N		-	-	≥VIII	C	**Pirineos Orientales (Zona 22)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN Ref.: Sánchez Navarro-Neumann (1921):Galbis (1932), Martínez Solares y Mezcua (2002)	**Tipo de Evento**	**HISTÓRICO**

DAÑOS GENERALES: Representa uno de los terremotos históricos más antiguos incluidos en el Catálogo del IGN (Martínez Solares y Mezcua, 2002). La Crónica General de España de Florián de Ocampo (1553) escrita por Orden del nuevo monarca español Carlos I de España y V de Alemania documenta que quinientos años antes de Cristo (500 AC) ocurrieron en España terribles terremotos tanto en Andalucía como en Los Pirineos (que aquí se documenta) que destruyeron muchas casas y murallas (cercas) en multitud de pueblos. No se hace mención a alguna localidad en concreto pero, varios párrafos más adelante, en el mismo capítulo indica que lo sucedido en los Pirineos debió de ocurrir en el entorno del Cabo de Creus. Todo ello se relata en el contexto de cómo los griegos de *Masalia* (Marsella), y también los comerciantes Fenicios (Blázquez Martínez, 1991), tuvieron acceso a los yacimientos de metal (concretamente plata) del Alto Ampurdán y se establecieron en las costas de Girona, fundando la ciudad de *Emporiom* en el Siglo VI AC (Ampurias; 575 AC). Según las fuentes clásicas griegas y romanas (Herodoto, Aristóteles, Estabón, Posidonio, Diodoro, así como la Ora Marítima de Avieno) se documenta la existencia de una localidad costera denominada *"Pyrene"* en el Cabo de Creus. El nombre de la población proviene de la raíz griega *"Pyr"* (Fuego) que, según los autores clásicos, hace referencia al mítico incendio que asoló esta zona de los Pirineos en la antigüedad y que, dada su larga duración e intensidad, hizo brotar de la tierra los ríos de plata que, posteriormente, pusieron al descubierto los grandes agrietamientos producidos por el terremoto que aquí se documenta. Todo ello queda recogido en los primeros catálogos de Terremotos que se realizaron en España (p.ej. Sánchez Navarro-Newman, 1921; Galbis, 1932) que beben de las obras de Florián de Ocampo (1553) y Moreira de Mendonça (1758) y fechan el gran incendio pirenaico en el año 880 AC. No obstante, esta fecha es muy dudosa, ya que el relato más completo del mítico incendio proviene del historiador romano *Posidonio* que atravesó los Pirineos durante las Guerras Sertorianas del NE de Hispania (79 – 72 AC) y que posteriormente difunde *Diodoro Siculo* en su obra *"Bibliotheca Historica"* (Siglo I AC). El relato de *Diodoro* indica que el devastador incendio ocurrió en la antigüedad, sin fechar. Dado que el relato está presente en numerosas obras antiguas puede que *Posidonio* se basará en relatos más antiguos de los siglos IV y V AC producidos por *Timeo* (352 – 256 AC), *Aristóteles* (384 – 322 AC) o *Herodoto* (484 – 425 AC). Lo que es seguro, es que la ciudad de *Pyrene* es citada con ese nombre en la *"Ora Maritima"* de *Avieno* y por tanto es anterior al siglo VI AC, fecha del periplo marítimo púnico en que se basa esta obra (Blázquez Martínez, 1991).

DAÑOS AMBIENTALES: La descripción original más completa de los legendarios incendios de los Pirineos proviene del historiador romano Diodoro Siculo (Siglo I AC) que la transcribió de fuentes más antiguas de los siglos VI – V AC (Herodoto, Timeo, Aristóteles). La leyenda traducida del latín por Blázquez García (1991) dice así: *«Hemos discurrido ya sobre las cosas concernientes a los iberos. Ahora nos parece oportuno tratar de las minas de plata que se encuentran entre ellos. Esta tierra tiene minas de plata que la suministran en cantidad y calidad excelente… en los montes de Iberia, llamados Pyrenaia. Estos… tienen muchos bosques y espesas selvas. Y dícese a este propósito que en tiempos pasados unos pastores encendieron fuego y toda la zona montañosa ardió por entero. Como el fuego duró sin interrupción muchos días, se calcinó el suelo (este hecho es la razón de que tales montañas sean famosas con el nombre de Pyrenata), lo que dio lugar a que en la región afectada por el incendio brotase a la superficie el mineral argênteo fundido, el cual corrió formando numerosas corrientes de plata pura. El valor de este metal era desconocido por los indígenas; por ello los fenicios, que por su comercio tenían tratos con estas tierras, conocedores de lo ocurrido, compraron la plata a cambio de pacotilla. Así, pues, llevándola a Hellas, a Asia y a los demás pueblos, lograron los fenicios hacer pingües fortunas. A tanto llegó su afán de lucro que, después de llenar sus navíos de plata, como aún quedase mucha en tierra, sacaron el plomo de sus anclas sustituyéndolo por plata»*. A este relato original de Diodoro, Moreira de Mendonça, en su Historia Universal dos Terremotos (1758) añade: *«que en el año 881 AC ocurrió en el Pirineo un suceso extraordinario, dicen las narraciones que ardieron aquellos montes, penetrando el fuego en las entrañas de la tierra, que manaron corrientes de plata»*. Tanto Sánchez Navarro-Neumann (1921) como Galbis (1932) indican que solo como efecto de un terremoto o erupción volcánica podrían explicarse estos hechos. En detalle Navarro-Neumann hace la siguiente observación: *«Las lavas de los volcanes de Olot, aunque es muy posible las hayan visto correr seres humanos, parecen muy anteriores a la fecha citada»*. En cualquier caso, este terremoto es muy dudoso, ya que el relato original de Diodoro explícitamente nos lleva a la explicación legendaria de los míticos yacimientos de Plata del NE de Iberia que explotaban fenicios y griegos, que los ríos de plata penetraran en la tierra solo se incluye para explicar los diques y vetas de plata y galena que explotaban en la antigüedad. No obstante, bien pudiera ser que una antiquísima erupción volcánica en la zona de Olot sustentara esta leyenda.

Sánchez Navarro-Neumann (1921), indica que lo ocurrido en el 880 AC podría relacionarse con una erupción volcánica de la zona de Olot, aunque duda que el vulcanismo de la zona sea tan reciente como para haber sido el hombre testigo del mismo. El episodio volcánico más reciente de la zona está relacionado con los volcanes del Croscat y Sta. Margarida (Santa Pau, Girona) datada en 11.000±1.500 BP (c. 9.500 AC como más moderno) que corresponde a la actividad fisural del Turó de La Pomereda (Martí, 2002). Según este autor, estos tres edificios volcánicos se encuentran alineados a favor de una falla de dirección NW-SE a la que se superpondrían los depósitos freatomagmáticos del volcán Rocanegra de edad Holocena (< 9.000 AC) constituyendo el episodio volcánico más reciente de la Península Ibérica (Bolós *et al.*, 2014). Con mucha probabilidad, de estas últimas erupciones fueran testigo las poblaciones humanas de la zona, ya que se encuentran vestigios ininterrumpidos en la zona desde el Magdaleniense final (c. 9.000 AC) hasta el comienzo de la Edad del Bronce en la zona (c. 900 AC), como se documenta en diversos yacimientos epipaleolíticos del Alto Ampurdán (Montes *et al.*, 2013) y en yacimiento de Cau de les Guilles situado en el Cabo de Creus (Soler y Serangeli, 2010). Así pues, un posible incendio ocasionado por coladas de lava (ríos de plata) pudo ser tan intenso que quedara grabado en la memoria histórica colectiva (el incendio sobrepasaría las dimensiones históricas, espaciales y temporales de la posible erupción) y fue trasladado a la mitología de la zona. En este caso, también probablemente, la erupción volcánica también viniera acompañada de intensa actividad sismo-volcánica, ya que la actividad fundamental de la zona de La Garrotxa es fundamentalmente, monogenética y estromboliana (Martí, 2002). Por estas razones, extendemos la edad del posible evento sísmico hasta el c. 9.000 AC y situamos tentativamente el suceso en el Croscat a unos 50 km de distancia del Cabo Creus, en cuyas cercanías sitúan los relatos históricos los hechos que aquí se analizan.

☒ ***Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Grandes grietas se abrieron en el terreno por las que penetraron las corrientes de plata (¿lava?) fundida que dieron lugar a los yacimientos minerales de la zona.*

☒ ***Otros Efectos:*** *Posible erupción estromboliana en la zona volcánica de La Garrotxa (Volcán del Croscat). Eventos sismo-volcánicos.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *No existe ningún dato geológico que apoye la ocurrencia de un evento sísmico en los pirineos en el 880 AC. Si bien pudiera tratarse de la última manifestación de la zona volcánica de La Garrotxa, pero sería mucho más antigua citándose en el 9.000 AC (edad más reciente del volcanismo de la zona). Evento muy dudoso.* ***Calidad de la Información Geológica: Clase C.***

Investigación / Compilación de la información: *Pablo G. Silva (USAL). Publicado en 2017.*

IMAGEN EVENTO



Imágenes de la zona Volcánica de Olot (La Garrotxa) donde pudieron producirse los hechos legendarios que narran las crónicas históricas

HST 001AC 575: PIRINEOS (Alto Ampurdán; Gerona). 575 - 500 AC											HISTÓRICO	
FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO	
575 - 500 AC	-	2°46'12"E	42°20'39"N		-	-	≥VIII	D_0	C	C	Pirineos Orientales, Alto Ampurdán (Gerona)	
Método de datación:		CATALOGADO Ref. Bib.: Sánchez Navarro-Neumann (1921); Galbis (1932); Martínez Solares y Mezcua (2002)									Tipo Evento:	HST
Prof. km	-	±EZ	-	±EH-	-	M_0	-	Eventos asociados			Agencia:	IGN
EEE Primarios		SIN DATOS		Longitud Falla	-		Desplazamiento	-			Tipo Desp.:	SIN DATOS
EEE Secundarios		SÍ		Categoria ESI07	☒GK ☒SM ☐LQ ☐HD ☐HA ☐WA ☐TS						Área afectada:	SIN DATOS
Otros EEE Ambientales		NO		☐ OTROS EFECTOS (OT): Sin datos								
EAE Efectos Arqueosismológicos		NO		☐ EAEs: Sin datos								

Documentación IGN 2002: 165, 166, 275, 405, 504, 545, 1051

Referencias bibliográficas básicas:

Blázquez, J.M. (1991): El papel de los Pirineos según las fuentes clásicas. Actas Congreso Internacional de Historia de los Pirineos. Cervera 1988. Madrid, 1991, pp. 37-75.
Galbis Rodríguez, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5° E y 20° W de Greenwich y los paralelos 45° y 25° Norte. Instituto Geográfico Catastral y de Estadística, Madrid.
Martínez Solares, J.M., Mezcua, J. (2002): Catálogo Sísmico de la Península Ibérica (880 a.C. – 1900). Monografías IGN, 18. IGN, Madrid (Spain), 253 pp.
Moreira de Mendonça, J.J. (1758): Historia Universal dos Terremotos... Offic. Antonio V. Da Silva, Lisboa. 275 pp.
Rafel, N. *et al.* (2014): Nuevos datos sobre la minería pre y protohistórica en Cataluña. CPAG 24, 2014, 147-166.
Rovira i Hortalá, M.C. (1992): Recursos minerals i producció metal lúrgica a l'Empordà durant la protohistória. 311 -318.
Sánchez Navarro-Neumann, M. (1921): Lista de los terremotos más notables sentidos en la península Ibérica desde los tiempos más remotos, hasta 1917, pp. 11-65.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)	
HST 001BC 575 Pyrenees, Alto Ampurdán	2°46'12"E	42°20'39"N		-	-	≥VIII	C	Eastern Pyrenees (Zone 22)	
EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Sánchez Navarro-Neumann (1921); Galbis (1932); Martínez Solares y Mezcua (2002)								Event Type:	HISTORIC

GENERAL DAMAGE: Represent one of the oldest earthquakes listed in the Spanish seismic catalogues. The original descriptions come from the "General Chronicle of Spain" written by Florián de Ocampo in the AD 1553 by order of the old king of Spain Carlos I. These chronicles report the occurrence of strong earthquakes during the year 500 BC affecting to Andalucía and the Pyrenees (documented in this file) where many houses and walls were destroyed in most localities of the affected areas. The chronicles indicate that facts occurred in the Pyrenees should occur in the environs of Cape Creus, this is near the ancient Greek town of *Emporiom* (575 BC). In fact, the narration of the earthquakes is in the context of how the Greeks of the ancient Masalia (Marsella; France), but also the Phoenicians, arrived to NE Spain (Alto Ampurdán; Gerona), founded the city of *Emporiom*, and mined the metallic ore deposits of the zone, mainly silver, from the 6th century BC (Blázquez Martínez, 1991). Most of the ancient texts of Greek and Roman authors (*Herodotus, Aristotle, Strabo, Posidonius, Diodorus Siculus*, as well as the *Ora Maritima of Avienus* or the *Anonymous Pseudo Aristotle*) record the presence of a small coastal locality called *"Pyrene"* in Cape Creus. The name of the locality came from the ancient Greek root *"pyr"* (Fire) which, following the classic authors, reefers to the mythic fire of the Pyrenees which devastated this zone of the cordillera in the antiquity, so called the *"Pseudo Aristotle Wildfires of the Pyreneans"*. The intensity and long duration of the fires triggered the melting of the rocks and the occurrence of streams of molten silver, which were unearthed by the great ground cracks produced by the earthquake occurred between 575 and 500 BC, the oldest date corresponding to the foundation of the Greek city of *Emporion* in NE Spain. The Great Fire of the Pyrenees is considered as related to the oldest earthquake listed in the Spanish catalogue, dated in the 880 BC. Which is sure, is that the ancient coastal place of *"Pyrene"* is firstly documented in the Ora Maritima of *Avienus* and consequently the mythic fires should occur before the 6th century BC, date of the Phoenician sailing in which is based the story by *Avienus*.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: The original description in Florián de Ocampo (1553) relates the following: *"five hundred years before the advent of our lord God strong earthquakes struck the littoral areas of the Iberian Peninsula, especially in Andalucía and the Pyrenees... And they were so shocking that many houses and walls of cities were destroyed, many rivers shifted their courses and some mountains and hills moved to different locations of their original place as a consequence of the shaking. Large ground cracks were open in the ground... among them was especially significant that occurred near the zone where in previous centuries the legendary fires of the Pyrenees mountains took place giving place to large streams of molten silver and rocks. There is memory of such streams of molten rocks overflow the past ground level, but also other were introduced as veins or channels underground, and after the fires terminated the silver streams solidified and were covered by some mud. But, as the earthquakes occurred this year (500 BC) were so strong and continuous, the mountains were cracked coming to light the large piles of silver produced by the antique fires... These facts seem to occur around the Creus Cape near the Mediterranean sea, where the Pyrenees mountains terminates and most of the ancient stories tell to have occurred the ancient fires"*. Given credit to these ancient relates, it will be clear that about the years 575 – 500 BC (after the foundation of *Emporiom*) at least a strong earthquake took place in the zone triggering in noticeable slope movements and ground cracks. These effects uncovered the ancient solidified silver and metal streams produced by the mythic fires. Considering that the protohistoric ore mining (Iron, Galen and Silver) in the zone was focused on the right margins of the Muga river headwaters (Rovira i Hortalá, 1992), we are placed the hypothetical macroseismic epicenter in one of the protohistoric ore mining sites of the zone. This corresponds to the El Camp de la Mina in Montdevá (Sant Llorenç de Muga), but the epicenter could be located in a radius of c. 15 km where other protohistoric mining places (Boadella, Llers, Darnius, etc.) are located. However, the more ancient silver mining sites documented in the zone of Alto Ampurdán were placed in the hinterland of the city of *Emporiom*, as is the case of Can Xac or Vilanera in the lower basin of the Muga river (Rafel *et al.*, 2014).

☐ ***Surface ruptures (SR) and Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☒ ***Ground cracks (GK):*** *Reported.*
☒ ***Slope movements (SM):*** *Reported.*

☐ ***Geological Data:*** *There is any geological record for this ancient event. All the data on this earthquake come from the ancient chronicles reported by Florián de Ocampo (1553) based on Greek and Roman historians. Very doubtful event.* ***Quality of Geological Information: Class C.***

Research / Data compilation by: *Pablo G. Silva (USAL). Newly published 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 001AC 575 Pirineos, Alto Ampurdán	2°46'12"E	42°20'39"N		-	-	≥VIII	C	Pirineos Orientales (Zona 22)

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN Ref.: Sánchez Navarro-Neumann (1921); Galbis (1932); Martínez Solares y Mezcua (2002)	Tipo de Evento	HISTÓRICO

DAÑOS GENERALES: La Crónica General de España de Florián de Ocampo (1553) escrita por Orden del nuevo monarca español Carlos I de España y V de Alemania documenta que quinientos años antes de Cristo (500 AC) ocurrieron en España terribles terremotos tanto en Andalucía como en Los Pirineos (que aquí se documenta) que destruyeron muchas casas y murallas (cercas) en multitud de pueblos. No se hace mención a alguna localidad en concreto, pero varios párrafos más adelante en el mismo capítulo, indica que lo sucedido en los Pirineos debió de ocurrir en el entorno del Cabo de Creus. Todo ello se relata en el contexto de cómo los griegos de *Masalia* (Marsella), y también los comerciantes Fenicios (Blázquez Martínez, 1991), tuvieron acceso a los yacimientos de metal (concretamente plata) del Alto Ampurdán y se establecieron en las costas de Girona, fundando la ciudad de *Emporiom* en el Siglo VI AC (Ampurias; 575 AC). Según las fuentes clásicas griegas y romanas (Herodoto, Aristóteles, Estabón, Posidonio, Diodoro, así como la Ora Marítima de Avieno o los tratados anónimos denominados Pseudo Aristóteles) se documenta la existencia de una localidad costera denominada *"Pyrene"* en el Cabo de Creus. El nombre de la población proviene de la raíz griega *"Pyr"* (Fuego) que, según los autores clásicos, hace referencia al mítico incendio que asoló esta zona de los Pirineos en la antigüedad, también denominados *"Incendio Pseudo Aristotélico del Pirineo"* incluidos en el libro *"sobre hechos maravillosos oidos"* (*De mirabilibus auscultationibus*) que contiene un núcleo de material antiguo (siglos IV – VI AC) de época helenística. Según los relatos, dada la larga duración e intensidad de los incendios, la tierra se fundió brotando ríos de plata que, posteriormente, pusieron al descubierto los grandes agrietamientos producidos por el terremoto del 500 AC que aquí se documenta. Todo ello queda recogido en los primeros catálogos de Terremotos que se realizaron en España (p.ej. Sánchez Navarro-Neumann, 1921; Galbis, 1932) que beben de las obras de Florián de Ocampo (1553) y Moreira de Mendonça (1758) y fechan el gran incendio pirenaico en el año 880 AC. No obstante, esta fecha es muy dudosa, ya que el relato más completo del mítico incendio proviene del historiador romano *Posidonio* que atravesó Los Pirineos durante las Guerras Sertorianas del NE de Hispania (79 – 72 AC) y que posteriormente difunde *Diodoro Siculo* en su obra *"Bibliotheca Historica"* (Siglo I AC). El relato de *Diodoro* indica que el devastador incendio ocurrió en la antigüedad, sin fechar. Dado que el relato está presente en numerosas obras antiguas, puede que *Posidonio* se basará en relatos más antiguos de los siglos IV y V AC producidos por *Timeo* (352 – 256 AC), *Aristóteles* (384 – 322 AC) o *Herodoto* (484 – 425 AC) incluidas en el *Pseudo Aristotle*. Lo que es seguro es que la ciudad de *Pyrene* es citada con ese nombre en la *"Ora Maritima"* de *Avieno* y, por tanto, es anterior al siglo VI AC, fecha del periplo marítimo púnico en que se basa esta obra (Blázquez Martínez, 1991).

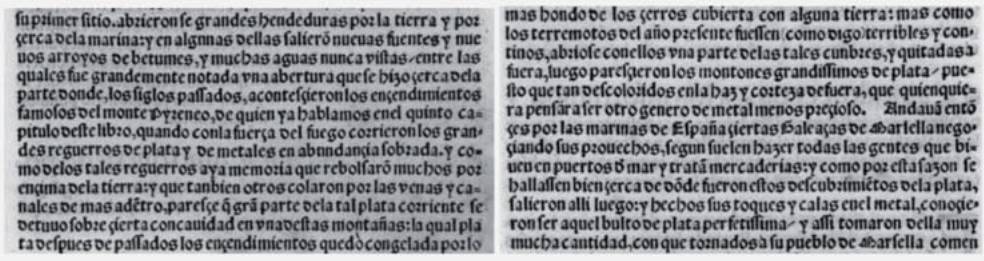
DAÑOS AMBIENTALES: La descripción original en Florián de Ocampo indica que: *"quinientos años cabales antes del advenimiento de nuestro Señor Dios vinieron grandes terremotos en toda la costa de mar… Y fueron tan espantosos que muchas casas y cerca de lugares cayeron, muchos ríos corrieron por otras partes diversas de las que solían. Algunos montes y collados bien crecidos se mudaron a diversos lugares, que con la fuerza de los temblores los arrojaban y sacudían de su primer sitio. Abrieronse grandes hendeduras en la tierra… Entre las cuales fue grandemente notada una abertura que se hizo cerca de la parte donde, los siglos pasados, acontecieron los encendimientos famosos del Monte Pyreneo, cuando con la fuerza del fuego corrieron los grandes regueros de plata y de metales en abundancia sobrada. De los tales regueros hay memoria de que rebosaron muchos por encima del terreno y otros colaron por las venas y canales de su interior y la cual plata corriente quedo congelada después de los encendimiento y por lo mas hondo de los cerros cubierta con alguna tierra. Mas como los terremotos del año presente fuesen (como digo) terribles y continuos, abriose con ellos parte de tales cumbres y aparecieron luego los montones grandísimos de plata… Esto parece ser que vino a ser hacia la punta de Creus, sobre nuestro mar mediterráneo, donde fenecen los Montes Pyrineos, en el que todas las más historias dicen haber sido los encendimientos antiguos"*. Dando todo esto por cierto, quedaría claro que sobre el 575 – 500 AC (Fundación de *Emporiom*) ocurrió al menos un terremoto importante en la zona del Alto Ampurdán cerca del asentamiento griego de Ampurias, que resultó en grandes desprendimientos y agrietamientos del terreno que pusieron al descubierto grandes afloramientos y diques metalíferos. Dado que la extracción protohistórica de metales (Hierro, Galena y Plata) en el Alto Ampurdán se focaliza sobre la margen derecha de la Cabecera del Río Muga (Rovira i Hotalá, 1992), hemos situado tentativamente el terremoto sobre uno de los yacimientos protohistóricos de Galena de la zona, en el Camp de la Mina de Montdevá (Sant Lorenç de Muga), aunque podría estar localizado en un radio de 15 km en los de las localidades de Boadella, Llers, Darnius, etc., de los que también se extraía galena y plata (Rovira i Hortalá, 1992). No obstante, los yacimientos de plata más antiguos documentados hasta la fecha en el Alto Ampurdán se encuentran en las cercanías de la antigua Ampurias, como son Can Xac, Vilanera ya en la cuenca baja del Río Muga (Rafel *et al*., 2014). El terremoto que aquí se documenta (500 AC) es dudoso, pero pudo probablemente ocurrir y quedar en la memoria histórica de los Griegos que fundaron *Emporiom* en el 575 AC. Por tal motivo se incluye en el catálogo, aunque hay que considerar que todo el relato en el que aparece mencionado, en la obra de Florián de Ocampo (1553), se realiza en función de explicar el descubrimiento de los yacimientos minerales (plata, hierro, galena, etc.) por parte de fenicios y griegos en el siglo VI AC y su comercio y asentamiento en la zona. La mayor parte de los asentamientos indígenas pre-grecofenicios desaparecieron con los nuevos asentamientos que introdujeron la "Edad del Hierro" en la zona y terminaron con la antigua economía indígena proto-metalúrgica de la Edad de Bronce (Rafel *et al*., 2014). Aunque los antiguos escritos hacen hincapié en la explotación o comercio de la plata por parte de griegos y fenicios, la verdad es que estaban más interesados en los yacimientos de hierro, además más numerosos en la zona. En cualquier caso, es Florián de Ocampo la fuente original, todas las demás citas incluidas en Martínez Solares y Mezcua (2002) son catálogos que citan a otros catálogos.

☐ ***Rupturas de Falla (SR) y Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☒ ***Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Grandes grietas se abrieron en el terreno descubriendo los yacimientos minerales (de plata) generados durante el supuesto terremoto del 880 AC.*
☒ ***Movimientos de Ladera (SM):*** *Los montes y collados se mudaron de lugar… Se da a entender la existencia de grandes deslizamientos acompañando al terremoto.*
☐ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *Sin datos.*
☐ ***Anomalías Hidrogeológicas (HD; HA):*** *Sin datos.*
☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (7 TS):*** *Sin datos.*
☐ ***Otros Efectos:*** *Sin datos.*
☐ ***Efectos Arqueosismológicos:*** *Sin datos.*

☐ ***Datos Geológicos:*** *No existe ningún dato geológico que apoye la ocurrencia de un evento sísmico en los Pirineos en la antigüedad. Es uno de los clásicos terremotos históricos recogidos en los catálogos sísmicos de la Península Ibérica, pero sin ningún tipo de dato geológico que apoye su existencia. Basado en la Crónica General de España de Florián de Ocampo (1553) y relatos de historiadores de la Grecia y roma Clásica. Evento muy dudoso.* ***Calidad de la Información Geológica: Clase C.***

Investigación / Compilación de la información: *Pablo G. Silva (USAL). Publicado en 2017.*

IMAGEN EVENTO



su primer sitio. abrieron se grandes hendeduras por la tierra y por cerca de la marina: y en algunas dellas salieron nueuas fuentes y nueuos arroyos de betumes, y muchas aguas nunca vistas: entre las quales fue grandemente notada vna abertura que se hizo cerca de la parte donde, los siglos passados, acontecieron los encendimientos famosos del monte Pyreneo, de quien ya hablamos en el quinto capitulo deste libro, quando con la fuerça del fuego corrieron los grandes reguerros de plata y de metales en abundancia sobrada. y como de los tales reguerros aya memoria que rebolsaron muchos por encima de la tierra: y que tambien otros colaron por las venas y canales de mas adentro, paresce q̃ grã parte de la tal plata corriente se detuuo sobre cierta concauidad en vna destas montañas: la qual plata despues de passados los encendimientos quedò congelada por lo mas hondo de los cerros cubierta con alguna tierra: mas como los terremotos del año presente fuessen como digo terribles y continos, abrioſe con ellos vna parte de las tales cunbres, y quitadas a fuera, luego paresçieron los montones grandissimos de plata: puesto que tan descoloridos en la haz y corteza de fuera, que qualquiera pensara ser otro genero de metal menos precioso. Andauã entõces por las marinas de España ciertas Galeaças de Marsella negociando sus prouechos, segun suelen hazer todas las gentes que biuen en puertos de mar y tratã mercaderias: y como por esta sazon se hallassen bien cerca de dõde fueron estos descubrimiẽtos de la plata, salieron alli luego: y hechos sus toques y calas en el metal, conocieron ser aquel bulto de plata perfectissima: y assi tomaron della muy mucha cantidad, con que tornados à su pueblo de Marsella comen

Extracto del Libro II de Florián de Ocampo (1553) donde se documenta históricamente este terremoto.

HST 001AC 500: LITORAL ANDALUCÍA (Mar Mediterráneo). 570 - 500 AC HISTÓRICO

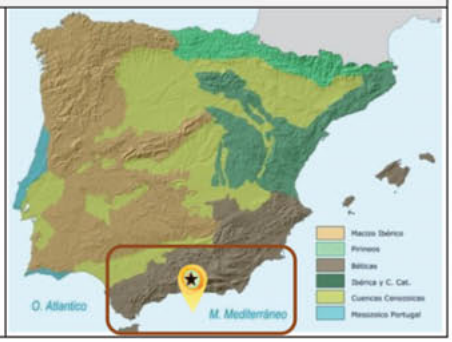
FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
570 - 500 *AC*	-	10°0'32"O	36°28'30"N		-	-	≥VIII	D_0	C	C	Litoral Andaluz Mar de Alborán, Mediterráneo

Método de datación:	CATALOGADO: Ref. Bib.: Sánchez Navarro-Neumann (1921); Galbis (1932); Martínez Solares y Mezcua (2002)							**Tipo Evento:**	HST
Prof. km	-	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**Mo**	-	**Eventos asociados**		**Agencia:**	IGN
EEE Primarios	SIN DATOS	**Longitud Falla**	-	**Desplazamiento**	-			**Tipo Desp.:**	SIN DATOS
EEE Secundarios	SÍ	**Categoría ESI07**	☒GK ☒SM ☒LQ ☐HD ☒HA ☒WA ☐TS					**Área afectada:**	SIN DATOS
Otros EEE Ambientales	NO	☐ OTROS EFECTOS (OT): Sin datos							
EAE Efectos Arqueosismológicos	NO	☐ EAEs: Sin datos							

Documentación IGN 2002: 165, 166, 275, 291, 335, 405, 426,504, 545, 687, 1042

Referencias bibliográficas básicas:

Aubet, M.E. (2009): *Tiro y las colonias fenicias de Occidente*. Ed. Bellaterra, Barcelona. 426 pp.
Florián de Ocampo, A. (1553): Crónica General de España (los cinco primeros libros), Medinaceli, Guillermo Mills. Capítulo XXXVII, Libro II, pág. 235.
Galbis Rodríguez, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5° E y 20° W de Greenwich y los paralelos 45° y 25° Norte. Instituto Geográfico Catastral y de Estadística, Madrid.
Martínez Solares, J.M. (2011): Sismicidad Pre-Instrumental: Los grandes terremotos históricos de la Península Ibérica. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 19 (3), 296 – 304.
Martínez Solares, J.M., Mezcua, J. (2002): Catálogo Sísmico de la Península Ibérica (880 a.C. – 1900). Monografías IGN, 18. IGN, Madrid (Spain), 253 pp.
Moreira de Mendonça, J.J. (1758): Historia Universal dos Terremotos... Offic. A. V. Da Silva, Lisboa. 275 pp.
Sánchez Navarro-Neumann, M. (1921): Lista de los terremotos más notables sentidos en la península Ibérica desde los tiempos más remotos, hasta 1917, pp. 11-65.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 001BC 500 Litoral Andaluz; Mediterrán	10°0'32"W	36°28'30"N		-	-	≥VIII	C	**Western Alboran Sea (Zone 40)**

EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Sánchez Navarro-Neumann (1921); Galbis (1932); Martínez Solares y Mezcua (2002)	**Event Type:**	**HISTORIC**

GENERAL DAMAGE: Represent one of the oldest earthquakes listed in the Spanish seismic catalogues. The original descriptions come from the "General Chronicle of Spain" written by Florián de Ocampo in the AD 1553 by order of the old king of Spain Carlos I. These chronicles report the occurrence of strong earthquakes during the year 500 BC affecting to the Pyrenees and the littoral of Andalucía (documented in this file) where many houses and city walls were destroyed in most localities of the affected areas. Regarding to the suspect event occurred in Andalucía any particular locality (or zone) is mentioned in the chronicles. However, for sure, by these dates one of the most important and antique sites in the affected littoral was the Phoenician locality of Gadir (Cádiz) founded in 1104 BC, eighty years after the fall of Troy, according to the Roman historian Gaius Velleius Paterculus (first century AD) as documented recent archaeological remains of the 9th century BC (Aubet, 2009). Then, after the conquest of the original Phoenicians territories (Capture of Tyre) by Nebuchadnezzar II, king of Persia, between 585-572 BC, the cities of Gadir, Carteia, Malaka and other Phoenician towns in the western Mediterranean pass be dominated by Carthaginians (c. 570-572 BC). Therefore, the 500 BC earthquake should affect some of the aforementioned Carthaginian populations. These localities were incorporated to the Roman Empire in 218 BC, when the Second Punic War begins, Hannibal leaves from Cádiz to conquer Rome and the next major antique earthquake occurs affecting the ancient Gadir (Florián de Ocampo, 1553). Consequently, this ancient earthquake should occur in the Mediterranean area where the most important cities of the antiquity was located. This will represent an important macroseismic zone covering the area of the Alborán Sea, where the theoretical epicenter has been tentatively placed. As in the rest of the cases of antique earthquakes only historically documented, the suspect larges affected areas and the significant descriptions (but generic ones) of the set of the triggered Earthquake Environmental Effects points to an intensity equal or higher than VIII EMS-98. However, is to note that there is references to a Tartessic Earthquake which suspectly affected Huelva during the 6th-7th centuries (Martínez Solares, 2011), but this event is only supported by a new appeared in the (Local Newspaper) Diario de Huelva in the year 2000 (but no included in any known scientific journal, proceedings, etc.).

ENVIRONMENTAL DAMAGE: The original description in Florián de Ocampo (1553) relates the following: *"five hundred years before the advent of our lord God strong earthquakes struck the littoral areas of the Iberian Peninsula, especially in Andalucia and the Pyrenees..... And they were so shocking that many houses and city-walls were destroyed, many rivers shifted their courses and some mountains and hills moved to different locations of their original place as a consequence of the strong ground shaking. Large ground cracks were open in the ground inland, but also along the littoral areas. Some of them generated new springs, new streams of bitumen (i.e. mud) and many waters never seen before"*. The rest of the story continues with the description of what happened in the Pyrenees in 500 BC linked with the discovery of the ore deposits in NE Spain by the Phoenicians and Greeks and its suspect relationships with the Mythic Pseudo-Aristotle Wildfires of the Pyrenees in 880 BC. It is striking that the relate does not include some description linked to the occurrence of a tsunami (characteristic of Atlantic earthquakes), but yes significant landslides, changes in the course of rivers, ground cracks, liquefaction and ejection of water and mud (bitumen). This set of EEEs is very frequent in events occurred Guadalquivir basin especially in its mouth, which at that time was placed very few km downstream the Seville area in the old *Lacus Ligustinus* (present Guadalquivir Estuary; Doñana). Consequently, as above-mentioned the earthquake should occur in the environs of the antique Phoenician and Carthaginian colonies of the Mediterranean area (Carteia, Malaka, Sexi, Abdera, etc.) around the Alboran Sea *sensu lato*. In consequence, this ancient event will be an earthquake of equal or higher size than those occurred in the area such as Almería (1522 AD), Málaga (1680 AD) or Arenas del Rey (1884 AD), therefore ≥ VIII ESI-07.

☐ ***Surface ruptures (SR) and Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☒ ***Ground cracks (GK):*** *Reported.*
☒ ***Slope movements (SM):*** *Reported.*
☒ ***Liquefaction processes (LQ):*** *Reported.*
☒ ***Hydrogeological Anomalies (HA):*** *Reported.*
☒ ***Anomalous Waves and Tsunamis (WA):*** *Reported.*

☐ ***Geological Data:*** *There is any geological record of this ancient event. All the data on this earthquake come from the ancient chronicles reported by Florián de Ocampo (1553). Doubtful event.* ***Quality of Geological Information: Class C.***

Research / Data compilation by: *Pablo G. Silva (USAL). Newly Published 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 001AC 500 Litoral Andaluz; Mediterrán	10°0'32"O	36°28'30"N		-	-	≥VIII	D	Mar de Alborán Occidental (Zone 40)

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN Ref.: Sánchez Navarro-Neumann (1921):Galbis (1932), Martínez Solares y Mezcua (2002)	Tipo de Evento	HISTÓRICO

DAÑOS GENERALES: La Crónica General de España de Florián de Ocampo (1553) escrita por Orden del nuevo monarca español Carlos I de España y V de Alemania documenta que quinientos años antes de Cristo (500 AC) ocurrieron en España terribles terremotos tanto en Pirineos como en Andalucía (que aquí se documenta) que destruyeron muchas casas y murallas (cercas) en multitud de poblaciones. En referencia al de Andalucía no se hace mención a alguna localidad en concreto, pero si alguna ciudad importante existiese en el litoral andaluz por esas fechas, sería la Gadir Fenicia (Cádiz) fundada en el año 1104 AC, ochenta años después de la caída de Troya, según el historiador romano *Cayo Velleyo Patérculo* (Siglo I AD) como documentan restos arqueológicos recientes del siglo IX AC (Aubet, 2009). El caso es que tras la conquista de los territorios fenicios y la toma de su capital (Tiro) por Nabucodonosor II, rey de los Persas, entre el 585 – 572 AC, Gadir, Carteia, Malaka y otras poblaciones fenicias del Mediterráneo occidental pasan a ser dominadas por los cartagineses (570 – 572 AC). Por tanto, el terremoto del 500 AC que aquí se documenta tuvo que afectar a tales poblaciones Cartaginesas. Estas se mantienen bajo dominio cartaginés hasta el 218 AC, cuando comienza la Segunda Guerra Púnica; Aníbal sale desde Cádiz a la conquista de Roma y se produce el siguiente terremoto importante en la antigüedad, en el que se cita expresamente la Gadir Cartaginesa. El presente terremoto del 500 AC tuvo que documentarse en tales ciudades cartaginesas, las más importantes en esa época y mayoritariamente situadas en el Mediterráneo. Esto representa una importante área macrosísmica centrada en el Mar de Alborán, donde tentativamente situamos el teórico epicentro en este catálogo. Como en el resto de casos de terremotos históricos anteriores a Cristo (AC) documentados en esta obra, dada la supuesta gran extensión espacial y las significativas (pero genéricas) descripciones de efectos geológicos ocurridos, se le asigna una intensidad igual o superior a VIII EMS-98. No obstante, hay que destacar que existen referencias a un posible terremoto de época tartésica que afectó al entorno de Huelva entre los siglos VI y VII AC (Martínez Solares, 2011), pero solo se sustentan en una noticia aparecida en el año 2000 en el diario de Huelva (sin ningún tipo de publicación científica que la apoye).

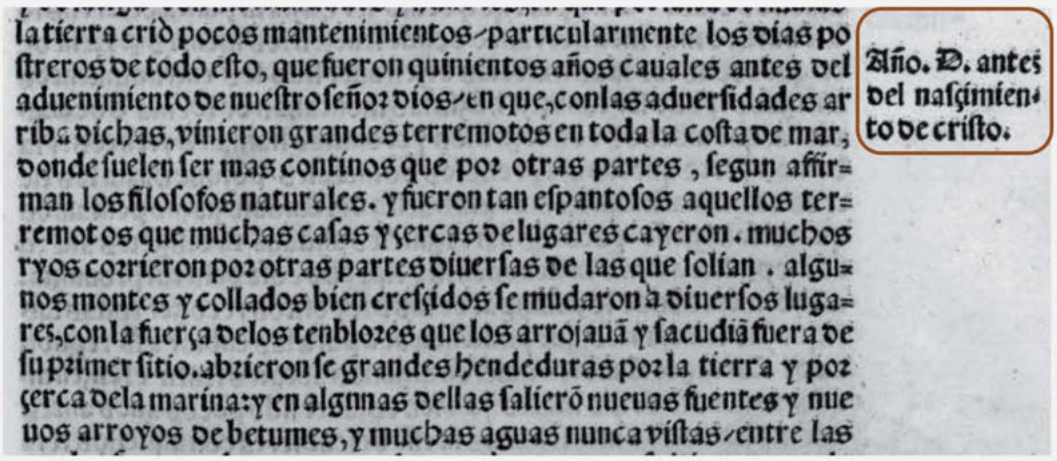
DAÑOS AMBIENTALES: La descripción original en Florián de Ocampo (1553) indica que: *"quinientos años cabales antes del advenimiento de nuestro Señor Dios vinieron grandes terremotos en toda la costa de mar… Y fueron tan espantosos que muchas casas y cercas de lugares cayeron, muchos ríos corrieron por otras partes diversas de las que solían. Algunos montes y collados bien crecidos se mudaron a diversos lugares, que con la fuerza de los temblores los arrojaban y sacudían de su primer sitio. Abrieronse grandes hendeduras en la tierra y por cerca de la marina, y en algunas de ellas salieron nuevas fuentes y nuevos arroyos de betunes y muchas aguas nunca vistas"*. El resto del relato continúa con la descripción de lo ocurrido en el Pirineo en el 500 AC relacionado con el descubrimiento de los ricos yacimientos de plata del NE de la Península Ibérica, su explotación por Fenicios y Griegos, así como su supuesta relación con los míticos incendios del Pirineo. Resulta llamativo que en esta descripción no se relate la ocurrencia de un tsunami (característicos de terremotos atlánticos), pero sí la de significativos deslizamientos, cambio del curso de los ríos, procesos de agrietamiento, licuefacción y eyección de aguas y fangos (betunes). Estos hechos muy frecuentes en la Cuenca del Guadalquivir sobre todo en su desembocadura, que por aquellos tiempos se situaría muy pocos km aguas abajo de la zona de Sevilla que desembocaría en el antiguo *Lacus Ligustinus* (actuales marismas del Guadalquivir). Por estas razones se ha decidido, como se explica arriba, que el terremoto tuvo que ocurrir en el ámbito de las antiguas colonias fenicias, conquistadas por los cartagineses de Carteia, Malaka, Sexi, Abdera, etc. y, por tanto, en la zona Mediterránea del Mar Alborán s.l. Se trataría de un terremoto de iguales o mayores dimensiones a los ocurridos en la zona como los de Almería (1522 AD), Málaga (1680 AD) o Arenas del Rey (1884 AD), por tanto ≥ VIII ESI-07.

☐ ***Rupturas de Falla (SR) y Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☒ ***Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Grandes hendeduras se abrieron en la tierra y en la marina.*
☒ ***Movimientos de Ladera (SM):*** *Los montes y collados se mudaron de lugar…..Se da a entender la existencia de grandes deslizamientos acompañando al terremoto.*
☒ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *Por algunas de las grietas surgieron nuevos arroyos de betunes (i.e. fangos) y muchas aguas nunca vistas.*
☒ ***Anomalías Hidrogeológicas (HA):*** *Salieron nuevas fuentes.*
☒ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (WA):*** *Muchos ríos corrieron por otras partes diversas de las que solían.*
☐ ***Otros Efectos:*** *Sin datos.*
☐ ***Efectos Arqueosismológicos:*** *Genéricos. Muchas casas y murallas de poblaciones cayeron.*

☐ ***Datos Geológicos:*** *No existe ningún dato geológico que apoye la ocurrencia de un evento simico en el Litoral andaluz en el 500 AC. Es uno de los clásicos terremotos históricos recogidos en los catálogos sísmicos de la Península Ibérica, pero sin ningún tipo de dato geológico que apoye su existencia. Evento dudoso.* ***Calidad de la Información Geológica: Clase C.***

Investigación / Compilación de la información: *Pablo G. Silva (USAL). Publicado en 2017.*

IMAGEN EVENTO



la tierra criò pocos mantenimientos/particularmente los dias po
ſtreros de todo eſto, que fueron quinientos años cauales antes del
aduenimiento de nueſtro ſeñor dios/en que,con las aduerſidades ar
riba dichas, vinieron grandes terremotos en toda la coſta de mar,
donde ſuelen ſer mas contínos que por otras partes, ſegun affir=
man los filoſofos naturales. y fueron tan eſpantoſos aquellos ter=
remotos que muchas caſas y cercas de lugares cayeron. muchos
ryos corrieron por otras partes diuerſas de las que ſolian. algu=
nos montes y collados bien creſcidos ſe mudaron à diuerſos luga=
res,con la fuerça delos temblores que los arrojauã y ſacudiã fuera de
ſu primer ſitio. abrieron ſe grandes hendeduras por la tierra y por
çerca dela marina:y en algunas dellas ſalierõ nueuas fuentes y nue
uos arroyos de betumes,y muchas aguas nunca viſtas/entre las

Año. D. antes del naſcimiento de criſto.

Fragmento del Capítulo XVVV del Libro Segundo de la Crónica General de España (Florián de Ocampo, 1553) donde se relata este terremoto.

GEO 001AC 218: *LACUS LIGUSTINUS* (Océano Atlántico). 218 – 209 AC — GEOLÓGICO

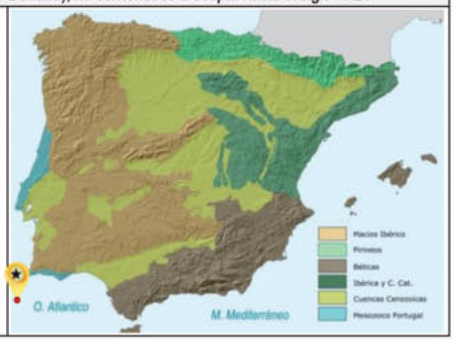
FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
218 - 209 AC	-	9°42' O	36°38' N	8,0 M*	-	-	X	G	G	G	*Lacus Ligustinus*. SW Cabo de San Vicente (O. ATL.)

Método de datación:	CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Galbis (1932), Luque *et al.* (2002), Lario *et al.* (2011), Rodríguez Vidal *et al.*(2011)						**Tipo Evento:**	GEO (HST)	
Prof. km	-	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**Mo**	-	**Eventos asociados**		**Agencia:**	IGN
EEE Primarios	NO	**Longitud Falla**	-	**Desplazamiento**	-					**Tipo Desp.:**	SIN DATOS
EEE Secundarios	SÍ	**Categoria ESI07**	☐GK ☒SM ☐LQ ☐HD ☐HA ☐WA ☒TS							**Área afectada:**	> 2.500 km² (Litoral Español)
Otros EEE Ambientales	NO	☒ OTROS EFECTOS (OT): Las descripciones indican una retirada y posterior inundación marina de envergadura que provocó serios daños y mortalidad en la fauna marina: *"se arrojaron fuera del mar multitud de pescados"*.									
EAE Efectos Arqueosismológicos	NO	☒ EAEs: Antiguos asentamientos humanos anteriores al siglo III AC fueron abandonados (Flecha de La Algaida) en el litoral del antiguo *Lacus Ligustinus* romano (Marismas de Doñana), no volviéndose a ocupar hasta el siglo I AD.									

Documentación IGN 2002: 165, 166, 280, 335, 405, 426, 504, 545, 687

Referencias bibliográficas básicas:

Galbis Rodríguez, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5° E y 20° W de Greenwich y los paralelos 45° y 25° Norte. Instituto Geográfico Catastral y de Estadística, Madrid.
Gràcia, E. *et al.* (2011): Holocene earthquake record offshore Portugal (SW Iberia): Testing turbidite palaeoseismology in a slow-convergence margin. Quaternary Science Reviews, 29, 1156-1172.
Lario, J., *et al.* (2011): Holocene paleotsunami catalogue of SW Iberia. Quaternary Intern., 242: 196-200.
Luque, L. *et al.* (2002): Sedimentary record of tsunami during Roman times, Bay of Cadiz, Spain. Journal of Quaternary Science 17 (5–6), 623–631.
Rodríguez-Vidal, J. *et al.* (2011): Geomarkers of the 218-209 BC Atlantic tsunami in the Roman Lacus Ligustinus (SW Spain): A palaeogeographical approach. Quaternary International, 242: 201- 212.
Ruiz, F. *et al.* (2013): Morpho-Sedimentary evidence of Holocene Tsunamis in southwestern Spanish estuaries: A summary. Actas VIII Reunión Cuaternario Ibérico, 145 – 149.
Silva, P.G.*et al.* (2015): Seismic palaeogeography of coastal zones in the Iberian Peninsula: Understanding ancient and historic earthquakes in Spain. Cuaternario y Geomorfología, 29. 31 – 56



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
GEO 001BC 218 *Lacus Ligustinus.* SW Cabo de San Vicente	9°42' W	36°38' N	8.0 M*	-	-	X	G	**Atlantic Ocean; Gorringe Bank (Zone 52)**

EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Galbis (1932), Luque *et al.* (2002), Gràcia *et al.* (2010), Lario *et al.* (2011), Rodríguez Vidal *et al.* (2011), Ruiz *et al.* (2013)	**Event Type:**	**GEOLOGIC (HST)**

GENERAL DAMAGE: Earthquake felt in all the Atlantic littoral of the Gulf of Cadiz (SW Spain) especially affecting to the ancient town of Cádiz (Gades) in that time most important locality of the area located in an island within the estuary of the Guadalete river. The description of the event by Galbis (1932), extract from the historic chronicles of Florián de Ocampo (1553) indicate that: *"The island of Cadiz, but also all the littoral zone of Andalucía suffered strong earthquakes or tremors, inducing the collapse of buildings, the death of the inhabitants and producing terrible wrongs; the sea flooded many places that were first uncovered by the waters, throwing out a multitude of fishes, some of them common but others never seen"*. This historical chronicle is in the context of the initiation of the surprising overland journey of Hannibal Barca from Quart Hadast (Carthago Nova) across the Alps to Rome in the beginning of the Second Punic War (218 BC).

ENVIRONMENTAL DAMAGE: The historical descriptions indicate the occurrence of an earthquake generating tsunami, which severely affected the littoral in the Gulf of Cadiz, and especially the old insular emporium of Gades (Cádiz). There are no descriptions associated with earthquake damage, but a relatively good geological record of tsunami deposits associated with both coastal estuarine Tinto-Odiel (Huelva); Guadalete (Cádiz) and the Guadalquivir marshes (Doñana) and in ocean turbiditic levels (submarine landslides) recorded near the Gorringe Bank. Core data from coastal areas document centimeter-thick high energy laminar deposits (tsunamites), with a mixture of estuarine and marine fauna (planktonic and benthic), recorded as far as 12 to 17 km inland from the present coastline. Geological data indicate the occurrence of a tsunami of at least 5 m (run-up) causing significant environmental damage in the aforementioned estuarine zones, such as breakage of spits-bars, changes of drainage patterns within the marshlands and important erosion phenomena on beaches and coastal dune systems (Doñana), comparable to those produced by the AD 1755 Lisbon earthquake-tsunami event. Geological data indicate the record of X ESI-07 intensity, along at least the c. 140 km separating the Tinto-Odiel (Huelva) and the Guadalete (Cádiz) estuaries.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☐ ***Ground cracks (GK):*** *No Reported.*
☒ ***3 Slope movements (SM):*** *Submarine landslides in the vicinity of the Gorringe Bank (Atlantic Ocean) around the suspect epicentral area. The event is recorded as turbidite levels, up to 20 cm thick, in 3 of the 4 drill-cores conducted in the area.*
☐ ***Liquefaction processes (LQ):*** *No Reported.*
☐ ***Hydrogeological anomalies (HD; HA):*** *No Reported.*
☒ ***7 Anomalous Waves and Tsunamis (7 TS):*** *Record of tsunami deposits, and sedimentary levels produced by erosion-reworking of coastal beaches and spit-bars in the Tinto-Odiel estuaries (2 core-probes) and Guadalquivir marshlands (Doñana, 5 core-probes). Washover fans in the Guadalete estuary and Valdelagrana spit-bar (Cádiz; 2 records). Different effects associated with both the tsunami erosive record and/or backwash under study to be catalogued.*
☒ ***1 Other effects:*** *Significant retreat and subsequent flooding by the sea of coastal areas, causing serious damage and mortality of the marine fauna.*
☒ ***1 Archaeoseismic damage****: Some coastal pre-Roman (7th – 3rd centuries BC) human settlements around the ancient* Lacus Ligustinus *(Doñana marshlands), were abandoned (i.e. La Algaida), and later, after the tsunami new Roman saltworks were installed from the 1st century AD.*

☒ ***Geological Data:*** *There is and relevant geological record on the occurrence of a significant tsunami event in the more important estuarine zones of the Gulf of Cádiz. ^{14}C dating indicate the occurrence of a tsunami during roman times with a run-up of 5 m, bracketed in 218-210 BC (Lario et al., 2011; Rodríguez Vidal et al., 2011). Data from offshore drill-cores around the Gorringe Bank (suspect seismic source) record different tsunami-type events triggering submarine landslides of Holocene age (Gràcia et al., 2010). Three of the four cores conducted in the area record the roman event (Event 5; E5) dated in 1,980 – 2,280 yr. BP, with an estimated magnitude ≥ 8,0 Mw.* ***Quality of Geological Information: Class G.***

Research / Data compilation by: *Pablo G. Silva (USAL); Javier Lario (UNED). Updated 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
GEO 001AC 218 *Lacus Ligustinus.* SW Cabo de San Vicente	9°42' O	36°38' N	8,0 M*	-	-	X	G	**Océano Atlántico; Banco de Gorringe (Zona 52)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN
Ref.: Galbis (1932), Luque *et al.* (2002), Gràcia *et al.* (2010), Lario *et al.* (2011), Rodríguez Vidal *et al.* (2011), Ruiz *et al.* (2013)

Tipo de Evento: **GEOLÓGICO (HST)**

DAÑOS GENERALES: Terremoto sentido en toda la costa atlántica del Golfo de Cádiz (SO Península Ibérica), afectando especialmente a la ciudad de Cádiz (Gades), por entonces la población más importante en la zona enclavada en una isla en el antiguo estuario del Guadalete. La descripción de Galbis (1932) extraída de las crónicas de Florián de Ocampo (1553) indica: *"La isla de Cádiz y toda la marina frontera del Andalucía padeció grandes terremotos o temblores, que derrocaron edificios, mataron gentes y causaron males terribles: la mar anegó muchos lugares que primero fueron descubiertos, lanzando fuera de sí multitud de pescados, unos comunes y conocidos, y otros nunca vistos"*. El relato histórico se desarrolla en el contexto del comienzo de la Segunda Guerra Púnica (218 BC) con la marcha de Aníbal Barca a través de Pirineos y Alpes. Florián de Ocampo (1553) indica que el terremoto que asoló Cádiz se produjo durante el mismo año que Aníbal salió de Cartagena hacia la conquista de Roma.

DAÑOS AMBIENTALES: Las descripciones indican la ocurrencia de un terremoto con generación de tsunami que afectó gravemente a las poblaciones del Golfo de Cádiz, y en especial al antiguo emporio insular de Gades (Cádiz). No existen descripciones de daños asociados al terremoto, pero sí se ha encontrado registro geológico de depósitos asociados al tsunami tanto en zonas costeras estuarinas del Tinto-Odiel (Huelva); Guadalete (Cádiz) y Marismas del Guadalquivir (Doñana), como en niveles tubidíticos oceánicos (deslizamientos submarinos) registrados y datados en las inmediaciones del Banco de Gorringe. Datos de sondeos litorales documentan depósitos laminares arenosos de alta energía (tsunamitas) de espesor centimétrico, y mezcla de fauna estuarina y marina (planctónica y bentónica), que se registran hasta 12 y 17 km hacia el interior de la actual línea de costa. Los datos geológicos indican que un tsunami de al menos 5 m de altura (run-up) provocó importantes daños ambientales en las zonas estuarinas mencionadas, como roturas de las flechas litorales, cambios en el patrón de drenaje en las marismas e importantes fenómenos de erosión en playas y sistemas de dunas litorales (Flecha de Doñana), comparables a los producidos por el terremoto-tsunami de Lisboa de 1755 AD. Los datos geológicos permiten asignar una intensidad mínima de X ESI-07, a lo largo de al menos los c. 140 km litorales que separan los estuarios de Tinto-Odiel (Huelva) y Guadalete (Cádiz).

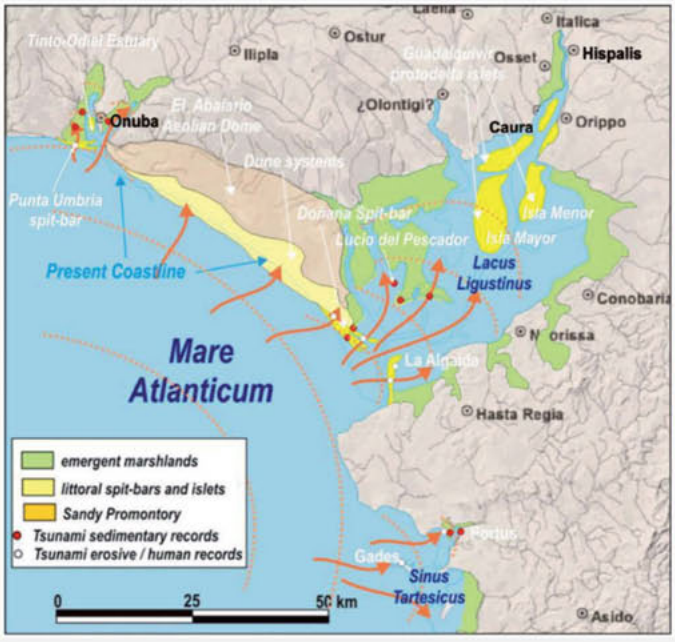
☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☐ ***Agrietamientos del Terreno (GK):*** *No Registradas.*
☒ ***3 Movimientos de Ladera (SM):*** *Deslizamientos submarinos en el entorno del Banco de Gorringe (Océano Atlántico) en la posible zona epicentral. El evento se registra como niveles de turbiditas, de hasta 20 cm de espesor, en 3 de los 4 sondeos realizados en la zona.*
☐ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *No Registrados.*
☐ ***Anomalías Hidrogeológicas (HD; HA):*** *No Registradas.*
☒ ***7 Oleaje Anómalo y Tsunamis (7 TS):*** *Registros de niveles de depósitos de tsunami, erosión-retrabajamiento de playas y barras litorales en los estuarios del Tinto-Odiel (2 sondeos), Guadalquivir (Doñana; 5 sondeos) y abanicos de derrame (washover fans) en el estuario del Guadalete y Flecha de Valdelagrana (Cádiz; 2 registros). Diferentes efectos relacionados, con registro erosivo, o relacionados con la retirada (backwash) del tsunami se encuentran en procesos estudio y catalogación.*
☒ ***1 Otros Efectos:*** *Las descripciones indican una retirada y posterior inundación marina de envergadura que provocó serios daños y mortalidad en la fauna marina.*
☒ ***1 Efectos Arqueosismológicos:*** *Antiguos asentamientos humanos anteriores al siglo III AC fueron abandonados (Flecha de La Algaida) en el litoral del antiguo* Lacus Ligustinus *romano (Marismas de Doñana), no volviéndose a ocupar hasta el siglo I AD.*

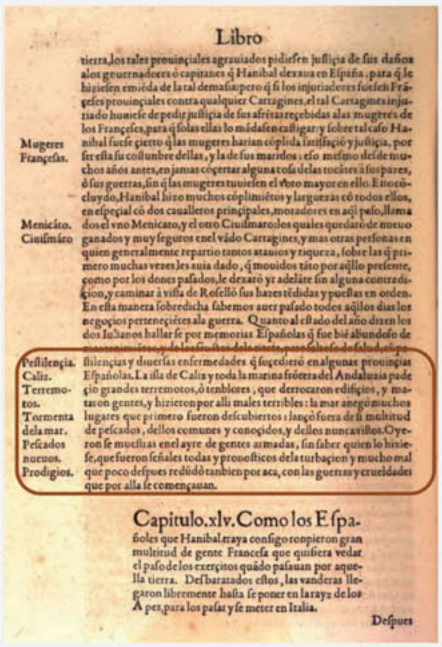
☒ ***Datos Geológicos:*** *Existe un abundante registro geológico de un tsunami en las zonas estuarinas más importantes del Golfo de Cádiz en los que las dataciones C^{14} indican el registro de un tsunami con un run-up de c. 5 m (Lario et al., 2011; Rodríguez Vidal et al., 2011). Datos del estudio de sondeos oceánicos de la zona del Banco de Gorringe (zona de la probable fuente sismogenética) registran diferentes eventos tipo-tsunami que desencadenaron inestabilidades submarinas, registradas como niveles de turbiditas en 4 sondeos (Gràcia et al., 2010). En tres de ellos se identifica el Evento 5 (E5) datado en 1.980 – 2.280 BP que identifican con el evento de edad romana (218 BC) del catálogo del IGN (2002) asignándole una magnitud ≥ 8,0 Mw.* ***Calidad de la Información Geológica: Clase G.***

Investigación / Compilación de la información: *Pablo G. Silva (USAL); Javier Lario (UNED) Actualizado 2017.*

IMAGEN EVENTO

Esquema paleogeográfico del antiguo *Lacus Ligustinus* (Siglo I AD) mostrando la localización de los registros sedimentarios y erosivos del Tsunami ocurrido en el 218 AC (Silva *et al.*, 2015) y Documento de Florián de Ocampo (1553) que describe el evento de tsunami fechado en 218 AC.





Libro

tierra, los tales prouinciales agrauiados pidiesen justicia de sus daños alos gouernadores ò capitanes q Hanibal dexaua en Españia, para q le hiziesen emienda de la tal demasia: pero q si los injuriadores fuesen Frageses prouinciales contra qualquier Cartagines, el tal Cartagines injuriado houiese de pedir justicia de sus afrentas recebidas alas mugeres de los Franceses, para q si olas ellas lo mádasen castigar: y sobre tal caso Hanibal fuese cierto q las mugeres harian cõplida fortificaçiõ y justicia, por ser ella su costumbre dellas, y la de sus maridos: esto mesmo de de muchos años antes, en jamas cõgertar alguna cosa de las tocantes á sus pares, ò sus guerras, sin q las mugeres touiesen el voto mayor en ello. Esto cõcluydo, Hanibal hizo muchos cõplimiẽtos y largueças cõ todos ellos, en especial cõ dos caualleros principales, morad ores en aq̃l pelo, llamados el vno Menicato, y el otro Ciuilmaro: los quales quedaró de nueuo ganados y muy seguros en el vãdo Cartagines, y mas otras perssonas en quien generalmente repartio tantos atauios y riqueza, sobre las q̃ primero muchas veces les auia dado, q̃ mouidos tãto por aq̃llo presente, como por los dones pasados, le dexarõ yr adelãte sin alguna contradiçion, y caminar á villa de Rocelló sus haxes tẽdidas y puestas en orden. En esta manera sobredicha sabemos auer pasado todos aq̃llos dias los negocios perteneçiẽtes ala guerra. Quanto al estado del año dizen los dos Iulianos hallar se por memorias Españolas q̃ fue bié abundoso de mantenimientos, y de los frutos delo cierto, pero falto de salud entre

Mugeres Françesas.

Menicáto. Ciuilmáro

Pestilençia. Caliz. Terremotos. Tormenta dela mar. Pescados nuevos. Prodigios.

filencias y dolorías enfermedades q̃ sucedieró en algunas prouincias Españolas. La isla de Calis y toda la marina frõtera del Andaluzia pade çio grandes terremotos, ò temblores, que derrocaron edificios, y mataron gentes, y hizieron por alli males terribles: la mar anegó muchos lugares que primero fueron descubiertos: lançó fuera de si multitud de pescados, dellos comunes y conoçidos, y dellos nunca vistos. Oyeron se muchas enel ayre de gentes armadas, sin saber quien lo hiziese, que fueron señales todas y pronosticos dela turbaçion y mucho mal que poco despues redũdó tambien por aca, con las guerras y crueldades que por alla se començaua.

Capitulo.xlv. Como los Espa-

ñoles que Hanibal traya consigo rompieron gran multitud de gente Francesa que quisiera vedar el paso delos exercitos quado pasauan por aquella tierra. Desbaratados ellos, las vanderas llegaron libremente hasta se poner en la rayz de los Apes, para los pasar y se meter en Italia.

Despues

ARQ 004060: *BAELO CLAUDIA* (Bolonia - Cádiz). 40 - 60 AD											**ANTIGUO**	
FECHA AMD	**HORA Y MIN.**	**LONGITUD**	**LATITUD**	**MAG (Mw/Ms/M*)**	**EMS 98**	**MSK 64**	**ESI 07**	**Q_e**	**Q_i**	**Q_g**	**LOCALIZACIÓN TERREMOTO**	
004060 *AD*	-	5°46' O	36°05' N	≥ 5,5 Mw	≥ VIII	≥ VIII	≥ VIII	Q	Q	G	***Baelo Claudia*. Bolonia. CA**	
Método de datación:		NO CATALOGADO. Ref. Bibliográfica: Sillières (1997); Silva *et al.* (2005; 2009)									**Tipo Evento:**	ARQ
Prof. km	-	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**Mo**	-	**Eventos asociados**		-	**Agencia:**	SCI PUB
EEE Primarios		NO		**Longitud Falla**		-		**Desplazamiento**		-	**Tipo Desp.:**	SIN DATOS
EEE Secundarios		SÍ		**Categoría ESI07**		☐GK ☒SM ☐LQ ☐HD ☐HA ☐WA ☐TS					**Área afectada:**	< 1km²
Otros EEE Ambientales		NO		☒ OTROS EFECTOS (OT): Probable intervención de un evento de tipo tsunami en base a niveles energéticos litorales documentados en las proximidades de *Baelo Claudia* y en la ciudad romana de *Carteia* (Bahía de Algeciras).								
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ		☒ EAEs: Daños en el yacimiento romano de *Baleo Claudia*. Efectos arqueológicos en la Muralla y Teatro. Estos daños se corresponden con la aparición en el registro arqueológico de un horizonte de demolición, y la posterior reconstrucción de la zona monumental de la ciudad, con reparaciones evidentes en la muralla.								

Documentación IGN 2002: NO CATALOGADO

Referencias bibliográficas básicas:

Fincker, M., Sillières, P. (2006): Le théâtre de *Baelo Claudia*: particularités architecturales et chronologie, Ventura, A.V. y Márquez, C. (Eds.): *Teatros romanos en Hispania*, (Colloque Cordoue 2003), pp. 81-98.
Grützner, C., *et al.* (2012): Active faulting and neotectonics in the Baelo Claudia area, Campo de Gibraltar (Southern Spain). Tectonophysics, 554-557, 127-142.
Sillières, P., (1997): *Baelo Claudia*: Una ciudad Romana de la Bética. Junta de Andalucía-Casa de Velázquez, Madrid.
Silva, P.G. *et al.* (2005): Archaeoseismic record at the ancient Roman city of *Baelo Claudia* (Cádiz, South Spain). Tectonophysics, 408, 129–146.
Silva, P.G. *et al.* (2009): Surface and subsurface paleoseismic records at the ancient Roma city of *Baelo Claudia* and the Bolonia Bay area, Cádiz (South Spain). Geol. Soc. London, Spec. Publ., 316, 93-121.
Silva, P.G. *et al.* (2016): Los terremotos antiguos del conjunto arqueológico romano de *Baelo Claudia* (Cádiz, Sur de España): Quince años de investigación arqueosismológica. Estudios Geológicos 72 (1), e050. 24 pp.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	**LONGITUDE**	**LATITUDE**	**MAG (Mw/Ms/M*)**	**EMS 98**	**MSK 64**	**ESI 07**	**Q_g**	**SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)**
ARQ 004060 *Baelo Claudia*. Bolonia.CA	5°46' W	36°05' N	≥ 5.5 Mw	≥ VIII	≥ VIII	≥ VIII	G	**Gibraltar Strait (Zone 49)**
EVENT NO CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Sillières, P. (1985; 1997); Silva, P.G. *et al.* (2005; 2009)							**Event Type:**	**ANCIENT**

GENERAL DAMAGE: Extensive damage in the lower part of the ancient roman city of *Baelo Claudia* built during the 1st century BC. The damage affected the entire perimeter of the ancient city wall affecting their towers and bastions. More of the third half of the perimeter of the city wall was destroyed and rebuilt during the second half of the 1st century AD (40 – 60 AD; Sillières, 1997). The entire lower part of the city (c. 8 ha) was demolished in order to build a new monumental city. This event is post-dated by the occurrence of an anomalous "level of demolition" related to ground levelling works on the whole lower sector of the city (*Macellum*, *Basilica*, *Forum*,etc.) and reparation works in different severely damaged sectors of the City Wall during AD 30–50 (Sillières, 1997; Silva *et al.*, 2005).The first author considering the occurrence of an intervening seismic event in this period was Sillières (1997) based on the large amount of re-utilization of constructive elements (capitols, column drums, sculpted blocks, etc.) in the buildings of the new monumental city. New archaeological data (Fincker and Sillières, 2006) suggest that the event affected the construction of the theatre; the theatre works stopped for several decades, constructive materials were changed and new external buttress were added for the reinforcement of the building.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. No secondary environmental effects have been recorded, except the probable landslide affecting the Isis Temple in the north-eastern sector of the excavated (c. 50,000 m³). This first period of the city is poorly documented because was demolished for city rebuilding during the second half of the 1st century AD. The present remains are presently buried and only some archaeological exploratory trenches have been done on the remains of the first destroyed city. The only zones preserving damage are the repaired sectors of the original city wall, horizons of collapse and constructive anomalies in the theatre. 1 EEE record for secondary effects and 3 EAE representative records.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☐ ***Ground cracks (GK):*** *No Reported.*
☒ ***1 Slope movements (SM):*** *Landslide event (c. 50,000 m³) in the eastern part of the archaeological site affecting the Isis Temple area.*
☐ ***Liquefaction processes (LQ):*** *No Reported.*
☐ ***Hydrogeological anomalies (HD; HA):*** *No Reported.*
☐ ***Anomalous waves and tsunamis (WA; TS):*** *No Reported.*
☒ ***Other effects:*** *Probable intervening tsunami event recorded as anomalous energetic littoral levels, dated within this period, in archaeological logs east of* Baelo Claudia *(500 m away) and 33 km away in the ancient roman city of* Carteia *located in the Algeciras Bay. No catalogued. The occurrence of the tsunami will explain outstanding funerary anomalies in the eastern necropolis of the city along* Via Carteia *(Silva et al., 2016).*
☒ ***3 Archaeoseismic damage:*** *Collapse and demolition of the complete infrastructure of the lower part of the city (c. 8 ha). Major damage and collapse to the nearly entire City Wall city, especially is western perimeter. Constructive anomalies in the works of the theatre.*

☒ ***Geological Data:*** *Onshore and offshore geological and geophysical analyses carried out by Silva et al. (2005; 2009) and Grützner et al. (2012) around the Bolonia Bay area identified several active faults with Late Quaternary tectonic records as probable near-field seismic sources. Onshore geological analyses include 3 fault trench analyses in the N-S graben systems and the Cabo de Gracia left-lateral fault about 3 km west to the city, indicating that N-S oriented faults are the more probable seismic sources (Grützner et al., 2012). Offshore seismic reflection profiles developed by these authors also identify N-S trending structures in the Bolonia Bay (≤ 20 km S and SW) with recent tectonic activity able to produce a seismic event. Dimensions of identified fault segments indicate that all these N-S oriented structures are able to generate 5.5 – 6.0 Mw seismic events (Silva et al., 2009; Grützner et al, 2012).* ***Quality of Geological information: Class G.***

Research / Data compilation by: *P.G. Silva (USAL), J.L. Giner-Robles (UAM). Updated 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
ARQ 004060 *Baelo Claudia*. Bolonia.CA	5º46' O	36º05' N	≥ 5,5 Mw	≥ VIII	≥ VIII	≥ VIII	G	**Arco de Gibraltar (Zona 49)**

EVENTO NO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN
Ref.: Sillières, P. (1985; 1997); Silva, P.G. *et al.* (2005; 2009)

Tipo de Evento | **ANTIGUO**

DAÑOS GENERALES: Daños muy importantes en todas las infraestructuras de la primera ciudad romana de *Baelo Claudia* construida durante el siglo I AC. Los daños afectaron a prácticamente todo el perímetro de la muralla afectando a las torres y bastiones que la jalonaban. Más de las tres cuartas partes de los lienzos de las murallas se destruyeron y fueron reparadas durante la segunda mitad del siglo I AD (40-60 AD; Sillières, 1997). La totalidad de la zona baja de la antigua ciudad (c. 8 ha) fue demolida para la construcción de una nueva ciudad de carácter monumental. El evento se encuentra post-datado por el desarrollo de este nivel de demolición, relacionado con trabajos de nivelación del terreno en toda la zona baja de la ciudad (*Macellum*, *Basílica*, *Forum*, etc.) y la reparación de los sectores menos dañados de las murallas durante el 30-50 AD (Sillières, 1997; Silva *et al.*, 2005). El primer autor que considera la intervención de un evento sísmico en este primer periodo destructivo de la ciudad es Sillières (1997) basándose en la gran cantidad de elementos constructivos (capiteles, tambores de columnas, sillares labrados, etc.) reutilizados en los edificios de la nueva ciudad monumental. Nuevos datos arqueológicos (Fincker and Sillières, 2006) sugieren que este evento afectó a las obras del teatro, que se paralizaron durante unas cinco décadas, tras las cuales cambiaron el tipo de material constructivo (nuevos sillares) y se añadieron nuevos contrafuertes para reforzar la obra.

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. No se han inventariado efectos secundarios, excepto un probable deslizamiento en el sector nororiental de la zona excavada que afecto al Templo de Isis (c. 50.000 m³). Este primer periodo de la ciudad se encuentra muy poco documentado desde el punto de vista arqueológico, ya que fue demolido y cubierto para la reconstrucción de la ciudad durante la segunda mitad del siglo I AD. Las únicas zonas que preservan evidencias del daño provocado por el terremoto son los sectores reparados de las murallas originales, los horizontes de colapso asociados a la misma y las anomalías en la construcción del teatro. 1 EEE (movimiento de ladera) y 3 EAEs representativos.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☐ ***Agrietamientos del Terreno (GK):*** *No Registrados.*
☒ ***1 Movimiento de ladera (SM):*** *Deslizamiento del terreno (c. 50,000 m³) en el sector oriental del yacimiento afectando a la zona del Templo de Isis.*
☐ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *No Registrados.*
☐ ***Anomalías Hidrogeológicas (HD; HA):*** *No Registrados.*
☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (WA; TS):*** *No Registrados.*
☒ ***Otros efectos:*** *Probable intervención de un evento de tipo tsunami. Este queda registrado como niveles anómalos y energéticos de carácter litoral, datados en este periodo en prospecciones arqueológicas al Este de* Baelo Claudia *a 500 m de distancia y también a 33 km en la antigua ciudad romana de* Carteia *localizada en la Bahía de Algeciras (No catalogados). La existencia de un tsunami asociado podría explicar importantes anomalías funerarias detectadas en el segundo nivel de enterramiento de época Claudia (< 68 AD) de la necrópolis oriental de la ciudad. Las anomalías importantes son el enterramiento desordenado y mezclado de tumbas de mayor y menor riqueza, orientación de las tumbas hacia el mar y no hacia la vía principal (ambos hechos inusuales en el mundo romano), así como la aparición exclusiva en este nivel de elementos votivos con caras de llanto orientados hacia el mar (ver Silva et al., 2016).*
☒ ***3 Daños arqueológicos:*** *Colapso y demolición de la totalidad de la antigua infraestructura urbana de la zona baja de la ciudad (c. 8 ha). Daños muy importantes en la práctica totalidad de la muralla original de la ciudad, que tuvo que ser reconstruida y reparada en muchos sectores, pero especialmente su perímetro occidental. Anomalías constructivas en las obras del teatro.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Análisis geológicos y geofísicos desarrollados por Silva et al. (2005; 2009) y Grützner et al. (2012) en la zona de la Bahía de Bolonia permiten identificar diferentes fallas activas con registros de deformación cuaternaria reciente como posible fuentes sísmicas en campo cercano. Los estudios geológicos incluyen la realización de 3 trincheras de falla en sistemas de grabens N-S y la falla de desgarre sinestral de Cabo de Gracia, localizados unos 3 km al oeste de la ciudad, indicando que las estructuras N-S son las de actividad más reciente y las fuentes sísmicas más probables (Grützner et al., 2012). También se han realizado campañas de sísmica de reflexión en el litoral de la Bahía de Bolonia identificando estructuras tectónicas N-S con actividad reciente al Sur y Suroeste de* Baelo Claudia *(≤ 20 km de distancia) capaces de producir un evento sísmico. Las dimensiones de estas estructuras N-S indican que son capaces de generar eventos sísmicos de magnitud mínima 5,5 – 6,0 Mw (Silva et al., 2009; Grützner et al, 2012).* ***Calidad de la información Geológica: Clase G.***

Investigación / Compilación de la información: *P.G. Silva (USAL); J.L. Giner-Robles (UAM). Actualizado 2017.*

IMAGEN EVENTO



Imagen ilustrativa del evento mostrando las relaciones espaciales entre estructuras murarias de la primera fase de la ciudad (segunda mitad Siglo I AC), segunda fase (Siglo I – Siglo IV AD) y el horizonte de demolición de la segunda mitad del siglo I AD. Todas ellas se sitúan en el entorno de la plaza de la Basílica (Silva *et al.*, 2016).

ARQ 0260280: *BAELO CLAUDIA* (Bolonia - Cádiz). 260 - 280 AD											**ANTIGUO**	
FECHA AMD	**HORA Y MIN.**	**LONGITUD**	**LATITUD**	**MAG (Mw/Ms/M*)**	**EMS 98**	**MSK 64**	**ESI 07**	**Q_e**	**Q_i**	**Q_g**	**LOCALIZACIÓN TERREMOTO**	
0260280 *AD*	-	5°46' O	36°05' N	≥ 5,5 Mw	≥ VIII	≥ VIII	≥ VIII	Q	Q	G	***Baelo Claudia*. Bolonia. CA**	
Método de datación:		NO CATALOGADO. Ref. Bibliográfica: Sillières (1987); Silva *et al.* (2005 y 2009)									**Tipo Evento:**	ARQ
Prof. km	-	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**M_o**	-	**Eventos asociados**		-	**Agencia:**	-
EEE Primarios		NO		**Longitud Falla**		-		**Desplazamiento**		-	**Tipo Desp.:**	SIN DATOS
EEE Secundarios		SÍ		**Categoría ESI07**		☐GK ☒SM ☐LQ ☐HD ☐HA ☐WA ☐TS					**Área afectada:**	< 1km²
Otros EEE Ambientales		SÍ		☒ OTROS EFECTOS (OT): Asentamiento del terreno (10-100 cm) al Sur de la Basílica generando estructuras pseudo-circulares que podrían estar relacionadas con procesos de licuefacción. Evento de tsunami registrado en las Termas Marítimas (>255 AD) y *Decumanus maximus* que podría correlacionarse con este evento (Sin Catalogar).								
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ		☒ EAEs: Daños en el yacimiento romano de *Baleo Claudia*. Efectos arqueológicos en Foro, Muralla, *Decumanus Maximus*, Basílica, Teatro, Mercado, Templo de Isis y Templos de Júpiter, Juno y Minerva. Estos daños se corresponden con la aparición de un horizonte de destrucción en el registro arqueológico y un abandono injustificado de algunas de sus infraestructuras.								

Documentación IGN 2002: NO CATALOGADO

Referencias bibliográficas básicas:

Giner-Robles, J.L. *et al.* (2013): Mapa de efectos arqueológicos de terremotos (EAE) en la ciudad romana de *Baelo Claudia* (Cádiz, España). VIII Reunión de Cuaternario Ibérico, La Rinconada – Sevilla.
Grützner, C. *et al.* (2012): Active faulting and neotectonics in the *Baelo Claudia* area, Campo de Gibraltar (Southern Spain). Tectonophysics, 554-557, 127-142.
Ménanteau, L. *et al.* (1983): *Belo* II: *Belo* et son environnement (Detroit de Gibraltar), Etude physique d'un site antique. Pub. Casa de Velázquez, Serie Archeologie 4., Ed. Broccard, París. 1983.
Röth, J., *et al.* (2015): The *Baelo Claudia* tsunami hypothesis - results from a multi-method sediment analysis of late-Roman deposits (Gibraltar Strait, Southern Spain). Miscellanea INGV, 27, 418-422.
Sillières, P. (1997): *Baelo Claudia*: Una ciudad Romana de la Bética. Junta de Andalucía-Casa de Velázquez, Madrid.
Silva, P.G. *et al.* (2009): Surface and subsurface paleoseismic records at the ancient Roma city of *Baelo Claudia* and the Bolonia Bay area, Cádiz (South Spain). Geol. Soc. London, Spec. Pub. 316, 93-121.
Silva, P.G. *et al.* (2016): Los terremotos antiguos del conjunto arqueológico romano de *Baelo Claudia* (Cádiz, Sur de España): Quince años de investigación arqueosismológica. Estudios Geol 72 (1), e050.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	**LONGITUDE**	**LATITUDE**	**MAG (Mw/Ms/M*)**	**EMS 98**	**MSK 64**	**ESI 07**	**Q_g**	**SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)**
ARQ 0260280 *Baelo Claudia*. Bolonia.CA	5°46' W	36°05' N	≥ 5,5 Mw	≥ VIII	≥ VIII	≥ VIII	G	**Gibraltar Strait (Zone 49)**

EVENT NO CATALOGED IN THE IGN DATA BASES
Ref.: Ménanteau *et al.* (1983); Sillières (1987); Silva *et al.* (2005 y 2009); Grützner *et al.* (2012); Giner-Robles *et al.* (2013)

Event Type: **ANCIENT**

GENERAL DAMAGE: This earthquake is not listed in the databases of IGN. The occurrence of the seismic event is defined from different archaeological and geological analysis (Ménanteau *et al.*, 1983; Sillières, 1987; Silva *et al.*, 2005; 2009). The archaeological data recognize two earthquake events in the preserved remains of the roman city. The first in AD 40-60 and the second in AD 260-280. However the roman city is not completely abandoned, following a period of progressive ruin until AD 360-395. This file documents the second seismic event which is widely documented by nicely preserved examples of earthquake archaeological effects (EAEs) in public buildings, Forum, Basilica, Theatre, temples, fish factories and city walls. The application of archaeoseismologic analysis allowed to classify and map the complete set of EAEs within the city and the identified oriented damage records a common NE-SW orientation of ground motion for the entire archaeological site strongly supporting seismic damage (Silva *et al.*, 2005; 2009; 2016; Giner *et al.*, 2013). No data on probable archeoseismic damage for other existing roman cities around the zone, such as *Carteia* (Algeciras Bay) and *Gades* (Cádiz).

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Secondary environmental effects restricted to small landslides (2,000 - 10,000 m³) affecting the eastern part of the monumental zone of the city and the eastern aqueduct outside the city. The presence of a poorly consolidated demolition horizon for city rebuilding after the first seismic event (AD 40-60), triggered local site effects on the new monumental roman city favouring and enhancing the deformation (fracturing and folding) of pavements and building all over the city during the second event (AD 260-280) catalogued in this file. This earthquake is not really featured by relevant earthquake environmental effects (EEEs), but by abundant archaeological effects (EAEs) inventoried within the city. Multiple geophysical analyses (GPR and ERT profiles) has been carried out within and outside the city in order to characterize surface and surface deformations linked to the observed damage. Oriented damage records a common NE-SW orientation of ground motion for the entire archaeological site pointing to an offshore seimogenic source. 2 EEEs (landslides) y 12 EAEs.

☐ ***Surface ruptures (SR) and Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☐ ***Ground cracks (GK):*** *No Reported.*
☒ ***2 Slope movements (SM):*** *Moderate landslides (2,000 – 10,000 m³) on the clayey substratum and demolition horizon in the eastern zone of the city affecting the Forum and Temple area, as well as the eastern aqueduct outside the city.*
☐ ***Liquefaction processes (LQ):*** *No Reported.*
☐ ***Hydrogeological anomalies (HD; HA):*** *No Reported.*
☐ ***Anomalous waves and tsunamis (WA; TS):*** *No Reported.*
☐ ***Other effects:*** *Probable liquefaction effects linked to some individual pop-up structures in the southern sector of the forum and Basilica square (no catalogued). Tsunami event recorded by tsunamite-like deposits in the* Thermae maritima *and* Decumanus maximus *after 255 AD (Röth et al., 2015). This Late-Roman event can be related with the event catalogued here.*
☒ ***12 Archaeoseismic damages:*** *Abundant significant damage recorded in nearly all the public buildings and infrastructure of the Roman city of* Baelo Claudia*: Forum, Basilica, Theatre, temples, city walls,* Decumanus Maximus, Macellum, *Cisterna, etc. Oriented damage shows a consistent NE-SW ground motion for the entire site.*
☒ ***Geological Data:*** *Onshore and offshore geological and geophysical analyses carried out by Silva et al. (2005; 2009) and Grützner et al. (2012) around the Bolonia Bay area identified several active faults with Late Quaternary tectonic records as probable near-field seismic sources. Onshore geological analyses include 3 fault trench analyses in the N-S graben systems and the Cabo de Gracia left-lateral fault about 3 km west to the city, indicating that N-S oriented faults are the more probable seismic sources (Grützner et al., 2012). Offshore seismic reflection profiles developed by these authors also identify N-S trending structures in the Bolonia Bay (≤ 10 km S and SW) with recent tectonic activity able to produce a seismic event. Dimensions of identified fault segments indicate that all these N-S oriented structures are able to generate 5.5 – 6.0 Mw seismic events (Silva et al., 2009; Grützner et al, 2012).* ***Quality of Geological information: Class G.***

Research / Data compilation by: *P.G. Silva (USAL), J.L. Giner-Robles (UAM). Updated 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
ARQ 0260280 *Baelo Claudia*. Bolonia.CA	5º46' O	36º05' N	≥ 5,5 Mw	≥ VIII	≥ VIII	≥ VIII	G	**Arco de Gibraltar (Zona 49)**

EVENTO NO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN
Ref.: Ménanteau *et al.* (1983); Sillières (1987); Silva *et al.* (2005 y 2009); Grützner *et al.* (2012); Giner-Robles *et al.* (2013)

Tipo de Evento | **ANTIGUO**

DAÑOS GENERALES: Este terremoto no está catalogado en las bases de datos del IGN. La ocurrencia del mismo se ha definido a partir de diferentes análisis arqueológicos y geológicos (Ménanteau *et al.*, 1983; Sillières, 1987; Silva *et al.*, 2005; 2009). Los datos arqueológicos han permitido identificar dos eventos sísmicos en este yacimiento arqueológico romano. El primero en el 40-60 AD y el segundo en el 260-280 AD. La ciudad romana fue reconstruida y monumentalizada tras el terremoto del siglo I AD. Sin embargo, la ciudad romana no fue completamente abandonada tras el segundo terremoto (260-280 AD) siguiendo un periodo de progresivo abandono y ruina hasta el 360-395 AD. El segundo evento sísmico que aquí se cataloga se encuentra extensamente documentado por buenos y significativos ejemplos de efectos arqueológicos de los terremotos (EAEs) en edificios públicos tales como el Foro, Basílica, Teatro, templos, factorías de salazón y las Murallas de la ciudad. El análisis arquesismológico de los mismos ha permitido clasificar y cartografiar un completo conjunto de EAEs en el interior de la ciudad, así como identificar daños orientados que indican una orientación común NE-SW del movimiento del terreno para el variado conjunto de efectos analizados, que refuerza el origen sísmico de los daños (Silva *et al.*, 2009; Giner *et al.*, 2013). No existen datos sobre posibles daños arqueosísmicos en otras ciudades romanas próximas, como *Carteia* (Bahía de Algeciras) y *Gades* (Cádiz).

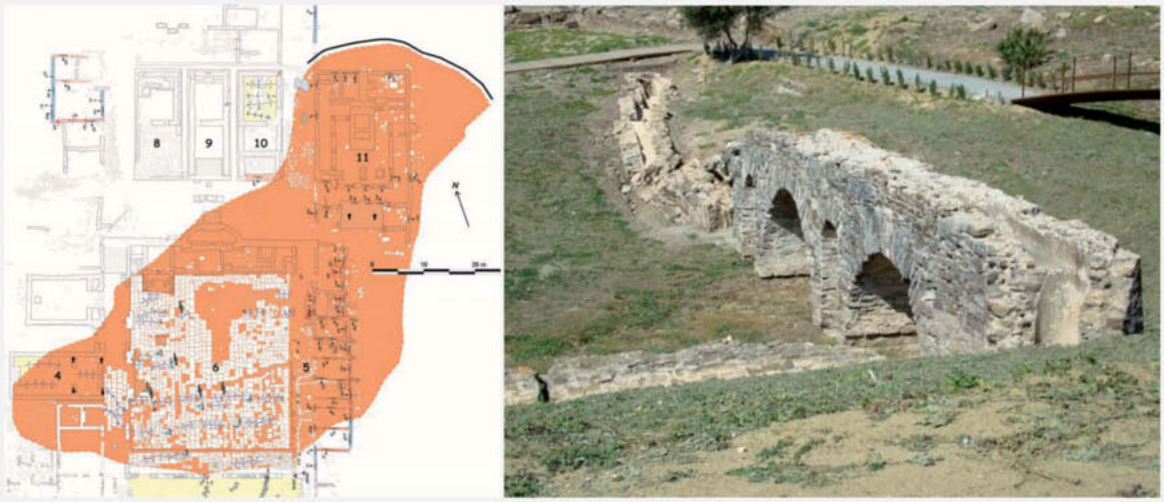
DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Los efectos secundarios quedan restringidos a relativamente pequeños deslizamientos (2.000 – 10.000 m³) que afectan la parte oriental de la zona monumental de la ciudad y el acueducto oriental de la misma. La existencia de un nivel de demolición para la reconstrucción y ampliación monumental de la ciudad tras el primer terremoto (40-60 AD) provocó efectos sitio locales que facilitaron y amplificaron la deformación (fracturación y plegamiento) de enlosados, pavimentos y estructuras murarias en toda la ciudad durante el segundo terremoto (260-280 AD) que se cataloga en esta ficha. Este evento no está caracterizado por un gran número de efectos geológicos (EEEs), sino por una abundante muestra de efectos arqueosismológicos (EAEs) en el interior de la antigua ciudad romana. Diferentes análisis geofísicos (GPR y ERT) se han llevado a cabo en el entorno de la ciudad y sus alrededores para poder caracterizar las deformaciones superficiales y del subsuelo ligadas a los numerosos daños documentados. El análisis de daños orientados registra una orientación NE-SO del movimiento del terreno homogénea para el conjunto de estructuras, daños que sugieren la existencia de una fuente sísmica en la plataforma continental de la Bahía de Bolonia. 2 EEEs (deslizamientos) y 12 EAEs.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☐ ***Agrietamientos del Terreno (GK):*** *No Registrados.*
☒ ***2 Movimiento de ladera (SM):*** *Procesos de deslizamiento (2.000 – 10,000 m³) del sustrato arcilloso y horizonte de demolición suprayacente sobre el que se asienta la ciudad en su zona oriental. Se encuentran afectados la zona del Foro y los templos, así como el acueducto localizado extramuros en esta zona.*
☐ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *No Registrados.*
☐ ***Anomalías Hidrogeológicas (HD; HA):*** *No Registradas.*
☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (WA; TS):*** *No Registrados.*
☐ ***Otros efectos:*** *Probables procesos de licuefacción asociados a estructuras pop-up individuales en el sector sur del Foro y plaza de la Basílica (no catalogados). Se registra un evento posterior al 255 AD en forma de niveles de tsunamitas en las termas marítimas y* Decumanus maximus *(Röth et al., 2015) que podría ser coetáneo con el evento aquí catalogado, sin embargo también salen fechas C¹⁴ algo más tardías entre 400 – 425 AD, que se corresponden con el abandono definitivo de la ciudad en el c. 395 AD. Los autores consideran un run-up mínimo de 8 m para este evento tardo-romano.*
☒ ***12 Daños arqueológicos:*** *Daños abundantes y significativos en la mayoría de los edificios públicos e infraestructuras de la ciudad romana de* Baelo Claudia*: Foro, Basílica, Teatro, templos, Murallas, mercado, pavimentos, enlosados, cisterna, acueducto, etc. Los daños orientados indican una deformación del terreno NE-SO común para todos los efectos analizados en el yacimiento arqueológico.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Análisis geológicos y geofísicos desarrollados por Silva et al. (2005; 2009) y Grützner et al. (2012) en la zona de la Bahía de Bolonia permiten identificar diferentes fallas activas con registros de deformación cuaternaria reciente como posible fuentes sísmicas en campo cercano. Los estudios geológicos incluyen la realización de 3 trincheras de falla en sistemas de grabens N-S y la falla de desgarre sinestral de Cabo de Gracia, localizados unos 3 km al oeste de la ciudad, indicando que las estructuras N-S son las de actividad más reciente y las fuentes sísmicas más probables (Grützner et al., 2012). También se han realizado campañas de sísmica de reflexión en el litoral de la Bahía de Bolonia identificando estructuras tectónicas N-S con actividad reciente al Sur y Suroeste de* Baelo Claudia *(≤ 20 km de distancia) capaces de producir un evento sísmico. Las dimensiones de estas estructuras N-S indican que son capaces de generar eventos sísmicos de magnitud mínima 5,5 – 6,0 Mw (Silva et al., 2009; 2016; Grützner et al, 2012).* ***Calidad de la información Geológica: Clase G.***

Investigación / Compilación de la información: *P.G. Silva (USAL); J.L. Giner-Robles (UAM). Actualizado 2017.*

IMAGEN EVENTO



Estructuras de plegamiento de tipo pop-up en el enlosado del antiguo Foro de *Baelo Claudia* constituyeron una de las primeras evidencias arqueosismológicas sobre daños orientados en el Conjunto Arqueológico Romano de *Baelo Claudia* (Tarifa, Cádiz). A la izquierda, cartografía del deslizamiento de la zona oriental del Foro. A la derecha, derrumbe y deformación del acueducto de la zona oriental extramuros ocasionado por procesos de deslizamiento cosísmicos.

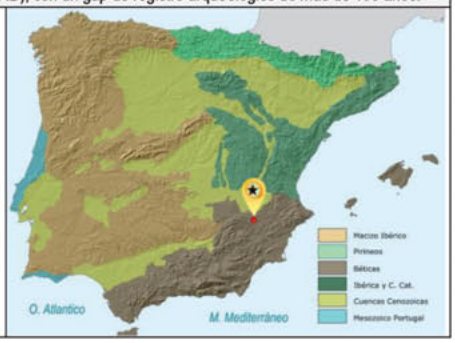
GEO 0300400: *ILUNUM* (Tobarra - Albacete). 300 - 400 AD — GEOLÓGICO

FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw*/Ms/M)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
300 – 400 *AD*		1°39'29"O	38°35'10"N	6,8 Mw*			X	G	G	G	***Ilunum*. Tobarra. AB.**

Método de datación:		NO CATALOGADO: C14 Ref. Bibliográfica: Rodríguez-Pascua, M.A. *et al.* (2012).									**Tipo Evento:**	GEO	
Prof. km	-	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**M_o**	-	**Eventos asociados**		-	**Agencia:**	-	
EEE Primarios		SÍ		**Longitud Falla**		8 km		**Desplazamiento**		1,2 m	**Tipo Desp.:**	Direccional normal diestro	
EEE Secundarios		SÍ		**Categoría ESI07**		☒GK ☐SM ☒LQ ☐HD ☐HA ☐WA ☐TS					**Área afectada:**	1,2 km²	
Otros EEE Ambientales		-		☐ OTROS EFECTOS (OT): No registrados.									
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ		☒ EAEs: Destrucción de la cercana ciudad romana de *Ilunum* (Parque Arqueológico de El Tolmo de Minateda) y abandono de la región y de sus sistemas de riego (s. IV AD), con un gap de registro arqueológico de más de 100 años.									

Referencias bibliográficas básicas:

Rodríguez-Pascua, M.A., *et al.* (2008): Recent seismogenic fault activity in a Late Quaternary closed-lake graben basin (Albacete, SE Spain). *Geomorphology*, 102(1): 169-178.
Rodríguez-Pascua, M.A., *et al.* (2009): Estimation of the tectonic slip-rate from Quaternary lacustrine facies within the intraplate Albacete province (SE of Spain). *Sedimentary Geology*, 222(1-2): 89-97.
Rodríguez-Pascua, M.A., *et al.* (2010): Ancient earthquakes from archaeoseismic evidence during the Visigothic and Islamic periods in the archaeological site of "Tolmo de Minateda" (SE Spain). In: Sintubin, M., Stewart, I.S., Niemi, T.M., and Altunel, E., (eds.). *Ancient Earthquakes*: Geological Society of America Special Paper 471: 171-184.
Rodríguez-Pascua, M.A., *et al.* (2012): Paleoseismic and geomorphologic evidence of recent tectonic activity of the Pozohondo Fault (Betic Cordillera, SE Spain). *Journal of Iberian Geology*, 38(1): 113-126.
Rodríguez-Pascua, M.A. *et al.* (2013): Roman, Visigothic and Islamic evidence of earthquakes recorded in the archaeological site of "El Tolmo de Minateda" (Prebetic Zone, southeast of Spain). Cuaternario y Geomorfología, 27 (3-4): 65-72.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw*/Ms/M)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
GEO 0300400 *Ilunum*, Tobarra, AB	1°39'29"W	38°35'10"N	6.8 Mw*			X	G	**External Prebetic Zone (Zone 30)**

EVENT NO CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Reported by: Rodríguez-Pascua, M.A *et al.* (2012)	**Event Type:**	**GEOLOGIC**

GENERAL DAMAGE: No reported by historical sources. Archaeoseismic data (Rodríguez-Pascua *et al.*, 2010; 2013) indicate the occurrence of damage ≥ VIII EMS in the ancient Roman City of "*Ilunum*" (El Tolmo de Minateda), located 12 km away SW of the fault-trenching sites on the Pozohondo Fault Zone.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects PRESENT, located close to the Alboraj Lake. The coseismic fault scarp (1.5 km long and 1.2 m of free face) is visible in this area with NW-SE strike and linked to a system of large ground cracks of similar orientation triggering the development of a NW-SE elongated Horst-Graben micro-relief conditioning the drainage and the occurrence of a fault-pond (sag-pond) in its SE termination. Environmental damage by secondary effects preserved affected an area of 1.2 km² delineating a narrow NW-SE strip along the fault trace. Several papers report two trenches excavated on the main fault trace as well as the analysis of the seismites in the Alboraj Lake. 2 EEE records for primary effects, 2 records for secondary effects and 1 EAE records.

☒ ***1 Surface ruptures (SR):*** *1.5 km long of fault coseismic surface rupture.*
☒ ***1Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *Coseismic fault free face of 1.2 m.*
☒ ***1 Ground cracks (GK):*** *Significant system of open ground cracks of decametric length and metric width affecting to Late Pleistocene-Holocene lacustrine limestone rocks assembled with the main ground rupture. This ground rupture system conditioned the drainage and the development of a fault-pond (Alboraj Lake).*
☐ ***Slope movements (SM):*** *No Reported.*
☒ ***1 Liquefaction processes (LQ):*** *Fault graded beds and sand dikes reported in the lake sediments of Alboraj Lake indicating paleo-liquefaction processes consistent with the radiocarbon ages obtained from the fault trenching analyses.*
☐ ***Hydrogeological anomalies (HD; HA):*** *No Reported.*
☐ ***Anomalous waves and tsunamis (WA; TS):*** *No Reported.*
☐ ***Other effects:*** *No Reported.*
☒ ***1 Archaeoseismic damage:*** *The ancient Roman City of* Ilunum *(El Tolmo de Minateda, located 12 km away SW) and the agricultural area were destroyed and abandoned during the 4th century. Evidence of this abandonment includes the partial detritical infilling of the fresh-water supply and irrigation canals in the Zama town (close to* Ilunum*), as well as the increasing population dispersion outwards from the site (Abad-Casal, 1998). As coseismic effects, both the solid defensive wall and the watchtowers in the entrance of de city collapsed, and it is possible identify penetrative fractures across the in-situ remained stone blocks (Rodríguez-Pascua* et al.*, 2013).*

☒ ***Geological Data:*** *The most important geological effects are related to the coseismic fault rupture and the abundant ground cracks. Two trenches were excavated in the main fault trace and the last event has a bracketed age (14C) between AD 1st – 4th centuries, during the High Roman Empire. Seismites (fault graded beds) are described in the sedimentary record of the Alboraj Lake and the radiometric dating (14C) is consistent with the fault-trench data. All of these data are reported by Rodríguez-Pascua* et al. *(2008, 2009; 2012).* ***Quality of Geological Information: Class G.***

Research / Data compilation by: *M.A. Rodríguez-Pascua, M.A. Perucha Atienza (IGME). Updated 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw*/Ms/M)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
GEO 0300400 *Ilunum*, Tobarra, AB	1°39'29"O	38°35'10"N	6,8 Mw*			X	G	Prebético Externo (Zona 30)

EVENTO NO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN
Registrado por: Rodríguez-Pascua, M.A., *et al.* (2012).

Tipo de Evento: **GEOLÓGICO**

DAÑOS GENERALES: No registrados por fuentes históricas. Datos arqueosísmicos (Rodríguez-pascua *et al.*, 2010; 2013) indican el registro de daños ≥ VIII EMS en la antigua ciudad romana de *Ilunun* (Tolmo de Minateda) situado 12 km al SO de las trinchera de falla realizadas sobre la Falla de Pozohondo.

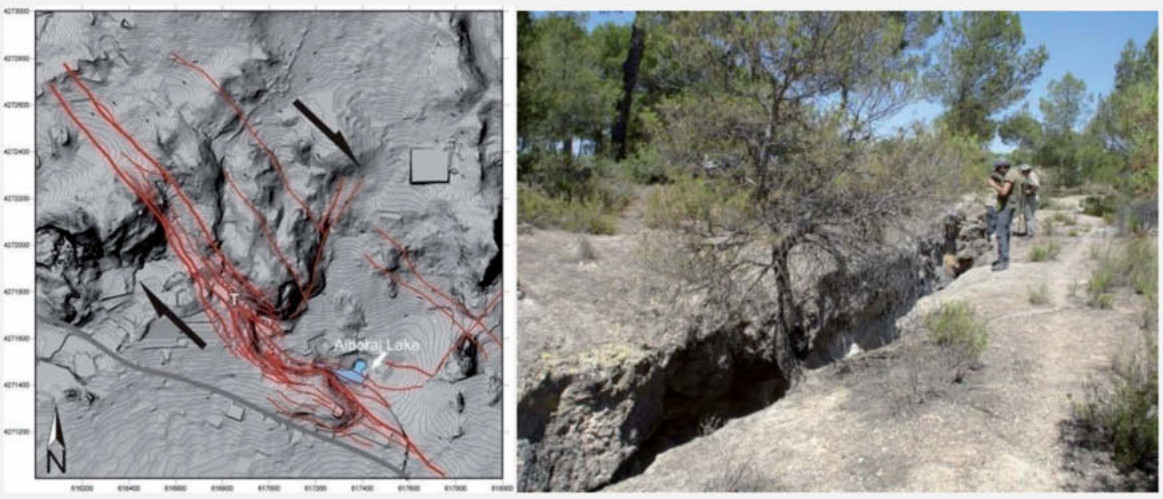
DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios PRESENTES. Se encuentran localizados en el entorno de la Laguna de Alboraj. El escarpe cosísmico de falla (1,5 km de longitud y 1,2 m de salto superficial) es visible en esta área con dirección NW-SE. Este se relaciona y continúa con un sistema de grandes grietas de similar orientación dando lugar a un micro-relieve de tipo Hosrt-Graben NW-SE al cual se adapta el drenaje y da lugar al desarrollo de una laguna de falla (Laguna de Alboraj) en su terminación SE. El área afectada por efectos secundarios es de 1,2 km² ciñéndose a una pequeña banda de dirección NW-SE a lo largo de la traza de la ruptura superficial. Varios artículos científicos documentan dos trincheras de falla y el análisis de sismitas en la Laguna de Alboraj. En total se han registrado 4 EEEs y 1 EAE.

☒ ***1 Rupturas de Falla (SR):*** *1,5 km de ruptura superficial de falla de dirección general NW-SE.*
☒ ***1 Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *Escarpe cosismico de falla de 1,2 m.*
☒ ***1 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Amplio sistema de Grietas de longitud hectométricas y apertura métrica en materiales carbonatados lacustres de edad Pleistoceno Superior-Holoceno de dirección subparalela a la falla principal, con la cual se ensamblan en algunas zonas. Junto con el escarpe de falla principal condicionan el drenaje y el desarrollo de la "Laguna de Falla" de Alboraj.*
☐ ***Movimientos de ladera (SM):*** *No Registrados.*
☒ ***1 Procesos de licuefacción (LQ):*** *Niveles de sismitas (espesor cm) y pequeños diques de arena en sondeos realizados en la laguna de falla de Alboraj que indican procesos de licuefacción de los sedimentos lacustres de edad radiométrica coherente con la de la ruptura superficial de falla.*
☐ ***Anomalías Hidrogeológicas (HD; HA):*** *No Registrados.*
☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (WA; TS):*** *No Registrados.*
☐ ***Otros efectos:*** *No Registrados.*
☒ ***1 Efectos arqueosísmicos:*** *La antigua ciudad romana de* Ilunum *(El Tolmo de Minateda) y el área agrícola circundante fue destruida y abandonada en el Siglo IV AD. Las pruebas de este abandono incluyen el relleno detrítico parcial de los sistemas de riego en la cercana localidad de Zama, así como el despoblamiento de la zona. Los efectos arqueosísmicos que podemos destacar son: la caída orientada de la sólida muralla defensiva y las dos torres de vigilancia de la entrada a la ciudad, y es posible observar fracturas penetrativas en los bloques de sillería que aún forman los cimientos.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *El efecto geológico más importante es la ruptura superficial de falla cosísmica y la abundante presencia de grietas superficiales aún visibles en la zona, así como la Laguna de Falla de Alboraj (Sag pond). Se han excavado dos trincheras de falla y el plano principal asociado al último evento ha sido datado (C^{14}) en el periodo comprendido entre los siglos I y IV AD, durante el Alto Imperio Romano. También se han descrito niveles de sismitas (fault graded beds y diques de limos) en la mencionada Laguna de Falla (Alboraj) y su datación (C^{14}) es congruente con los datos de la trinchera. Todos estos datos han sido tomados de Rodríguez-Pascua et al. (2008, 2009, 2012).* ***Calidad de la información geológica: Clase G.***

Investigación / Compilación de la información: *M.A. Rodríguez-Pascua, M.A. Perucha Atienza (IGME). Actualizado 2017.*

IMAGEN EVENTO



Modelo digital de elevaciones de detalle (resolución de 0,5 m) en el área de la Laguna de Alboraj (Tobarra, AB) donde se localizan la mayoría de los efectos geológicos producidos por el terremoto. Las líneas gruesas rojas indican las trazas principales de la falla, y las líneas finas, las grietas del sustrato aún observables sobre el terreno. La "T" indica la posición de la trinchera realizada sobre la falla de la que se disponen de dataciones absolutas mediante C^{14}. A la izquierda ruptura superficial del terremoto de Tobarra 300-400AD. Tomada de Rodríguez-Pascua, M.A., *et al.* (2012).

ARQ 0350400: *COMPLUTUM* (Alcalá de Henares-Madrid). 350 - 400 AD — ANTIGUO

FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
350 – 400 *AD*	-	3°19'9,21"O	40°30'17"N	≥ 5,5 Mw	≥ VIII	≥ VIII	IX	Q	Q	G	***Complutum*. A. de Henares. M**

Método de datación:	NO CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Rodríguez-Pascua *et al.* (2014; 2015; *in press*)							**Tipo Evento:**	ARQ
Prof. km	-	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**Mo**	-	**Eventos asociados**	-	**Agencia:**	SCI. PUB
EEE Primarios	NO			**Longitud Falla**		-		**Desplazamiento**	-	**Tipo Desp.:**	SIN DATOS
EEE Secundarios	SÍ			**Categoría ESI07**		☒GK ☐SM ☒LQ ☐HD ☐HA ☐WA ☐TS				**Área afectada:**	≥ 10 km²
Otros EEE Ambientales	NO	☐ OTROS EFECTOS (OT): No registrados.									
EAE Efectos Arqueosismológicos	SÍ	☒ EAEs: Daños en el yacimiento romano de La Magdalena (Barriada industrial de *Complutum*). Responden a rupturas direccionales del terreno y hundimientos-elevaciones del terreno de carácter centimétrico generados por la licuefacción generalizada de la zona, que provocan rupturas, desplazamientos y hundimientos de las edificaciones y cimientos (cisternas, basílicas, etc.). Una de las estructuras de licuefacción más importantes son los cráteres de arena por explosión, que también afectan a las instalaciones romanas. Las deformaciones también afectan a los enterramientos de la segunda mitad del siglo IV AD localizados en el sector Norte del yacimiento.									

Documentación IGN 2002: NO CATALOGADO

Referencias bibliográficas básicas:

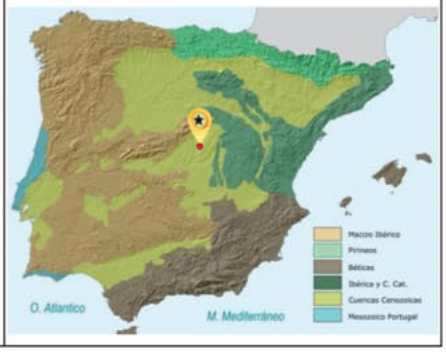
Gómez-Pantoja, J. (2013): *Complutum* y su territorio. En: La romanización en Guadalajara, arqueología e historia. (M.L. Cerdeño, E. Gamo y T. Sagardoy, Eds.). Editorial La Ergástula, Madrid (España), 63-72.

Heras Martínez, C., *et al.* (2015): El conjunto industrial romano altoimperial de "La Magdalena II" (Alcalá de Henares): hornos, almacenes y conjuntos hidráulicos. Actas VIII Jornadas de Patrimonio Arqueológico en la Comunidad de Madrid. pp. 1-14.

Rodríguez-Pascua, M.A., *et al.* (2014): Evidencias Arqueosismológicas de la destrucción de *Complutum* en el siglo IV AD (Cuenca del Tajo, España). En: IBERFAULT II (F. Martín-González *et al.*, Eds). IGME – UCM, Madrid, España, pp. 141-144.

Rodríguez-Pascua, M.A., *et al.* (2015): New insights on the occurrence of ancient earthquakes in Central Spain: Archaeoseismology of the *Complutum* area (4th century AD, Madrid). Miscellanea, INGV, 27, 410-413.

Rodríguez-Pascua, *et al.* (2016): Seismically induced liquefaction structures in La Magdalena archaeological site, the 4th century AD Roman *Complutum* (Madrid, Spain). Sedimentary Geology, 344, p. 34-46. DOI: 10.1016/j.sedgeo.2016.01.025.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
ARQ 0350400 *Complutum*. A. Henares, M	3°19'9.21"W	40°30'17"N	≥ 5.5 Mw	≥ VIII	≥ VIII	IX	G	**Central Spain; Southern Meseta (Zone 12)**

EVENT NO CATALOGED IN THE IGN DATA BASES
Ref.: Rodríguez-Pascua *et al.* (2014; 2015; *in press*)

Event Type: **ANCIENT**

GENERAL DAMAGE: The most important EAEs in the site are liquefactions (sand dikes, explosive sand-gravel craters, open ground cracks and lateral spreading phenomena) affecting Roman structures, such as water tanks (cisterns), buildings and graves. Ground liquefaction generated significant ground cracks, explosive craters and folds in foundations of buildings. Ground shacking and liquefaction affected to the graveyards of the second half of the 4th Century AD disturbing the skeletons buried in wood coffins (allowing the free movement of bones). Previous and latter burials don't display such type of post-mortem alterations. The city of *Complutum*, 4 km away, was anomalously abandoned during the late 4th Century AD, shortly after their monumentalization during the early 4th Century. Several other Roman sites throughout the valley between *Complutum* (Alcalá) y La Arriaca (Guadalajara), in a radius of c. 20 km, were also abandoned abruptly during this period, in some cases with EAEs of similar origin.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Secondary effects featured by widespread liquefaction processes triggering ground cracking by lateral spreading, sand ejections and the occurrence of important explosive sand-gravel craters more than one meter in diameter. All these secondary earthquake effects caused the important damage in roman buildings and facilities summarized above.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☒ ***1 Ground cracks (GK):*** *Open ground cracks few meters length and c. 30 centimetres wide, linked to liquefaction and sand ejection processes. Several of these ground cracks are affecting to roman buildings and cisterns (water tanks) triggering the rupture of thick floors and walls (40 - 55 cm) built with "opus caementicium" (Roman Concrete) of hydraulic setting.*
☐ ***Slope movements (SM):*** *No Reported.*
☒ ***4 Liquefaction processes (LQ):*** *Widespread liquefaction processes throughout the eastern zone of the archaeological site, associated to an ancient sand-gravel point-bar. Liquefaction features include sand and gravel dikes, explosive sand-gravel craters (> 1m diameter) and lateral spreading (ground cracking) structures. Trenching and electric tomography data indicate that the liquefied sand levels was about 6 m in depth.*
☐ ***Hydrogeological Anomalies (HD; HA):*** *No Reported.*
☐ ***Anomalous Waves and Tsunamis (WA; TS):*** *No Reported.*
☐ ***Other effects:*** *No Reported.*
☒ ***3 Archaeoseismic damage:*** *Outstanding structures of deformations, such as: (1) disrupted, folded and differentially sunk building foundations; (2) Ruptured, rotated, tilted and collapsed walls and floors made of thick roman concrete by ground cracking and liquefaction; (3) Exploded water cistern corners by the occurrence of liquefaction explosion craters; (4) Disturbed skeletons in coffin burials triggered by ground shaking and liquefaction processes.*

☒ ***Geological Data:*** *Event supported by numerous geological and archaeological data since the earlier excavations of La Magdalena site in the year 2014 (i.e. Rodríguez-Pascua et al., 2014; 2016; Heras Martínez, 2015). Archeoseismological research mapped all the disturbed roman structures and burials. Site investigations include 2D electric tomography, trenching analyses of ground deformation structures, excavation of sand-gravel explosion craters (Rodríguez-Pascua et al., 2016). Geological and Geomorphological analyses point to the Henares Fault (c. 20 km length) as the suspect seismic source. This fault runs along the opposite valley margin, c. 0.8 km away from the archaeological site, displays recent deformation features of Late Quaternary age and their dimensions enable the generation of earthquakes ≥ 5.5 Mw capable to generate the set of liquefaction structures affecting the archaeological site. The earthquake is archaeologically dated in the second half of the 4th Century AD.* ***Quality of Geological information: Class G.***

Research / Data compilation by: *M.A. Rodríguez-Pascua (IGME), P.G. Silva (USAL), M.A. Perucha (IGME), J.L. Giner-Robles (UAM). Newly published 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
ARQ 0350400 *Complutum*. A. Henares, M	3°19'9,21"O	40°30'17"N	≥ 5,5 Mw	≥ VIII	≥ VIII	≥ VIII	G	**España Central; Sur de la Meseta (Zona 12)**
EVENTO NO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN Ref.: Rodríguez-Pascua *et al.* (2014; 2015)								**Tipo de Evento** **ANTIGUO**

DAÑOS GENERALES: Los efectos más importantes están asociados al proceso de licuefacción generalizada que sufrió la zona, dando lugar a intrusiones de diques de arena, cráteres de explosión de arena y gravas, agrietamientos del terreno y *lateral spreading*, que afectaron al conjunto de las estructuras presentes en el yacimiento romano. La licuefacción del terreno provocó grandes agrietamientos y su deformación diferencial produciendo pliegues y diferencias de cota que afectaron a los cimientos de las construcciones, como un almacén de planta basilical y cisternas. Las licuefacciones también afectaron a los enterramientos de la segunda mitad del siglo IV AD, removilizando y desplazando los esqueletos dentro de los ataúdes. Enterramientos anteriores y posteriores no presentan este tipo de alteraciones post-mortem. La propia ciudad de *Complutum* (a unos 4 km) fue abandonada anómalamente y reubicada de lugar durante este periodo poco después de su monumentalización a principios del siglo IV AD. Además, varios asentamientos romanos también fueron abruptamente abandonados durante la segunda mitad del mismo siglo en el Valle del Henares entre *Complutum* (Alcalá) y la Arriaca (Guadalajara), en un radio de unos 20 km.

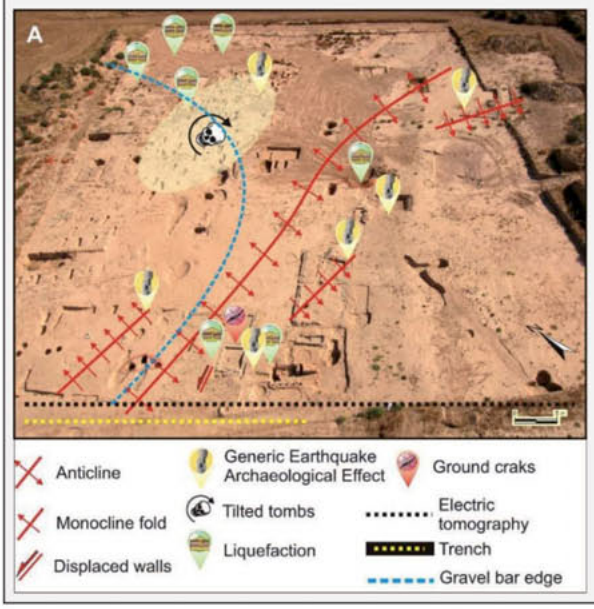
DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Efectos secundarios caracterizados por la licuefacción generalizada del terreno en la zona del yacimiento que provocó la generación de agrietamientos del terreno, lateral spreading, eyección de arenas y cráteres de explosión de más de un metro de diámetro. Todos estos procesos de deformación provocaron el severo daño sísmico que se sumariza en el apartado anterior. Las fichas EEE y EAE correspondientes a este evento recogen las deformaciones más importantes registradas en el yacimiento, pero no todas ellas.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☒ ***1 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Agrietamientos del terreno de unos pocos metros de longitud y anchura de unos 30 cm ligados a los procesos de licuefacción y eyección de arenas que afectan el lugar. Algunos de los agrietamientos más importantes afectan a edificaciones y cisternas romanas, provocando la ruptura, rotación, desplazamiento y destrucción de los suelos y muros de cisternas construidas en mortero hidráulico romano (*opus caementicium*) de unos 40-55 cm de espesor.*
☐ ***Movimiento de ladera (SM):*** *No Registrados.*
☒ ***4 Procesos de licuefacción (LQ):*** *Licuefacción generalizada del terreno en el sector oriental del yacimiento asociado a la presencia de una antigua barra de meandro arenosa sobre la que se ubica. Las estructuras de licuefacción incluyen diques de arenas y gravas, cráteres de explosión de gravas y arenas (> 1 m diámetro), así como estructuras de lateral spreading y agrietamientos del terreno asociados. La prospección geofísica y trincheras de exploración realizadas indican que los niveles de arenas licuefactados proceden de unos 6 m de profundidad.*
☐ ***Anomalías Hidrogeológicas (HD; HA):*** *No Registradas.*
☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (WA; TS):*** *No Registrados.*
☐ ***Otros efectos:*** *No Registrados.*
☒ ***3 Daños arqueológicos:*** *Las estructuras de deformación más significativas son: (1) cimentaciones de edificaciones desplazadas, plegadas y diferencialmente hundidas; (2) Muros y suelos de mortero romano rotos, rotados, inclinados y colapsados por procesos de agrietamiento y licuefacción del terreno; (3) Esquinas de cisternas estalladas como consecuencia de la ocurrencia de cráteres de explosión por licuefacción; (4) Esqueletos con huesos desplazados direccionalmente como consecuencia de la sacudida sísmica y licuefacción del terreno.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Evento documentado por numerosos datos geológicos y arqueológicos procedentes de las excavaciones del yacimiento de La Magdalena desde el año 2014 (Rodríguez-Pascua et al., 2014; 2016; Heras Martínez, 2015). La investigación arqueosismológica ha cartografiado y analizado todas las estructuras de deformación en edificaciones y enterramientos romanos. La investigaciones realizadas incluyen tomografías eléctricas 2D, análisis de trincheras en estructuras de deformaciones, excavación de los cráteres de explosión y análisis geocronológicos (Rodríguez-Pascua et al., 2016). Datos geológicos y geomorfológicos señalan a la Falla del Henares (c. 20 km de longitud) como la fuente sísmica responsable. Esta falla discurre por el margen opuesto del valle, a escasos 0,8 km de distancia del yacimiento arqueológico, presenta rasgos de deformación durante el Cuaternario reciente y sus dimensiones la habilitan para la generación de terremotos ≥ 5,5 Mw capaces de generar el conjunto de estructuras de licuefacción que afectan al yacimiento romano. El terremoto se encuentra datado arqueológicamente en la segunda mitad del siglo IV AD.* ***Calidad de la información Geológica: Clase G.***

Investigación / Compilación de la información: *M.A. Rodríguez-Pascua (IGME); P.G. Silva (USAL), M.A. Perucha (IGME), J.L. Giner-Robles (UAM). Nueva publicación 2017.*

IMAGEN EVENTO





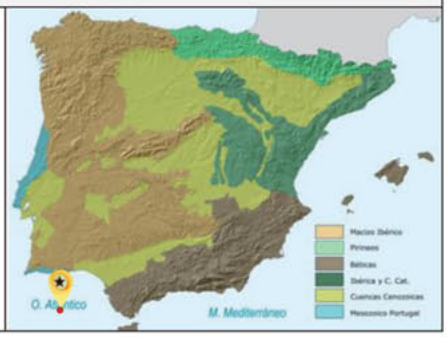
Vista aérea del yacimiento romano de La Magdalena (Alcalá de Henares) ilustrando las deformaciones del terreno, sistemas de agrietamientos y edificaciones dañadas como consecuencia de la licuefacción generalizada del terreno provocadas por el terremoto de la segunda mitad del siglo IV AD. B) Detalle de una cisterna realizada con mortero hidráulico fracturada por efectos de licuefacción de niveles arenosos inferiores y con efecto de *lateral spreading*.

HST 08810526: GOLFO DE CÁDIZ (PL). 881 AD											HISTÓRICO	
FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO	
08810526*AD*	-	8°00' O	36°00' N	7,2 M*	X-XI	XI-X	XI	D_0	C	C	Golfo de Cádiz.	
Método de datación:		CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Sánchez Navarro-Neumann, M. (1921), Galbis, J. (1932; 1940)									Tipo Evento:	HST
Prof. km	-	±EZ	-	±EH-	-	M_0	-	Eventos asociados		-	Agencia:	IGN / IAG
EEE Primarios		NO		Longitud Falla		-		Desplazamiento		-	Tipo Desp.:	SIN DATOS
EEE Secundarios		SÍ		Categoría ESI07		☒GK ☒SM ☐LQ ☐HD ☐HA ☐WA ☒TS					Área afectada:	100.000 km²
Otros EEE Ambientales		SÍ		☒ OTROS EFECTOS (OT): Comportamiento anómalo de la fauna, según las descripciones originales: *"Las aves abandonaron sus nidos y sus crías y no regresaron hasta después del terremoto; las fieras abandonaron sus cuevas"*.								
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ		☒ EAEs: Colapsos y agrietamientos de palacios, castillos y otros edificios singulares, algunos destruidos hasta sus cimientos. No existen datos de más detalles.								

Documentación IGN 2002:3, 165, 166, 181, 205, 275, 280, 314, 366, 405, 490, 504, 545, 618, 623, 626, 685, 687, 721, 783, 800, 1043, 1064, 1076

Referencias bibliográficas básicas:

Conde, J.A. (1844): Historia de la dominación de los Árabes en España: sacada de varios manuscritos y memorias arábigas, Volumen 1.
Espinar Moreno, M. (1994): Los estudios de sismicidad histórica en Andalucía: Los terremotos históricos de la provincia de Almería. Inst. de Estudios Almerienses, pp. 115-180.
Galbis, J. (1932; 1940): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5° E y 20° W de Greenwich y los paralelos 45° y 25° Norte, Tomos I y II. Inst. Geográfico Catastral y Estadística, Madrid.
Poirier, J.P., Taher, M. A. (1980): Historical seismicity in the near and middle east, north Africa, and Spain from Arabic documents (7th-13th Century). Bull. Seismological Soc. Am., 70(6), 2185-2201.
Sánchez Navarro-Neumann, M. (1921): Lista de los terremotos más notables sentidos en la Península Ibérica desde los tiempos más remotos, hasta 1917, inclusive, Memorias y trabajos de vulgarización científica. pp. 11-65.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 08810526 Gulf of Cádiz, AT. O.	8°00' W	38°00' N	7.2 M*	X-XI	IX-X	XI	C	Atlantic Ocean; Gulf of Cádiz (Zone 51)
EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Conde (1844); Galbis (1932; 1940); Poirier & Taher (1980); Espinar Moreno (1994); Gràcia *et al.* (2010).							Event Type:	HISTORIC

GENERAL DAMAGE: There are different assigned dates. The calculation of the date from the Arabic date done by Sánchez Navarro-Neumann (1921) with data from Conde (1844) assigned a date on 10th July 881. Galbis (1932) only provided the Arabic date. The correct date is the one given by IGN Catalogue on 26th May 881, confirmed by mean of transform the Arabic date with the software provided by Institute of Oriental Studies of the Zurich University. The available documents describe damages in castles, palaces, mosques and houses over the al-Andalus (Andalucía), but do not provide locations. The earthquake affected all the Maghreb, from Tangier to Tlemcen (North Africa), and the totality of al-Andalus, especially in the ancient Umayyad Emirate of Córdoba (the only mentioned zone in the Spanish territory). Many coastal localities of southern and western Spain were strongly affected. Poirier and Taher (1980) assigned to this event an intensity X MSK and Espinar Moreno (1994) indicates that it could reach intensity IX-X MSK. In the data base of the IAG is assigned a maximum intensity of X-XI EMS and an estimated magnitude of 7.2 Mw (no more detailed data on these event-size evaluations).

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Environmental damage is vaguely described in original arab texts. Descriptions indicate that *"mountains and plains opened; the earth guzzled or engorged villages and hills; the sea shrank away, islands and islets disappeared; many villages in the southern and western coasts of Spain (al-Andalus) were totally ruined"*, suggesting the probable participation of a tsunami. In fact this event is still included in the tsunami catalogue of the IGN, located in the Gulf of Cádiz. The specific mention of the north african localities of Tangier (Morocco) and Tlemcen (Tremecén, Algeria), about 400 km apart, and the mention to the al-Andalus southern coastal zones, suggest that the earthquake affected the whole Alboran Sea over a minimum area of 80,000 km², which will increase up to 100,000 km² if the western zones of al-Andalus (in the Gulf of Cádiz) are included. This areal extent will indicate a maximum epicentral intensity of XI ESI-07macroseismic scale.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☒ ***Ground cracks (GK):*** *Original descriptions (mountains and plains opened; and the earth guzzled or engorged villages and hills) suggest the widespread occurrence of ground cracking and slope movements over a large territory.*
☒ ***Slope movements (SM):*** *Original descriptions (mountains and plains opened; and the earth guzzled or engorged villages and hills) suggest the widespread occurrence of ground cracking and slope movements over a large territory.*
☐ ***Liquefaction processes (LQ):*** *No Reported.*
☐ ***Hydrogeological anomalies (HD; HA):*** *No Reported.*
☒ ***Anomalous Waves and Tsunamis (WA; TS):*** *Probable tsunami that destroyed multiple villages of the eastern and the western coasts of Andalucía (al-Andalus).*
☒ ***Other effects:*** *Anomalous behaviour of the fauna (birds fly out of his nets and the beasts run away from his caves) characteristic of strong earthquake events.*
☒ ***Archaeoseismic damage:*** *strong damage in castles, palaces and houses over the whole affected zone in Andalucía (al-Andalus). No more detailed data in order to perform analysis.*

☒ ***Geological Data:*** *There is not specific geological study on this earthquake. Only the work of Gràcia et al. (2010) document turbidite deposits around the Gorringe Bank dated in 855–1110 yr BP (Event 4) which seems to be coeval with the AD 881 historical earthquake and tsunami documented in this summary-file. In any case, historical data seems to indicate that the most affected area was the north-Africa and Spanish coasts around the Alboran Sea (Western Mediterranean), but available data are insufficient for any good location of the macroseismic epicentre.* ***Quality of Geological Information: Class C.***

Research / Data compilation by: *Javier Lario (UNED), Pablo G. Silva (USAL). Published in 2014.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 08810526 Golfo de Cádiz, O. AT.	8°00' O	38°00' N	7,2 M*	X-XI	IX-X	XI	C	**Océano Atlántico; Golfo de Cádiz (Zona 51)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN
Ref.: Conde (1844); Galbis (1932; 1940), Poirier & Taher (1980); Espinar Moreno (1994); Gràcia *et al.* (2010).

Tipo de Evento | **HISTÓRICO**

DAÑOS GENERALES: Una controversia sobre el terremoto se produce sobre la fecha del evento. Al transformar la fecha árabe dada en algunos documentos, Sánchez Navarro-Neumann (1921), con datos de Conde (1844), da la fecha de 10 de junio de 881. Galbis (1932) indica solo la fecha original árabe. La fecha correcta, dada por IGN de 26 de mayo de 881, ha sido confirmada al transformar la fecha árabe original con el programa del Institute of Oriental Studies de la Universidad de Zurich. Los documentos disponibles describen daños considerables en casas, mezquitas, castillos y palacios, algunos arruinados hasta sus cimientos, a lo largo de todo el al-Andalus (Andalucía), pero no precisan datos sobre su localización. Solo parece mencionarse Córdoba, seguramente en referencia al territorio del antiguo Emirato Omeya (no solo a la ciudad). Muchas poblaciones situadas en zonas costeras del sur y occidente de Andalucía quedaron arruinadas. Poirier and Taher (1980) asignan a este evento una intensidad de X MSK, y Espinar Moreno (1994) indica que al menos alcanzaría intensidad IX-X MSK. En la base de datos del IAG se le asigna una intensidad de X-XI EMS con una magnitud estimada de 7,2 Mw (no existen más detalles sobre estas evaluaciones paramétricas).

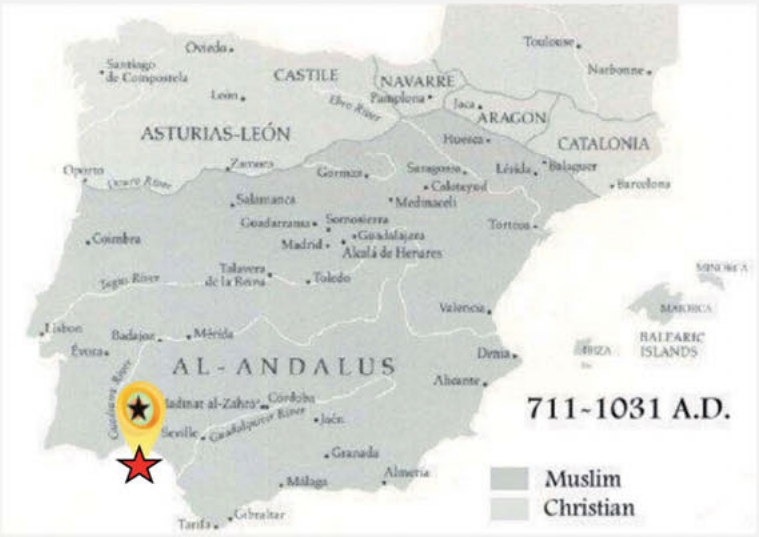
DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Los efectos ambientales secundarios se describen de una forma muy generalista en los textos árabes originales. Las descripciones indican que "*se abrieron peñascos y la tierra se hundió y trago pueblos y alturas; el mar se retrajo y aparto las costas y desaparecieron islas y escollos en el mar...; se arruinaron muchos pueblos de la costa meridional y occidental de España*", sugiriendo la probable intervención de un tsunami. De hecho, este evento se encuentra todavía incluido en el catálogo de tsunamis del IGN, localizándolo en el Golfo de Cádiz. La mención específica en los textos originales a las localidades norteafricanas de Tangier (Tanger, Marruecos) yTlemcen (Tremecén, Argelia), distantes unos 400 km, así como la mención de las costas meridionales de al-Andalus, sugieren que el terremoto afectó a una amplia zona del Mar de Alborán sobre un área mínima de 80.000 km², que ascendería a unos 10.000 km² si se incluyen las zonas costeras del Golfo de Cádiz. Esta extensión areal indica una intensidad epicentral máxima de XI grados en la escala macrosísmica ESI-07.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☒ ***Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Las descripciones originales (se abrieron peñascos y la tierra se hundió y tragó pueblos y alturas), sugieren que los procesos de agrietamiento del terreno y desprendimientos debieron de afectar a un vasto territorio en la zona meridional de Andalucía.*
☒ ***Movimientos de Ladera (SM):*** *Las descripciones originales (se abrieron peñascos y la tierra se hundió y tragó pueblos y alturas), sugieren que los procesos de agrietamiento del terreno y desprendimientos debieron de afectar a un vasto territorio en la zona meridional de Andalucía.*
☐ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *No Registrados.*
☐ ***Anomalías Hidrogeológicas (HD; HA):*** *No Registradas.*
☒ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (WA; TS):*** *Tsunami generalizado en toda la costa sur de la Península, arrasando bastantes poblaciones; se indica específicamente que* "el mar se retrajo y apartó las costas y desaparecieron islas y escollos en el mar...; se arruinaron muchos pueblos de la costa meridional y occidental de España".
☒ ***Otros Efectos:*** *Comportamiento anómalo de la fauna, característico de grandes terremotos:* "las aves abandonaron sus cuevas y las fieras espantadas dejaban sus nidos y madrigueras con general turbación".
☒ ***Efectos Arqueosismológicos:*** *Efectos destructivos en casas, castillos, palacios y edificios singulares, a lo largo de todo el territorio afectado en Andalucía (al-Andalus). No se consignan datos más detallados que permitan su análisis.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *No existen estudios geológicos específicos sobre este evento. Solo en el trabajo de Gràcia et al. (2010) se documentan niveles de turbiditas en la zona del Banco de Gorringe, datados en 855–1110 yr BP (Evento Holoceno Nº 4) que podrían ser coetáneos al terremoto-tsunami que se cataloga en esta ficha-resumen. En cualquier caso, parecen existir incoherencias, ya que los datos históricos mencionan claramente que las zonas más afectadas fueron las costas norteafricanas y españolas alrededor del Mar de Alborán (Mediterráneo Occidental), pero los datos disponibles son insuficientes para realizar ninguna localización fiable del epicentro macrosísmico del mismo.* ***Calidad de la Información Geológica: Clase C.***

Investigación / Compilación de la información: *Javier Lario (UNED), Pablo G. Silva (USAL). Publicado en 2014.*

IMAGEN EVENTO



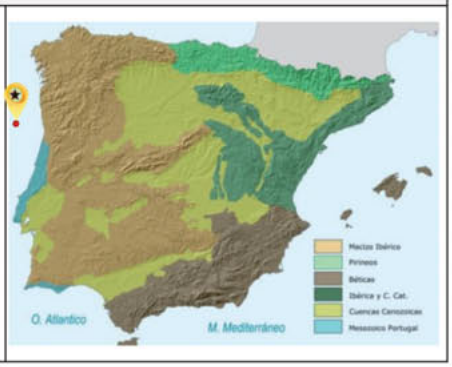
Mapa de al-Andalus entre los años 711 y 1031 AD mostrando la localización del epicentro macrosísmico del terremoto del 881 AD en las bases de datos del IGN.

HST 09490000: OCÉANO ATLÁNTICO (Zamora). 949 AD*											HISTÓRICO	
FECHA AMD	**HORA Y MIN.**	**LONGITUD**	**LATITUD**	**MAG (Mw/Ms/M*)**	**EMS 98**	**MSK 64**	**ESI 07**	**Q_e**	**Q_i**	**Q_g**	**LOCALIZACIÓN TERREMOTO**	
949 AD	-	-	-	-	-	-	≥ VIII*	D_0	C	C	Océano Atlántico (Zamora)	
Método de datación:		CATALOGADO IGN Ref. Bibliográfica: Galbis (1932); Martínez Solares y Mezcua (2002).									**Tipo Evento:**	HST
Prof. km	-	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**M_0**	-	**Eventos asociados**		-	**Agencia:**	IGN
EEE Primarios		NO		**Longitud Falla**		-		**Desplazamiento**		-	**Tipo Desp.:**	-
EEE Secundarios		SÍ		**Categoría ESI07**		☒GK ☒SM ☐LQ ☐HD ☐HA ☐WA ☒TS					**Área afectada:**	-
Otros EEE Ambientales		NO		☒ OTROS EFECTOS (OT): Comportamiento anómalo de la fauna, según las descripciones originales: *"Las aves y las bestias abandonaron espantadas sus nidos y sus madrigueras"*.								
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ		☒ EAEs: Colapsos y derrumbes de alcázares y fortalezas. No existen datos más detallados.								

Documentación IGN 2002: 30, 165, 166, 207, 280, 504, 547, 548, 600, 721, 1056

Referencias bibliográficas básicas:

Álvarez Martínez, U. (1889): Historia Civil y Eclesiástica de la provincia de Zamora. La Seña Bermeja, Zamora. 457 pp.
Conde, A. (1820-1821): Historia de la Dominación de los Árabes en España, Madrid.
Fernández Duro, C. (1890): Colección bibliográfica-biográfica de noticias referentes a la provincia de Zamora o materiales para su historia (1890) en biblioteca digital, Zamora.
Galbis, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5° E y 20° W de Greenwich y los paralelos 45° y 25° Norte, Tomo I. Inst. Geográfico Catastral y de Estadística, Madrid.
Henrique Flórez (1786): España Sagrada. Theatro geographico-historico de la iglesia de España. Tomo XIV, Tratado LII Cap IV. Oficina de Pedro Marín, Madrid. pp. 921 – 925.
Martínez Solares, J.M., Mezcua, J. (2002): Catálogo Sísmico de la Península Ibérica (880 a.C. – 1900). Monografías IGN, 18. IGN, Madrid (Spain), 253 pp.
Pellicer, J. (1663): Chronica de España de Dulcidio, presbítero de Toledo, obispo de Salamanca y embajador del serenísimo rey D. Alfonso el Magno, tercero de este nombre, al califa de Córdoba el año 883, con las Observaciones de D. José Pellicer de Ossau y Tovar. Barcelona.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 09490000 Zamora – Oporto (AT. O.)	-	-	-	-	-	≥ VIII*	C	Atlantic – Portuguese (Zones 6 to 10)
EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Galbis (1932), Conde, A. (1820-1821), Álvarez Martínez (1889).							**Event Type:**	HISTORIC

GENERAL DAMAGE: General descriptions of extensive damage along the Atlantic waterfront of the Iberian Peninsula (maybe the NW sector), indicating that many villages were damaged and castles destroyed. The people run away from the villages to the countryside. The descriptions included in Galbis (1932) suggest that this earthquake could affect the city of Zamora (250 km inland). Existing data are insufficient to locate de epicentre, but they clearly point to an Atlantic offshore event promoting tsunami waves and extensive damage in the coastal localities presumably placed between the outlets of the Tagus and Duero rivers. Also impossible to determine the intensity, but if an offshore tsunami event minimum intensity at the coastal area should be VIII EMS.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects NO REPORTED. Historical chronicles describe a very probable occurrence of a tsunami along the Atlantic littoral in the NW sectors of the Iberian Peninsula, presumably between the outlets of the Duero and Tajo rivers. This is based on descriptions of incoming muddy water throughout the river outlets triggering upstream flow of the rivers. Description of change in the water course of the Valderabuey stream, a small tributary of the Duero River, which ancient junction was located in the ancient Zamora city. The description provided by Galbis (1932) can match with far field effects of a relatively strong Atlantic offshore event.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No reported.*
☒ ***Ground cracks (GK):*** *Original descriptions (*the earth quaked with frightful clamor; the mountains collapsed, burying the depths, opening new abysses and cracking the earth's surface*) suggest the widespread occurrence of ground cracking and slope movements over a large territory.*
☒ ***Slope movements (SM):*** *Original descriptions (*the earth quaked with frightful clamor; the mountains collapsed, burying the depths, opening new abysses and cracking the earth's surface*) suggest the widespread occurrence of ground cracking and slope movements over a large territory.*
☐ ***Liquefaction processes (LQ);*** *No reported.*
☐ ***Hydrogeological anomalies (HD; HA):*** *No reported.*
☒ ***Anomalous waves and tsunamis (TS):*** *Probable tsunami that damaged many coastal localities along the NW littoral of the Iberian Peninsula, and rivers flow upstream as a consequence of incoming muddy waters from the sea. The original description said: "*The earth in this zone (of Spain) was the scenario of a very violent shock, attributed by some persons to the eruption of an submarine volcano, erupting boiling lavas mixed to ignited cinders towards the coasts and the river mouths, causing the aggressive upstream flow of watercourses towards their origins (headwaters) and generating significant damage in the coastal localities".
☒ ***Other effects:*** *Anomalous behaviour of the fauna (birds and beasts run away from their nests and burrows) characteristic of strong earthquake events.*
☒ ***Archaeoseismic damage:*** *Strong damage in castles, fortresses and villages over the whole affected (Western Spain). No more detailed data in order to perform analysis.*

☐ ***Geological Data:*** *No Geological data available for this ancient earthquake-tsunami event occurred in the Atlantic.* ***Quality of Geological Information: Class C.***

Note: The exact date and place for this earthquake-tsunami event are unclear. The primary historical source documenting the event are the Chronicon Albeldense, entitled "Chronicle of Spain by Dulcidio, priest of Toledo, bishop of Salamanca and ambassador in Córdoba" translated from Latin to Spanish in AD 1663 by D. José Pellicer de Ossau y Tovar (Barcelona). Before to be appointed bishop, this priest was committed by the King of Spain Alfonso III to travel to Cordoba (Capital of Al-Andalus) in AD 883 to negotiate the recovering of the bones of St. Eulogio and Sta. Leocricia. Later this bishop was captured by the Muslims and imprisoned in Cordoba between the years c. AD 923 to 955 and released by King Ordoño II (951-956) shortly before his death as stated by Henrique Flórez in 1768 (Historia de España Sagrada). Consequently, is very probable that Dulcidio related an event occurred in Al-Andauls before his visit in AD 883 or when he was prisoner in Córdoba. In fact relevant earthquake tsunami events occurred in the Umayyad Caliphate of Al-Andalus in AD 881, AD 944, AD 955 felt in Córdoba (Conde, 1820-1821).* ***See Spanish Abstract.*

Research / Data compilation by: *Pablo G. Silva (USAL). Newly published 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 09490000 Zamora – Oporto (AT. O.)	-	-	-	-	-	≥ VIII*	C	**Zonas Atlántico-Portuguesas (Zonas 6 a 10)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN Ref.: Galbis (1932), Conde (1820-1821), Álvarez Martínez (1889).	**Tipo de Evento**	**HISTÓRICO**

DAÑOS GENERALES: Descripciones genéricas de daños importantes a lo largo del litoral Atlántico de la Península (quizá en el sector NO) indicando que muchas poblaciones fueron destruidas, colapsaron numerosos alcázares y fortificaciones y la población huyó a los campos tras el terremoto. Las descripciones incluidas en Galbis (1932) sugieren que este terremoto pudo afectar a la ciudad de Zamora, situada unos 250 km tierra adentro. No obstante, esto parece una interpretación de Fernández Duro (1890) recogida en la Historia Civil y Eclesiástica de la provincia de Zamora (Álvarez Martínez, 1889) en la que se basa Galbis (1932). Los datos existentes son insuficientes para localizar el epicentro, pero parece tratarse de un evento Atlántico (marino) que dio lugar a un tsunami que causó daños significativos en las poblaciones litorales atlánticas. También es imposible determinar la intensidad, pero si un tsunami tuvo lugar tendremos que considerar una intensidad mínima en las áreas costeras de VIII EMS.

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios NO REGISTRADOS. Probable tsunami ocurrido en el litoral Atlántico, basado en la descripción de la entrada de aguas fangosas a lo largo de las desembocaduras de los ríos, dando lugar al flujo a contracorriente (aguas arriba) notorios. Descripción del cambio en el curso de agua del Arroyo Valderabuey, un pequeño afluente del río Duero, cuya antigua confluencia se encuentra aguas arriba de la ciudad de Zamora. La descripción proporcionada por Galbis (1932) puede coincidir con efectos en campo lejano de un evento relativamente fuerte ocurrido en alta mar dentro del Atlántico. La descripción original del evento (Crónica de España del Obispo Dulcio; Pellicer, 1663): *"La tierra fue teatro por esta parte de violentísima conmoción, atribuidas por unos a la erupción de un volcán submarino, que arrojando impetuosamente las aguas mezcladas de lavas hirvientes y en ignición sobre las costas y por la desembocadura de los ríos, contrariando las corrientes las impulsó hacia su origen, ocasionando con medroso estrépito múltiples estragos en las poblaciones ribereñas; tembló según otros, la tierra con fragor espantoso; hundiéronse los montes, cegando los abismos y abriendo otros nuevos las quebraduras de la superficie terrestre; villas, aldeas, alcázares magníficos, se derrumbaron con trepidante vacilación; huyeron las gentes despavoridas desde el poblado a los campos, y las aves y las bestias abandonaron espantadas sus nidos y madrigueras". La única referencia Geográfica son las palabras "por esta parte" que se interpretan como referidas a la zona de Zamora por estar incluidas en la Historia de Zamora de Álvarez Martínez (1889.*

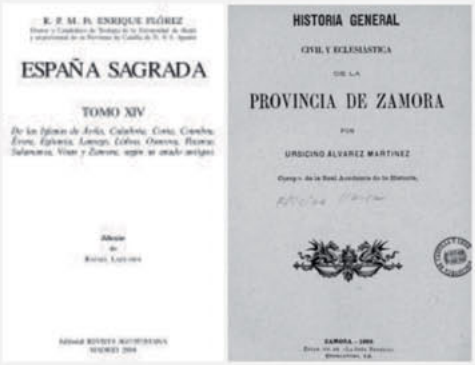
☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☒ ***Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Las descripciones originales (*tembló la tierra con fragor espantoso; hundiéronse los montes, cegando los abismos y abriendo otros nuevos las quebraduras de la superficie terrestre*) sugieren la ocurrencia de importantes agrietamientos y procesos de ladera sobre un territorio importante.*
☒ ***Movimientos de ladera (SM):*** *Las descripciones originales (*tembló la tierra con fragor espantoso; hundiéronse los montes, cegando los abismos y abriendo otros nuevos las quebraduras de la superficie terrestre*) sugieren la ocurrencia de importantes agrietamientos y procesos de ladera sobre un territorio importante.*
☐ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *No registrados.*
☐ ***Anomalías Hidrogeológicas (HD; HA):*** *No registradas.*
☒ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (TS):*** *Probable tsunami que afectó al litoral Atlántico de la Península (sin especificar), causando grandes daños en las poblaciones costeras e induciendo el flujo aguas arriba (contracorriente) de los ríos en sus desembocaduras como consecuencia de la entrada de aguas fangosas (con cenizas y lavas, como consecuencia de la erupción de un volcán submarino, indica la descripción original).*
☒ ***Otros efectos:*** *Comportamiento anómalo de la fauna. Las aves y las bestias abandonaron sus nidos y madrigueras.*
☒ ***Efectos arqueosismológicos:*** *Villas, aldeas y alcázares magníficos, se derrumbaron con trepidante vacilación. No existen datos más detallados para su análisis.*

☐ ***Datos Geológicos:*** *No existen datos geológicos, ni ha sido investigado este evento, que creemos dudoso de haber ocurrido en el NO de la Península Ibérica, pudiendo tratarse además de una fecha posterior o anterior al 946 AD (ver nota*).* ***Calidad de la Información Geológica: Clase C.***

**Nota: Cuando se examinan las fuentes históricas originales, la fecha exacta y lugar donde tuvo lugar este terremoto-tsunami son inciertas. La fuente histórica primaria que documenta este evento es el "Chronicon Albeldense" titulado "Crónica de España de Dulcidio, presbítero de Toledo, Obispo de Salamanca y Embajador en Córdoba en el año 883 AD (sic.), traducida del latín por José Pellicer de Ossau y Tovar en el año 1663 AD (Barcelona). Antes de ser nombrado obispo, Dulcidio fue comisionado por el Rey Alfonso III a viajar a Córdoba (Capital de Al-Andalus) en septiembre del año 883 AD, con el propósito de recuperar los restos de los mártires S. Eulogio y Sta. Leocricia. Misión que consiguió regresando a Oviedo en el año 884 AD y nombrado posteriormente Obispo de Salamanca en c. 900 AD. Años más tarde, como consta en la Historia Sagrada de España de Henrique Flórez (1768), Dulcidio fue capturado por los musulmanes en la batalla del Val de Junquera (Navarra) y llevado prisionero a Córdoba, donde permaneció desde el 921 AD hasta (se cree) el 934 o el 955 AD cuando le liberó el Rey Ordoño II (951 – 956) poco antes de su muerte (960 o 973 AD). Dado que en las descripciones históricas que se han consultado existe bastante indeterminación en las fechas, y se mezclan años después de Cristo y años de la Era Cristiana (que son ligeramente diferentes), parece muy probable que el evento relatado por el Obispo Dulcidio pudo haber ocurrido en Al-Andalus, poco antes de su visita a Córdoba en el 883 AD, o bien a lo largo de su cautiverio en esa ciudad entre el 921 y el 955 AD. De hecho, terremotos-tsunamis significativos tuvieron lugar por esas fechas en Al-Andalus, como los recogidos en las crónicas árabes en el 881 AD, o bien en los años 944 (cinco años antes del 949) o 955 AD (seis años después), los dos últimos sentidos en Córdoba (Conde, 1820-1821). De hecho, la transcripción del evento que realiza este religioso cristiano, especialmente del tsunami, posee la misma factura que las realizadas por los escritores y geógrafos árabes de los siglos VII al X AD. Por otro lado, la mención expresa a la destrucción de "magníficos alcázares" (y no castillos) parece sugerir que se basó en fuentes árabes. Muy seguramente se trate del evento del 881 AD, uno de los mayores terremoto-tsunami que afectó a la Península Ibérica durante la dominación Árabe.*

Investigación / Compilación de la información: *Pablo G. Silva (USAL). Nueva publicación 2017.*

IMAGEN EVENTO



Portadas de las Fuentes documentales principales utilizadas en este catálogo.

HST 10480000: ORIHUELA (Alicante). 1048 AD — HISTÓRICO

FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
1048 *AD*	-	0°55' O	38°05' N	-	VIII	X	VIII	D	C	C	**Orihuela. A.**

Método de datación:	CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Espinar Moreno (1994); Giner *et al.* (2003); Silva *et al.* (2015)							**Tipo Evento:**	HST
Prof. km -	**±EZ** -	**±EH-** -	**M_o** -	**Eventos asociados**	RÉPLICAS			**Agencia:**	IGN
EEE Primarios	NO	**Longitud Falla**	-	**Desplazamiento**	-			**Tipo Desp.:**	SIN DATOS
EEE Secundarios	SÍ	**Categoría ESI07**	☒GK ☐SM ☒LQ ☒HD ☒HA ☐WA ☐TS					**Área afectada:**	> 300 km²
Otros EEE Ambientales	NO	☐ OTROS EFECTOS (OT): No registrados.							
EAE Efectos Arqueosismológicos	SÍ	☒ EAEs: Colapso total de la mezquita de Orihuela; colapso de minaretes y edificios altos. No existen datos acerca de la direccionalidad de los mismos.							

Documentación IGN 2002: 56, 480, 545, 584, 623, 626, 721, 728, 800, 1064

Referencias bibliográficas básicas:

Azuar-Ruiz, R. *et al.* (2010): La Rábita de Guardamar: un proyecto de musealización. Fundación MARQ, Museo Arqueológico de Alicante, Spain. pp. 31-49.
Espinar Moreno, M. (1994): Los estudios de sismicidad histórica en Andalucía: Los terremotos históricos de la provincia de Almería. Inst. de Estudios Almerienses, pp. 115-180.
Franco Sánchez, F. (2014): Noticias de ataques y destrucciones en Orihuela durante el período andalusí (ss. VIII-XIII). In: Orihuela, Arqueología y Museo. Serie Museos Municipales. Fundación MARQ, Alicante, Spain. pp. 158-167.
Giner, J.J. *et al.* (2003): Sismicidad en la Comunidad Valenciana. Física de la Tierra, 15, 163-187.
Sánchez-Pérez, A.J., Alonso, R.M. (2003): El territorio alicantino en las fuentes geográficas árabes medievales. Miscelánea Medieval Murciana, 27-28, 103-124.
Silva, P.G. *et al.* (2015): Paleogeography and Paleoseismicity of the AD 1048 Orihuela Earthquake (Lower Segura Depression, SE Spain). Abstract Vol. XIV Reunión Nac. Cuaternario AEQUA. Granada, pp. 198-202.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 10480000 Orihuela, A	0°55' W	38°05' N	-	VIII	X	VIII	C	**Eastern Betic Cordillera (Zone 55)**

EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASE Ref.: Alfaro *et al.* (2012); Espinar Moreno (1994); Martínez Solares & Mezcua (2002); Silva *et al.* (2015)	**Event Type:**	**HISTORIC**

GENERAL DAMAGE: After the year 440 of the Hijra (1048), earthquakes followed one another in the region of Tudmir, especially in the cities of Orihuela and Murcia and in the area between them (Segura Valley). Tremors repeated continuously during a year and occurring several times every day and every night. Houses were destroyed and minarets and all high buildings collapsed in Medina Uryûla (Orihuela). In this locality the major Mosque (Aljama) in and its minaret were completely destroyed. The arab texts also mention "the littoral zone of Tudmir", which during that epoch was located about 10 – 15 km east of Orihuela (Catral, Almoradí and Benejúzar zones) on the ancient delta-front of the Segura river, prograding into the old estuarine zone of the *"sinus ilicitanus"* since roman times. About the 10th Century the Orihuela-Murcia zone was characterized by the presence of many marsh areas.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Environmental damage by secondary effects cover a minimum area of 20x6 km between the localities of Murcia and Orihuela (Segura Valley; > 300 km²) were a minimum intensity ≥ VIII ESI-07 occurred. Original descriptions indicate that "*the ground cracked over the entire region and many wells and springs dried up and in some cases occurred fetid gas emissions*" (Espinar Moreno, 1994), but other translations indicate that "*many springs disappeared under the ground and emerged other ones welling up stinking waters*" (Sánchez-Pérez & Alonso, 2003) suggesting the occurrence of widespread liquefaction processes. Available data point to a similar event to that occurred in AD 1829 (Torrevieja Earthquake) as indicated by some authors (i.e. Giner *et al.*, 2003). Historical data are insufficient to precise the number of the multiple EEE records for secondary effects (ground cracks and liquefaction processes) occurred in the area.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☒ ***Ground cracks (GK):*** *Multiple large ground cracks occurred between the localities of Orihuela and Murcia and the littoral zone of Tudmir (Segura paleo-delta within the Lower Segura Depression; ancient "sinus ilicitanus" estuarine zone).*
☐ ***Slope movements (SM):*** *No reported.*
☒ ***Liquefaction processes (LQ):*** *Suspect to be occurred linked to ground crack processes in the affected zone according to some translations of the original arab texts.*
☒ ***Hydrogeological anomalies (HD; HA):*** *Many springs and wells dried over the affected area around Orihuela and Murcia. Probable emission of methane gas (CH_4) in some of the springs. Similar effects occurred in the area during the AD 1829 Torrevieja Earthquake.*
☐ ***Anomalous Waves and Tsunamis (WA; TS):*** *No Reported.*
☐ ***Other effects:*** *No Reported.*
☒ ***Archaeoseismic damage:*** *Collapse of the Mosque of Orihuela, and tumbling down all high buildings; many minarets and towers collapsed. N-S oriented wall collapses and eventual destruction of the Rabitas califales at Guardamar del Segura (Azuar Ruiz, 2010). No more detailed information.*

☒ ***Geological Data:*** *Earthquake data compiled from general descriptions. Recent research on the Lower Segura Fault, an E-W blind thrust, generating anticline reliefs at surface, identify this structure as the more probable seismogenic source for most of the historical events occurred in the area (Alfaro et al., 2012). In this case, the event will be linked to the western segment of the fault (Hurchillo segment; 12 km long), capable to produce events of magnitude 6.6 – 6.8 Mw. These authors identified at least 7 palaeoseismic events over the last 8000 years in the Bajo Segura Basin based on the recognition and dating of near-surface seismites in the upper 40m of the sedimentary record of the zone. Earthquake paleogeography developed by Silva et al. (2015) indicate that around 10th Century the ancient Segura delta-front was located close to the localities of Orihuela and Callosa (10 -15 km away). This sedimentary body was developed in the zone from roman times, filling the ancient estuarine zone occupied by the Roman "Sinus ilicitanus". Therefore, original arab texts mentioning the littoral zone of Tudmir will refers to the ancient delta-front close to Orihuela (Catral, Almoradí and Benejúzar areas). Paleogeographical data indicate that after the event the main channel of the Segura-Delta shifted southwards to its present location adjacent to the Lower Segura Fault, producing major paleogeographical changes no cited in historical documents. No specific geological study on this seismic event has been produced, but it is suspect to be a similar event than that occurred in AD 1829 (Torrevieja).* ***Quality of Geological Information: Class C.***

Research / Data compilation by: *Pablo G. Silva (USAL); Raúl Pérez-López (IGME). Updated 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 10480000 Orihuela. A	0°55' O	38°05' N	-	VIII	X	VIII	C	**Cordillera Bética Oriental (Zona 55)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN
Ref.: Alfaro *et al.*, (2012); Espinar Moreno (1994); Martínez Solares y Mezcua (2002); Silva *et al.* (2015)

Tipo de Evento: **HISTÓRICO**

DAÑOS GENERALES: En el año 440 de la Héjira (1048 AD), varios terremotos acontecieron en la región de Tudmir, que comprendía parte de las regiones de Murcia (Murcia, Lorca, Totana,...) y Valencia (Alicante, Orihuela, etc.). Se cita en textos árabes antiguos que un gran terremoto sacudió la ciudades de Orihuela y Murcia, destruyendo los minaretes, con colapso total de la mezquita (Aljama) de Medina Uryûla (Orihuela), así como la parte alta de múltiples edificios. Durante un año ocurrieron réplicas tanto de día como de noche. Hubo numerosos colapsos de edificios. En toda la región entre Murcia y Orihuela (Valle del Segura) se abrieron fracturas, se secaron pozos y manantiales e incluso algunas fuentes tuvieron emanaciones gaseosas pestilentes. Los textos árabes también mencionan "la zona costera de Tudmir", que durante esa época se encontraba tan solo a unos 10 – 15 km al Este de Orihuela (Catral, Almoradí y Benejúzar) a lo largo del frente del antiguo delta del Segura que se encontraba progadando desde época romana en el antiguo *"sinus ilicitanus"*.

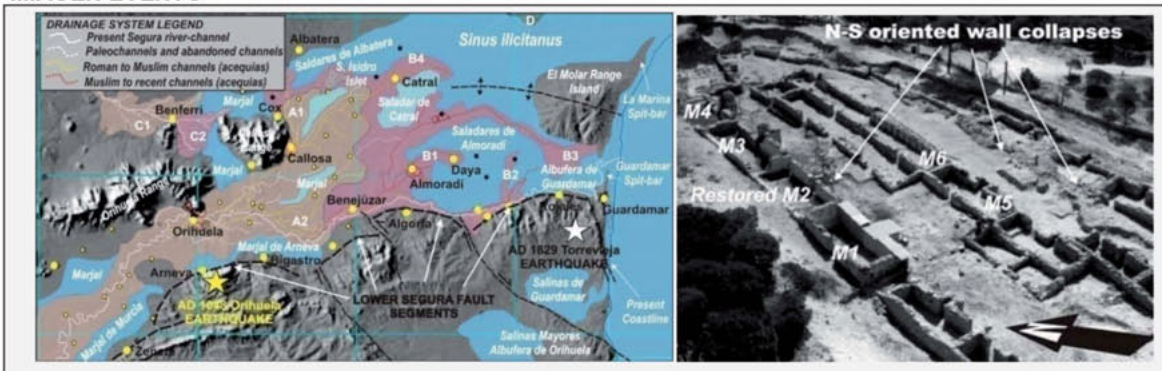
DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Los daños ambientales por efectos secundarios se registraron en la zona del Valle del Segura, comprendida entre Murcia y Orihuela, en un área mínima de 20 km de longitud y unos 6 km de anchura. Aparte de esta zona, se indica que el terremoto se sintió en la zona costera de Tudmir (antiguo Paleo-Delta del Segura). El área estimada que sufrió intensidad ≥ VIII ESI-07 sería superior a los 300 km², abarcando la zona de desembocadura del antiguo delta. Las descripciones históricas indican que *"en toda la región entre Murcia y Orihuela (Valle del Segura) se abrieron fracturas, se secaron pozos y manantiales e incluso algunas fuentes tuvieron emanaciones pestilentes"* (Espinar Moreno, 1994). Otras traducciones indican que *"muchos manantiales desaparecieron bajo tierra y surgieron otros que manaban un agua hedionda"* (Sánchez-Pérez y Alonso, 2003). Según opinión de diferentes autores, indican que el evento fue de similares características al del Terremoto de Torrevieja de 1829 AD (Giner *et al.*, 2003). Los datos históricos son insuficientes para precisar el número y localización de los numerosos EEEs (Procesos de licuefacción y agrietamiento del terreno) que ocurrieron en la zona. Se catalogan 2 EAEs en referencia al colapso de la mezquita y minarete de Orihuela y las destrucción de la Rábitas Califales de Guardamar del Segura (Franco Sánchez, 2014).

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☒ ***Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Se describen aperturas de numerosas grietas entre Murcia y Orihuela y probablemente en la zona costera de Tudmir (antiguo delta del Segura en la zona estuarina del antiguo "sinus ilicitanus" Romano. No se precisan localizaciones específicas, ni dimensiones, pero en el entorno de Orihuela tuvieron que ser importantes.*
☐ ***Deslizamientos (SM):*** *No Registrados.*
☒ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *Atendiendo a algunas traducciones de los textos árabes originales, ocurrieron supuestamente ligados a los procesos de agrietamiento del terreno.*
☒ ***Anomalías Hidrogeológicas (HD; HA):*** *Se cita la desaparición (o hundimiento) de fuentes y pozos así como la emanación de aguaso gases pestilentes, quizá ligado a la presencia de metano (CH_4).*
☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (WA; TS):*** *No Registrados.*
☐ ***Otros efectos:*** *No Registrados.*
☒ ***Efectos Arqueosismológicos:*** *Colapso del minarete de la mezquita de Orihuela, colapso de edificios altos y del minarete de la mezquita de Murcia. Las excavaciones arqueológicas en Orihuela, desvelan que el entramado urbano musulmán se encontraba a nivel del río, en la actualidad a unos 4 m de profundidad al norte del curso del río Segura (actualmente canalizado). Todos los restos excavados pertenecen mayoritariamente al siglo XI. Solo la base de las murallas y algunas zonas pavimentadas (deformadas) son anteriores. La destrucción de la ciudad debió de ser casi completa ya que se reconstruyó casi en su totalidad. Destrucción y colapsos direccionales N-S de los muros de las Rábitas Califales de Guardamar (18 km al Este de Orihuela) que, aunque previamente abandonadas, fueron destruidas definitivamente por el Terremoto (Azuar Ruiz et al., 2010; Franco Sánchez, 2014).*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Efectos geológicos extraídos de descripciones originales muy generales. Datos recientes de la Falla del Bajo Segura (E-O), una falla inversa ciega que genera relieves anticlinales en superficie, la identifican como la fuente sismogenética más probable de los terremotos en esta zona (Alfaro et al., 2012). En este caso, el evento estaría relacionado con el segmento más occidental de esta falla (Hurchillo; 12 km de longitud), capaz de generar terremotos de magnitud 6,6 – 6,8 Mw. Estos autores identifican un mínimo de 7 eventos paleosísmicos durante los últimos 8000 años en los primeros 40m del relleno sedimentario de la zona en base a la identificación y datación de niveles de sismitas. El análisis paleogeográfico sísmico desarrollado por Silva et al. (2015) indica que alrededor del siglo X AD el frente del antiguo delta del río Segura se localizaba en las cercanías de Orihuela y Callosa (a unos 10-15 km). Este cuerpo sedimentario ha progradado hacia el NNE en la zona estuarina del antiguo "sinus ilicitanus", desde tiempos romanos. Consecuentemente los antiguos textos árabes que mencionan la zona litoral de Tudmir, deben referirse al antiguo frente deltaico que se situaría desde Catral, Almoradí a Benejúzar. No existen estudios geológicos específicos sobre este terremoto.* ***Calidad de la Información Geológica: Clase C.***

Investigación / Compilación de la información: *Pablo G. Silva (USAL); Raúl Pérez-López (IGME). Actualizada 2017.*

IMAGEN EVENTO



Mapa paleogeográfico de la Depresión del Bajo Segura en torno al Siglo X AD, mostrando los lóbulos deltaicos inactivos de época romana (A1 y A2) y los lóbulos activos durante el periodo musulmán progradando en el antiguo *Sinus ilicitanus* (B1 a B3), previos a los repartimientos de la Huerta de Orihuela (Silva *et al.*, 2015). En la izquierda, imagen de los colapsos direccionales de los muros en las Rábitas Califales de Guardamar del Segura (Azuar-Ruiz *et al.*, 2010).

HST 11690121: ANDÚJAR (Jaén). 1169 AD — HISTÓRICO

FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
11690121 *AD*	-	4°00' O	38°00' N	6,0M*	VIII-IX	X	IX	D	C	C	**Andújar. J.**

Método de datación:	CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Espinar Moreno (1994); Peláez *et al.* (2005)							**Tipo Evento:**	HST
Prof. km -	**±EZ** -	**±EH-** -	**Mo** -	**Eventos asociados**	RÉPLICAS			**Agencia:**	IGN
EEE Primarios	NO	**Longitud Falla**	-	**Desplazamiento**	-			**Tipo Desp.:**	SIN DATOS
EEE Secundarios	SÍ	**Categoría ESI07**	☒GK ☐SM ☒LQ ☐HD ☐HA ☒WA ☐TS					**Área afectada:**	c. 1.000 km²
Otros EEE Ambientales	SÍ	☒ OTROS EFECTOS (OT): Importante ruido sísmico característico de grandes terremotos. Según las descripciones realizadas por el filósofo árabe Averroes *"hubo muchos ruidos fuertes y atronadores y la gente sentía que este ruido venía del oeste"*.							
EAE Efectos Arqueosismológicos	SÍ	☒ EAEs: Se cita el derrumbe de multitud de edificios y mezquitas con sus alminares en Córdoba y en Andújar. En Andújar se han identificado numerosas anomalías relacionadas con la reedificación y reconstrucción del antiguo recinto amurallado almohade como consecuencia muy probable de los daños provocados por el terremoto.							

Documentación IGN 2002: 3, 165, 187, 188, 280, 312, 448, 490, 504, 545, 618, 623, 626, 685, 721, 735, 800, 1043, 1064, 1076

Referencias bibliográficas básicas:

Bretón González, M., Espinar Moreno, M. (1996): "Fenómenos sísmicos que afectaron a las tierras andaluzas en los siglos IX al XII según las crónicas musulmanas," Homenaje en honor al profesor Fernando de Miguel Martínez, Granada, 47-76.
Espinar Moreno, M. (1994): Los estudios de sismicidad histórica en Andalucía: Los terremotos históricos de la provincia de Almería. Inst. de Estudios Almerienses, pp. 115-180.
Martínez Solares, J.M., Mezcua, J. (2002): Catálogo Sísmico de la Península Ibérica (880 a. C. – 1900). Monografías IGN, 18. IGN, Madrid (Spain), 253 pp.
Peláez, J.A., *et al.* (2005): Fuentes medievales y posibles evidencias arqueológicas del terremoto de Andújar de 1170. Boletín Inst. Estudios Giennenses, 192. 139-177.
Poirier, J.P., Taher, M.A. (1980): Historical Seismicity in the Near and Middle East, North Africa and Spain from Arabic Documents, (7th -13th Century)" Bulletin of the Seismological Society of America, 70, 2185-2201.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 11690121 Andújar, J	4°00' W	38°00' N	6.0Ms	VIII-IX	X	IX	C	**External Betic Cordillera; Guadalquivir Basin (Zone 29)**

EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES — **Event Type: HISTORIC**
Ref.: Espinar Moreno (1994); Martínez Solares & Mezcua (2002); Peláez *et al.*(2005)

GENERAL DAMAGE: The earthquake triggered tents of victims and the collapse of a large number of houses and minarets in Andújar. It was strongly felt in Córdoba (65 km away), where also caused damage and destruction. First studies dated the event on 18th February 1169 AD (see Espinar Moreno, 1994). Peláez *et al.* (2005) date the event in Almohade epoch, in January to February 1170 AD (21st January to 19th February according to the original Arabic texts) and indicate the occurrence of numerous anomalies related to the rebuilding and modification of the ancient city walls, probably as a consequence of the damage produced by the earthquake. Texts from the Arab polymath Averroes indicate *"Earthquakes in Cordoba were strongly felt for space of a year, but tremors finished three years later. The first earthquake killed many people by the destruction and collapse of the houses. The ground opened near Córdoba, in a place called Andújar... The earthquake was felt in the whole western sector of the peninsula, but it was stronger in Córdoba and surrounding villages. To the east of the city was even stronger than in Córdoba, whilst to the west was weaker"*. Consequently, the event is part of a seismic serie, which lasted three years (the more important aftershock during the first year). It was strongly felt to the east of Córdoba, within the Guadalquivir valley. On the contrary, in the metamorphic paleozoic terrains of Sierra Morena, west of Córdoba ground motion was weaker. The main event was also felt at distant localities with intensity ≥ VI EMS, such as Granada (100 km away) and Sevilla (185 km away); even in Toledo (210 km away) was felt with intensity ≥ III EMS.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Environmental damage by secondary effects is only documented for the locality of Andújar (epicentral zone). However the affected zone should include the sector of the Guadalquivir Depression between Córdoba and Andújar (65 x 15 km) completing a minimum area of c. 1,000 km². The descriptions from the Arabic texts indicate that processes of ground cracking and related liquefaction were produced in Andújar. In Sevilla (185 km SW) city walls were damaged as a consequence of the overflowing of the Guadalquivir river, however Peláez *et al.* (2005) attribute this fact to weather conditions (floods after the earthquake) and not the earthquake itself. 3 EEE records for secondary effects and 1 EAE record.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☒ ***1 Ground cracks (GK):*** *Open ground cracks in the alluvial deposits of the Guadalquivir floodplain at Andújar. There are not more detailed descriptions in order to evaluate the ESI-07 intensity.*
☐ ***Slope movements (SM):*** *No Reported.*
☒ ***1 Liquefaction processes (LQ):*** *Ejection of water and sand through open ground cracks in Andújar. According to the description of Averroes "*The ground opened near Córdoba, in a place called Andújar, spreading something similar to ashes and sands*". It is interpreted to be significant phenomena to be included in the earthquake chronicles. Peláez et al. (2005) assign to this effect a minimum intensity of VIII EMS, here provisionally considered IX ESI-07.*
☐ ***Hydrogeological anomalies (HD; HA):*** *No Reported.*
☒ ***1 Anomalous Waves and Tsunamis (1 WA):*** *The Guadalquivir river overflowed in Sevilla, process which is considered to be linked to the earthquake in the IAG data-base. Peláez et al (2005) consider that inundation processes damaging the city walls at Sevilla will probably linked to strong storm events occurred soon after the earthquake.*
☒ ***Other effects:*** *Important seismic noise characteristic of large earthquakes.*
☒ ***1 Archaeoseismic damage:*** *Data from Peláez et al. (2005) suggest that the earthquake triggered the destruction of a large sector of the old city walls in Andújar, which was subject of rebuilding, reinforcement (foundations and watch towers) and expansion. According to these authors, the transformations developed in the city walls aimed to built a new one in order to arrange the destructive effects caused in the original wall by both, previous wars (Andújar was taken by the Almohads in 1165 AD, four to five years before the earthquake) and by the earthquake to the point that it was more convenient to build a new wall than repair the old one.*
☒ ***Geological Data:*** *The only works specifically focused on the analysis of this event, is that developed by Peláez et al. (2005) which report archaeological and geological data. These authors suggest different hypothesis regarding to the most probable seismic source for this event, such as the Sierra Morena flexure-zone, or most likely, NW-W post-Miocene faults (located 10 km NE from Andújar) resulting from the prolongation of this kind of Paleozoic faults within the Guadalquivir basin. Similar seismic sources, has been also proposed by other authors for the AD 1504 Carmona earthquake* (see HST 15040405). ***Quality of Geological Information Class C.***

Research / Data compilation by: *Pablo G. Silva (USAL). Published in 2014.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 11690121 Andújar, J	4°00' O	38°00' N	6,0M*	VIII-IX	X	IX	C	**Zonas Béticas Exteriores; Cuenca del Guadalquivir (Zone 29)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN
Ref.: Espinar Moreno (1994); Martínez Solares & Mezcua (2002); Peláez *et al.*(2005)

Tipo de Evento **HISTÓRICO**

DAÑOS GENERALES: El terremoto provocó decenas de muertos y derrumbamiento de numerosos edificios y minaretes en Andújar y fue fuertemente sentido en Córdoba (≥ VIII EMS; 65 km), donde también provocó destrucción y daños. Los primeros estudios lo fechan el 18 de febrero de 1169 (en Espinar Moreno, 1994). Peláez *et al.* (2005) abordan el estudio de este terremoto que lo sitúan en la época Almohade, y en los meses de enero a febrero de 1170 AD (21 de enero a 19 de febrero, según los textos árabes), consignan numerosas anomalías relacionadas con la reedificación y reconstrucción del antiguo recinto amurallado almohade como consecuencia muy probable de los daños provocados por el terremoto. El filósofo árabe Averroes indica que *"Estos terremotos en Córdoba duraron cerca de un año con fuerza, y no cesaron hasta al cabo de unos tres años. El primer terremoto mató a muchas personas al hundirse las casas. Dijeron que la tierra se había abierto, cerca de Córdoba, en un lugar llamado Andújar... El terremoto fue general a toda la parte oeste de la península, pero más intenso en Córdoba y alrededores, y al este de Córdoba fue más fuerte que en Córdoba misma, mientras que al oeste fue más débil que en ésta"*. Así pues, se trata de un importante terremoto, seguido por una serie de réplicas que duró al menos tres años (el primer año las más importantes) y que fue sentido fundamentalmente en Córdoba y al este de la misma, esto es en la Cuenca del Guadalquivir. Por el contrario, hacia el oeste, en el sustrato paleozoico de Sierra Morena, aunque sentido, los efectos fueron menos notables. El terremoto principal fue sentido también en localidades distantes con intensidad ≥ VI EMS, tales como Granada (100 km), Sevilla (185 km) e incluso Toledo (≥ III EMS; 210 km). Peláez *et al.* (2005) asignan a este evento una magnitud aproximada de 6,0 Ms, aunque en la base de datos del IAG se le asigna una magnitud de 6,8 Mw.

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Los daños ambientales por efectos secundarios tan solo se consignan en la localidad de Andújar (zona epicentral) aunque el área afectada, como mínimo, abarcaría la zona de la Depresión del Guadalquivir entre Andújar y Córdoba, abarcando un área (65 x 15 km) de aproximadamente 1000 km². Las descripciones de los textos árabes indican que se produjeron procesos de agrietamiento y licuefacción del terreno en Andújar. En Sevilla (180 km al SO) se tuvieron que reparar las murallas como consecuencia del desbordamiento del Guadalquivir, aunque Peláez *et al.* (2005) lo atribuyen a causas meteorológicas (inundaciones posteriores al terremoto) y no al terremoto en sí mismo. 3 registros EEE (efectos secundarios) y 1 registro EAE.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☒ ***1 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Agrietamientos del terreno en los materiales aluviales del Guadalquivir en Andújar. No existen descripciones más detalladas que permitan evaluar la intensidad ESI-07.*
☐ ***Movimientos de Ladera (SM):*** *No Registrados.*
☒ ***1 Procesos de Licuefacción (LQ):*** *Eyección de agua y barro a lo largo de grietas en la localidad de Andújar. Según el filósofo árabe Averroes "*La tierra se había abierto, cerca de Córdoba, en un lugar llamado Andújar, esparciendo algo así como cenizas y arena, y el que lo vio, está convencido de la veracidad*". Se interpreta que sería un fenómeno significativo e importante, como para quedar consignado en las crónicas. Peláez et al. (2005) indican una intensidad mínima de VIII EMS, que en la escala ESI-07 se traduciría en un fenómeno frecuente en la zona epicentral con el desarrollo de volcanes de arena con más de un metro de diámetro. Aunque no se tienen datos que permitan evaluar el fenómeno adecuadamente, se le asigna provisionalmente una intensidad IX ESI-07, de acuerdo a la destrucción ocasionada en la ciudad.*
☐ ***Anomalías Hidrogeológicas (HD; HA):*** *No Registradas.*
☒ ***1 Oleaje Anómalo y Tsunamis (1 WA):*** *El río Guadalquivir se desbordó en Sevilla, fenómeno que en la base de datos del IAG se relaciona con el terremoto. No obstante, Peláez et al (2005) indican que los fenómenos de desbordamiento que obligaron a reparar las murallas de Sevilla estuvieron probablemente relacionados con importantes tormentas que se produjeron tras el terremoto. Provisionalmente se han localizado algunas publicaciones científicas en Estudios Geológicos, 47 (1991) y Geomorphology, 100 (2008), en las que se indican cambios bruscos en los meandros del Guadalquivir (llanura de inundación, + 5-7 m), en las zonas de Andújar y Córdoba, fechados en torno a 1.000 años BP (en estudio). En caso de estar relacionadas con el terremoto indicaría una intensidad mínima de IX ESI-07.*
☒ ***Otros Efectos:*** *Importante ruido sísmico característico de grandes terremotos.*
☒ ***1 Efectos Arqueosismológicos:*** *Los datos aportados por Peláez et al. (2005), sugieren que el terremoto provocó la destrucción de gran parte del recinto amurallado de Andújar que tras el terremoto fue remodelado, reforzado (cimentaciones y torreones) y ampliado. Según estos autores, las grandes transformaciones desarrolladas en el perímetro amurallado tuvieron como objetivo la construcción de una nueva cerca de la ciudad que paliara los efectos destructivos que en la primitiva muralla habían ocasionado el latente estado de guerra (Andújar fue tomada por los Almohades en el 1165 AD, cuatro o cinco años antes del terremoto) y, muy probablemente, los destrozos producidos por el terremoto, hasta el punto que fue más conveniente edificar una nueva que reparar y acondicionar la antigua.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *El único trabajo que aborda el análisis del terremoto, aportando datos arqueológicos y geológicos, es el desarrollado por Peláez et al. (2005). Estos autores proponen diferentes hipótesis respecto a la probable fuente sísmica, relacionándolo bien con la flexura de Sierra Morena, o más probablemente con fallas post-miocenas de dirección NE-SO que se sitúan a escasos 10 km al NE de Andújar. Similares fuentes sísmicas, prolongación de fallas paleozoicas NO-SE bajo el relleno sedimentario del Guadalquivir, han sido también propuestas por otros autores para el terremoto de 1504 AD en Carmona (ver HST 15040405).* ***Calidad de la información geológica: Clase C.***

Investigación / Compilación de la información: *Pablo G. Silva (USAL). Publicado en 2014.*

IMAGEN EVENTO



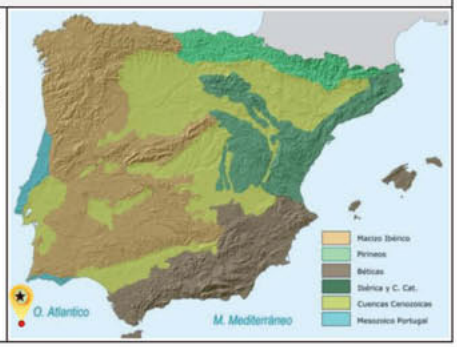
Sector preservado de las antiguas murallas almohades (s. XII-XIII) de Andújar en el actual entramado urbano de la ciudad (Calle Silera). andujarhistorica.blogspot.com

HST 13560824: SW CABO SAN VICENTE, PL. 1356 AD											HISTÓRICO	
FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO	
13560824 *AD*	-	10°00' O	36°30' N	6,5 Ms	VIII	-	-	D	C	C	SW Cabo San Vicente, PL	
Método de datación:		CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Galbis (1932) Sánchez Navarro-Neumann (1921); Martín Govantes (1985)									**Tipo Evento:**	HST
Prof. km	-	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**Mo**	-	**Eventos asociados**		RÉPLICAS	**Agencia:**	IGN
EEE Primarios		NO		**Longitud Falla**		-		**Desplazamiento**		-	**Tipo Desp.:**	SIN DATOS
EEE Secundarios		NO		**Categoría ESI07**		☐GK ☐SM ☐LQ ☐HD ☐HA ☐WA ☐TS					**Área afectada:**	km²
Otros EEE Ambientales		NO		☐ OTROS EFECTOS (OT): No registrados.								
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ		☒ EAEs: Rotura capilla mayor de la Catedral de Lisboa; caída de casas en Lisboa; caída de los remates de la Giralda de Sevilla.								

Documentación IGN 2002: 29, 165, 166, 211, 269, 273, 275, 280, 286, 305, 312, 317, 347, 405, 427, 431, 449, 451, 504, 563, 570, 583, 600, 618, 619, 623, 633, 685, 687, 695, 728, 740, 1043, 1056

Referencias bibliográficas básicas:

Galbis Rodríguez, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5° E y 20° W de Greenwich y los paralelos 45° y 25° Norte. Instituto Geográfico Catastral y de Estadística, Madrid.
Martín Govantes, P. (1985): El Riesgo Sísmico de la Ciudad de Sevilla. Universidad de Sevilla. 256 pp.
Martínez Solares, J.M. y Mezcua, J. (2002): Catálogo sísmico de la Península Ibérica (880 a.C. – 1900). Monografía nº 18, Instituto Geográfico Nacional (IGN).
Moreira de Mendoza, J.J. (1758): Historia Universal dos terremotos. Página 46.
Perrey, A. (1847): Sur les Tremblements de terre de la Peninsule Iberique. Annales des Scien. Phys. et Naturelles, d'Agric. et d'Indus. Lyon, t. X, pp. 461-513. Según Memorial de Chronol, t. II, pág. 912, y Balbi. Essai sur le royaume de Portugal. T. I, pág. 102.
Sánchez Navarro-Neumann, M. (1921): Lista de los terremotos más notables sentidos en la península Ibérica desde los tiempos más remotos, hasta 1917, inclusive, Memorias y trabajos de vulgarización científica. pp. 11-65.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 13560824 SW San Vicente Cape, PL	10°00' W	36°30' N	6.5 Ms	VIII	D	C	C	**Gorringe (Zone 71)**
EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Galbis (1932), Sánchez Navarro-Neumann (1921); Martín Govantes (1985)								**Event Type:** **HISTORIC**

GENERAL DAMAGE: Moderate damage in houses and severe damage on churches, with partial collapses in the Seville (La Giralda, San Salvador) and cracks in Lisbon (Catedral Mayor). Many houses collapsed in Sevilla burying many people a causing numerous deaths. The best documented damage is the collapse of the four metallic bronze balls (or Yamur) crowned the minaret of the ancient mosque of Sevilla, converted into a Christian Cathedral for those dates (La Giralda). This made the Islamic elements were replaced by a belfry with a bell that, in turn, in the sixteenth Century, was added a complete new set of bells with the addition of the Giraldillo. Seismic series lasted for one year. There is no more description about damage but should be great because the references cited damage from Lisbon to Murcia (more than 100.000 km²). The EMS98 intensity assigned to this earthquake has been estimated by some authors in X EMS-98, but the Spanish Catalogue consider VIII EMS-98 (Martínez Solares y Mezcua, 2002)

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Environmental damage by secondary effects not described, but considering the extensive area covered by violent seismic shaking from Portugal (Lisbon) to the Mediterranean (Murcia) no documented damage should occur. There are 2 EAE documented records (La Giralda and San Salvador).

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☐ ***Ground cracks (GK):*** *No Reported.*
☐ ***Slope movements (SM):*** *No Reported.*
☐ ***Liquefaction processes (LQ):*** *No Reported.*
☐ ***Hydrogeological anomalies (HD; HA):*** *No Reported.*
☐ ***Anomalous waves and tsunamis (WA; TS):*** *No Reported.*
☐ ***Other effects:*** *No Reported.*
☒ ***2 Archaeoseismic damage:*** *Moderate to strong damage in houses and churches and houses, only documented in Seville. Collapse of metallic elements from La Giralda tower and collapse of the tower of the San Salvador Church. Far away numerous cracks were produced in the Main Chapel of the Cathedral of Lisbon.*

☐ ***Geological Data:*** *No Reported.*

Research / Data compilation by: *J. Lario (UNED); P.G. Silva (USAL). Published in 2014.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 13560824 SW Cabo San Vicente, PL	10º00' O	36º30' N	6,5 Ms	VIII	D	C	C	**Gorringe (Zona 71)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN
Ref.: Galbis (1932), Sánchez Navarro-Neumann (1921); Martín Govantes

Tipo de Evento: **HISTÓRICO**

DAÑOS GENERALES: Daños importantes en edificaciones, aunque las documentadas son numerosas iglesias y edificaciones en la ciudad de Sevilla El mejor documentado es la caída de las cuatro bolas (o manzanas) de bronce que coronaban la torre alminar (o Yamur) de la mezquita mayor(La Giralda) ya convertida en Catedral cristiana por esas fechas. Esto hizo que los elementos islámicos fueran sustituidos por una espadaña con una campana que, a su vez, en el siglo XVI, se le añadió un nuevo cuerpo completo de campanas con el remate del Giraldillo. Con relación al número de víctimas, las crónicas históricas recopiladas por Gentil Govantes (1985) indican que colapsó la torre de San Salvador matando a muchas personas. Otros cronistas indican que el terremoto produjo graves y grandes ruinas en muchos edificios en los que perecieron gran número de personas haciendo sepultura de sus casas. También se registraron agrietamientos considerables en la Catedral Mayor de Lisboa. Las réplicas se repitieron durante un año. No existe más descripción de los daños, pero se pueden presuponer importantes dado que el terremoto causó grandes daños en Portugal y Andalucía Occidental, y se sintió violentamente en Córdoba y aun en Murcia a muchos kilómetros de distancia. Abarca por lo tanto un área mayor de 100.000 km², habiéndosele asignado una Intensidad de hasta X EMS98 por algunos autores, aunque Martínez solares y Mezcua (2002) le asignan una intensidad máxima de VIII EMS-98.

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Los daños por efectos secundarios no están documentados, pero se puede presuponer que hubo en gran cantidad, dado el alcance de la sacudida sísmica sobre la Península Ibérica. A pesar de haberse situado su epicentro al SW del Cabo de San Vicente, no existe ningún dato que permita suponer la generación de un tsunami. Hay 2 registros EAE documentados (La Giralda y San Salvador).

- ☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
- ☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
- ☐ ***Agrietamientos del Terreno (GK):*** *No Registrados.*
- ☐ ***Movimientos de Ladera (SM):*** *No Registrados.*
- ☐ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *No Registrados.*
- ☐ ***Anomalías Hidrogeológicas (HD; HA):*** *No Registradas.*
- ☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (WA; TS):*** *No Registrados.*
- ☐ ***Otros Efectos:*** *No Registrados.*
- ☒ ***2 Daños Arqueosísmicos:*** *Daños moderados a graves en edificaciones e iglesias desde Portugal a Murcia. Solo documentados en Sevilla (La Giralda y otros) y en Lisboa (agrietamientos en la Catedral Mayor).*

- ☐ ***Datos Geológicos:*** *No Registrados.*

Investigación / Compilación de la información: *J. Lario (UNED); P.G. Silva (USAL). Publicado en 2014.*

IMAGEN EVENTO



Reconstrucción de los diferentes estados arquitectónicos de la Giralda de Sevilla, antes (1198) y después (1356) del terremoto y su aspecto actual. Después del terremoto de 1356, se sustituyen el alminar y el *yamur* colapsado por el terremoto por una torre con campanario. A la derecha reconstrucción virtual de la Giralda.

(http://www.libreria-mundoarabe.com/Boletines/n%BA60%20May.08/GiraldaSevilla.htm)

HST 13730302: RIBAGORÇA (Lleida). 1373 AD — HISTÓRICO

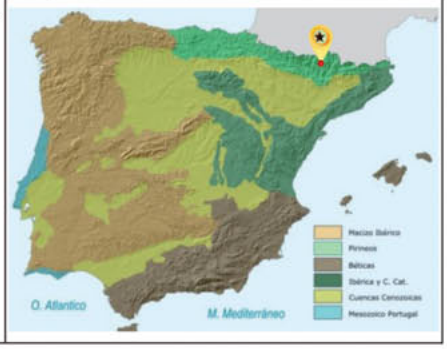
FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
13730302AD	-	0°45' E	42°30' N	6,2 Mw	VIII-IX	IX	IX	C	C	G	Ribagorça. LI

Método de datación:	CATALOGADO Ref.: Galbis (1932); Martínez Solares y Mezcua (2002); Olivera *et al.* (2006)						**Tipo Evento:**	HST
Prof. km	-	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**Mo**	-	**Eventos asociados**	-	**Agencia:**	IGN; ICC
EEE Primarios	NO		**Longitud Falla**		-		**Desplazamiento**	-	**Tipo Desp.:**	SIN DATOS
EEE Secundarios	SÍ		**Categoría ESI07**		☐GK ☒SM ☐LQ ☐HD ☒HA ☒WA ☐TS				**Área afectada:**	>1.000 km²
Otros EEE Ambientales	NO		☐ OTROS EFECTOS (OT): sin datos							
EAE Efectos Arqueosismológicos	SÍ		☒ EAEs: Los restos de la antigua población de Manclús, destruida por el terremoto, presentan deformaciones arqueosísmicas significativas. Daños importantes en Castel-León, Sta. María de Oló y Barcelona.							

Documentación IGN 2002: 36, 160, 165, 166, 259, 260, 261, 280, 504, 559, 569, 572, 687, 798, 1039, 1043, 1051, 1060, 1076

Referencias bibliográficas básicas:

Galbis, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5° E y 20° W de Greenwich y los paralelos 45° y 25° Norte, Tomo I y II. Inst. Geográfico Catastral y Estadística, Madrid.
Gutiérrez, F., *et al.* (2015): Large landslides associated with a diapiric fold in Canelles Reservoir (Spanish Pyrenees): Detailed geological-geomorphological mapping, trenching and electrical resistivity imaging. *Geomorphology* 241: 224-242.
Olivera C., *et al.* (2006): Els terratrèmols dels seglesXIV i XV a Catalunya. Ed Institut Cartogràfic de Catalunya, Barcelona, 407 pp.
Rosell J., *et al.* (2010): Montclús: Misteriós naixement i desaparició d'un poble. El llengutage de les pedres, n 1. Ed. Institut Geològic de Catalunya, Barcelona, 95 pp.
Zarroca M, *et al.*, (2014): Integrated geophysical and morphostratigraphic approach to investigate a coseismic (?) translational slide responsible for the destruction of Montclús village (Spanish Pyrenees). Landslides 11: 655-671.
Zurita J (1978): Anales de la Corona de Aragón, Ed. A. Canellas, vol. 4, Zaragoza.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 13730302 Ribagorça, LI	0°45' E	42°30' N	6,2 Mw	VIII-IX	IX	IX	G	**Pyrenees Axial zone (Zone 18)**

EVENT CATALOGED IN THE IGN and ICC (Institut Cartografic de Catalunya) DATA BASES. Ref.: Galbis (1932); Martínez Solares y Mezcua (2002); Olivera *et al.* (2006)	**Event Type:**	**HISTORIC**

GENERAL DAMAGE: Medieval chronicles (Zurita, 1548) indicate the occurrence of a strong earthquake on the night of 3rd March 1373 generating numerous rockfalls all along the old Ribagorça County in the Pyrenees and causing the death of many people in the mountains and adjacent plains. Many castles and church towers were destroyed. Damage of intensity ≥ VII EMS affected an area of c. 1000 km², with a local maximum intensity estimated in VIII-IX EMS (IX MSK). The most damaged localities were located less than 30 km of epicentral distance in the Val d'Aran valley, such as Castel-Leon (VIII-IX) y La Vila (VIII). 100 km away (Cervera, Lleida, Abalate Cinca) seismic shaking was of intensity VI EMS, but some localities at 120-130 km (Montserrat, Sta María de Oló, Grub) damage reached intensities ≥ VII. Even in Barcelona, about 170 km of epicentral distance, damage was of intensity VI causing the partial destruction and collapses in the Cathedral (Sta. María del Mar), Saint Just and Las Clarisas Convent. The last places in the Besós Delta was subject of site effect amplification (Olivera *et al.*, 2006). The earthquake was felt in both sides of the Pyrenees affecting also to the adjacent old French County of Tolosa, but also more than 200 km away in localities such as Perpignan, Lodevè, Montpellier belonging to the Roselló and Languedoc. The event form part of a seismic series which prolonged at least until July 1373 for about 4 months (Olivera *et al.*, 2006).

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Environmental damage by secondary effects over an area of ca. 1.700 km², with a maximum local intensity IX ESI-07. Medieval chronicles report the occurrence of many slope movements in the axial zone of the Pyrenees, but recent geological research identify the reactivation of large rotational landslides during the AD 1373 earthquake all along the Marginal Pyrenees Ranges about 60 -70 km of epicentral distance to the south (Zarroca *et al.*, 2012; Gutiérrez *et al.*, 2015). This is the case of the Montclús, Sant Pere around the Camarasa Dam in the Noguera-Pallaresa valley and several landslides (among them the Blancafort Slide) around the Canelles Dam in the Noguera-Ribagorçana valley. All these landslides are above one million cubic meters (10^6 m³) of mobilized material suggesting a minimum intensity VIII ESI-07. ^{14}C dating identify medieval reactivations of these landslides with dates (14th Century) congruent to the earthquake age. The Montclús landslide triggered the complete destruction of the ancient population of Montclús eventually abandoned during the second half of the 14th Century (Rosell *et al.*, 2010) and the remains of the ancient church display suspect archaeseismological evidence (Zarroca *et al.*, 2012). Data reported by Olivera *et al.* (2006) indicate the occurrence of far-field effects such as anomalous waves in the old harbour of Barcelona (170 km away) were many boats beat among others.

☐ ***Surface ruptures (SR) and Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☐ ***Ground cracks (GK):*** *No Reported.*
☒ ***4 Slope movements (SM):*** *Rockfalls in the epicentral area near the headwater zone of the Val d'Aran valley. Reactivation of large rotational landslides (c. up to one million of m³ in volume) along the northern slopes of the Sierras marginales at about 60-65 km of epicentral distance. The more relevant ones occurred in the river basins of Noguera-Pallaresa (Montclús y Sant Pere) y Noguera-Ribagorçana (Canelles; Blancafort).*
☐ ***Liquefaction processes (LQ):*** *No Reported.*
☒ ***3 Hydrogeological anomalies (3 HA):*** *The Lloc spring at Vila and the Moncobé one (30 km away) dried up. The Monclús spring ran dry permanently a result of a coseismic landslide.*
☒ ***1 Anomalous waves and tsunamis (1 AW):*** *Anomalous waves in the Barcelona Harbour (c. 170 km away) were many boats beat among others.*
☐ ***Other effects:*** *No Reported.*
☒ ***4 Archaeoseismic damage:*** *Total destruction of the old village of Monclús as a result of a large coseismic landslide. Damage and partial collapses at Sta. María del Mar Cathedral, Sant Just and the Clarisas Convent in Barcelona. Damage in the Castle and Church of Castel-León in the epicentral area.*

☒ ***Geological Data:*** *This earthquake has been subject of any specific geological study. The parametric data come from the macroseismic analyses of Oliveira et al. (2006). However, the rotational landslides occurred in the Sierras Marginales along the southern slope of the Pyrenees were subject of geological analyses by Zarroca et al. (2012) y Gutiérrez et al. (2015). The epicenter is located in the axial zone of the Pyrenees (close to de Aneto Peak) and it is supposed that the seismic source could be related with some of the branches of the frontal thrust system of the southern Pyrenees.* ***Quality of Geological Information: Class G.***

Research / Data compilation by: *Pablo G. Silva (USAL). Newly published 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 13730302 Ribagorça, LI	2°30' E	42°12' N	6,2 Mw	VIII-IX	IX	IX	G	**Zona Axial Pirenaica (Zona 18)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN e ICC (Institut Cartografic de Catalunya).
Ref.: Galbis (1932); Martínez Solares y Mezcua (2002); Olivera *et al.* (2006)

Tipo de Evento | **HISTÓRICO**

DAÑOS GENERALES: Según cronistas medievales el 3 del mes de Marzo de 1373 (Zurita, 1548), siendo de noche, hubo tan gran terremoto, que cayeron grandes peñascos de los montes Pirineos en el Condado de Ribagorça, y murieron muchas gentes en las montañas y en la Tierra llana. Se hundieron muchas torres y castillos y fue el más grande el daño que se recibió en aquellas montañas. Los daños que afectaron un área de 1000 km² (≥ VIII EMS), con intensidad local máxima VIII-IX EMS (IX MSK). Las localidades más afectadas se encuentran a menos de 30 km de distancia epicentral en la cabecera del Val d'Aran como Castel-León (VIII-IX) y La Vila (VIII). A 100 km de distancia (Cervera, Lleida, Abalate de Cinca) generó daños ligeros (VI EMS), e incluso a 120-130 km se pudo sentir con intensidad ≥ VII (Montserrat, Sta. María de Oló, Grub). En la propia ciudad de Barcelona a unos 170 km de distancia ocasionó daños en la Catedral (Sta. María del Mar), San Justo y el Convento de Las Clarisas, el último situado en el Delta del Besós y sujeto a un claro proceso de amplificación o efecto sitio (Olivera *et al.*, 2006). Se sintió a ambos lados de los Pirineos afectando también a la región Francesa de Tolosà, afectando a localidades situadas a más de 200 km de distancia en el Roselló-Languedoc (Perpignan, Lodeve, Montpellier) en incluso en la zona Atlántica se llegó a sentir en Burdeos (La Aquitania). Se trata de una serie sísmica con terremotos (< VI EMS) que se prolongaron al menos hasta el 22 de Julio de 1373, durante unos cuatro meses (Olivera *et al.*, 2006).

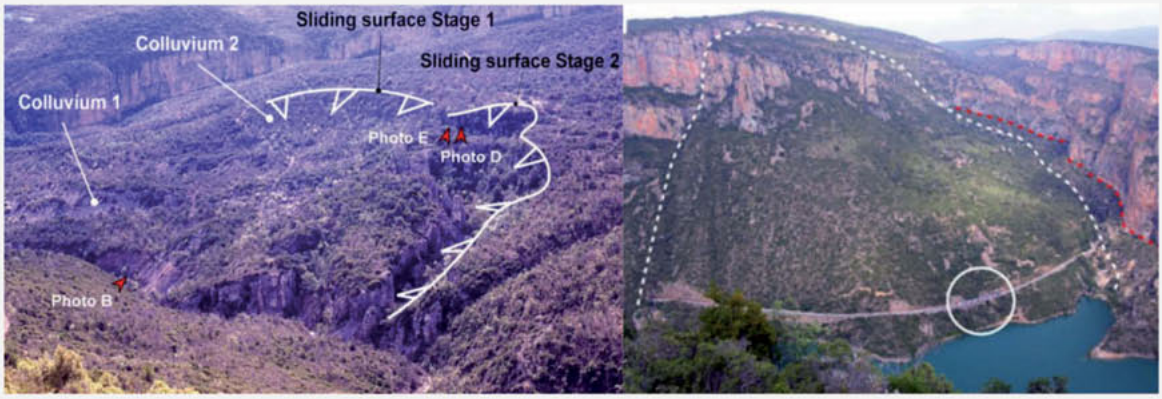
DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios NO REGISTRADOS. Los daños ambientales producidos por efectos secundarios cubren un área de ca. 1700 km², con intensidad local máxima de IX ESI-07. Las crónicas medievales hablan de multitud de desprendimientos de rocas en la zona pirenaica (Olivera *et al.*, 2006) pero investigaciones geológicas recientes identifican grandes deslizamientos rotacionales en las Sierras Externas Pirenaicas a unos 50-60 km al sur del epicentro (Zarroca *et al.*, 2012; Gutiérrez *et al.*, 2013). Se trata de los deslizamientos de Montclús y Sant Pere en las inmediaciones del Embalse de Camarasa (Noguera-Ribagorçana) y varios deslizamientos, entre ellos el de Blancafort, en las cercanías de la cerrada del Embalse de Canelles (Nogüera-Pallaresa). Todos los deslizamientos superan el millón (10^6) de km³ y las dataciones C^{14} realizadas en ellos detectan una reactivación de época medieval posterior al siglo XIII, cuyos márgenes de error permiten relacionarlos con el evento del 3 de Marzo 1373. El deslizamiento de Montclús ocasionó la destrucción y abandono definitivo de la antigua población de Montclús abandonada en la segunda mitad del siglo XIV (Rosell *et al.*, 2010), de la que quedan restos con posibles evidencias arqueosismológicas (Zarroca *et al.*, 2012). En cualquier caso, estos deslizamientos de las Sierras Marginales se producen en las vertientes septentrionales de las Sierras Marginales enfrentadas a la dirección de procedencia de las ondas sísmicas. Las dataciones de los deslizamientos identifican eventos más antiguos del último interglaciar como los originales, mientras que los que se documentan aquí se tratan de reactivaciones posteriores. Por lo demás, el análisis de Oliveira *et al.* (2006) evidencia la ocurrencia de la desaparición definitiva de la fuente del Lloc en Vila (a 30 km) y del manantial que la alimentaba en Montcorbè (27 km). Estos autores también indican oleaje anómalo en el puerto de Barcelona (170 km), donde chocaron algunas naves y el terremoto se sintió con intensidad VI EMS – VII MSK.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No registradas.*
☐ ***Agrietamientos del Terreno (GK):*** *No registrados.*
☒ ***4 Movimientos de ladera (SM):*** *Desprendimientos de rocas en el área epicentral de la Cabecera del Vall d'Aran. Reactivaciones de grandes deslizamientos rotacionales de más de un millón de m³ en las vertientes norte de las Sierras marginales a unos 60-65 km de distancia en las cuencas del Noguera-Pallaresa (Montclús y Sant Pere) y Noguera-Ribagorçana (Canelles; Blancafort).*
☐ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *No registrados.*
☒ ***3 Anomalías Hidrogeológicas (3 HA):*** *Desaparición permanente de la fuente del Lloc en Vila y del manantial que la alimentaba en Moncorbè a unos 30 km de distancia epicentral. Desaparición permanente de la fuente de Montclús como consecuencia del deslizamiento cosísmico.*
☒ ***1 Oleaje Anómalo y Tsunamis (1 AW):*** *Oleaje anómalo en el puerto de Barcelona que hizo chocar a las embarcaciones.*
☐ ***Otros efectos:*** *No registrados.*
☒ ***4 Efectos arqueosismológicos:*** *Destrucción de la localidad de Montclús a consecuencia del deslizamiento cosísmico. Daños en Sta. María del Mar y Las Clarisas en Barcelona. Daños en el castillo e iglesia de Castel-León en la zona epicentral.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *El terremoto en sí no ha sido investigado geológicamente y todos sus datos paramétricos provienen del estudio macrosísmico realizado por Olivera et al. (2006). Sin embargo, los casos de deslizamientos rotacionales ocurridos en las Sierras Marginales sur-pirenaicas se encuentran documentados geológicamente en los trabajos de Zarroca et al. (2012) y Gutiérrez et al. (2015). El epicentro se sitúa en la zona axial pirenaica en las proximidades del Pico Aneto y se supone que la fuente sismogenética esté relacionada con alguna de las ramificaciones del sistema frontal de cabalgamientos sur-pirenaico.* ***Calidad de la Información Geológica: Clase G.***

Investigación / Compilación de la información: *Pablo G. Silva (USAL). Nueva publicación 2017.*

IMAGEN EVENTO



Izquierda: Deslizamiento del Montclús generado en el Valle del Noguera-Pallaresa en la zona (Embalse de Camarasa) como consecuencia del terremoto de 1373 AD, cuyo epicentro se sitúa a 65 km de distancia. Derecha: Deslizamiento de Sant Pere, también en el embalse de Camarasa. En el círculo se identifica un comboy ferroviario para la escala de la imagen. El movimiento sísmico desencadenó la reactivación de grandes deslizamientos marginales a lo largo de la vertiente Norte de las Sierras marginales sur-pirenaicas. Zarroca *et al.* (2012).

HST 13961218: TAVERNES (Valencia). 1396 AD — HISTÓRICO

FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
13961218*AD*	12:00	0°13' O	39°5' N	6,5 M*	VIII-IX	IX	X	B	C	B	**Tavernes de la Valldigna. V**

Método de datación:	CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Galbis (1932)							**Tipo Evento:**	HST
Prof. km	-	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**Mo**	-	**Eventos asociados**	PREMONITORES Y RÉPLICAS	**Agencia:**	IGN
EEE Primarios	NO		**Longitud Falla**		-			**Desplazamiento**	-	**Tipo Desp.:**	SIN DATOS
EEE Secundarios	SÍ		**Categoría ESI07**		☒GK ☒SM ☒LQ ☒HD ☒HA ☐WA ☐TS					**Área afectada:**	1.200 km²
Otros EEE Ambientales	NO		☐ OTROS EFECTOS (OT): No registrados.								
EAE Efectos Arqueosismológicos	SÍ		☒ EAEs: Destrucción muy importante en las localidades en todo el Valle de la Valldigna, Alzira, Cullera, Sueca y Riola en las que se refieren daños en prácticamente todas las casas de las poblaciones. Daños documentados en poblaciones como Gandía, Vall de la Gallinera, Valencia y Lliria, en las que se documentan daños en edificaciones de sillería.								

Documentación IGN 2002: 36, 160, 165, 166, 221, 240, 259, 260, 261, 263, 273, 275, 280, 286, 312, 335, 347, 348, 400, 405, 426, 504, 545, 556, 558, 563, 571, 572, 583, 600, 619, 623, 687, 1039, 1060, 1076

Referencias bibliográficas básicas:

Galbis, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5ºE y 20ºW de Greenwich y los paralelos 45º y 25ºN. Tomo I. Dirección General del Instituto Geográfico, Catastral y de Estadística.
Giner, J.J. *et al.* (2003): Sismicidad en la Comunidad Valenciana. Física de la Tierra, 15, 163-187.
López Marinas, J.M. (1981): ¿Uno o dos terremotos catastróficos a fines del siglo XIV en el Reino de Valencia? Revista del Instituto de Estudios Alicantinos, 36, 59-72.
Martínez Solares, J.M., Mezcua, J. (2002): Catálogo Sísmico de la Península Ibérica (880 a.C. – 1900). Monografías IGN, 18. IGN, Madrid (Spain), 253 pp.
Mascaró, G. (anterior a 1456): Croniques barcelonines de la Casa Dalmases. Biblioteca de Catalunya, nº485, 296-298.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 13961218 Tavernes. V	0°13' W	39°5' N	6.5 M*	VIII-IX	IX	X	B	**External Betic Cordillera (Zone 31)**

EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Galbis (1932), López Marinas (1981), Zurita (1668)	**Event Type:**	**HISTORIC**

GENERAL DAMAGE: Extensive damage on buildings, churches and castles, with almost total destruction of the localities of Alzira and Tavernes de la Valldigna. Extensive damage in all types of buildings in the Simat de la Valldigna, Cullera, Sueca and Riola. Damaged buildings recorded and documented in Gandía, Valencia and Lliria. No casualties are reported. The main event (VIII-IX EMS / IX MSK), occurred on December 18th, 1396, was preceded by two events of smaller intensity. The main earthquake was felt with intensity IX MSK in Alzira (VIII EMS), Tavernes de la Valldigna (VIII-IX EMS), Sueca (VIII-IX EMS), Cullera (VIII-IX EMS) and Riola (VIII-IX EMS); with VIII MSK in Gandía (VI-VII EMS) and Xàtiva (VII EMS), Villalonga and Barxeta. According to the chronicles could be felt in towns such as Valencia (45 km, EMS intensity V-VI), Lliria (68 km, EMS intensity VI-VII) and even in Tortosa (200 km away from the epicenter).

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. The environmental damage documented site effects cover a somewhat larger area of 1200 km² included within the intensity zone VIII ESI-07, affecting the towns of Cullera, Alzira, Cullera, Sueca, Barxeta, Villalonga and Xàtiva. However, most of the described effects (ESI ≥ IX-07) are included in an area of 350 km². More severe geological effects indicate intensity X ESI-07 covering an area of about 25 km² in the Valldigna Valley and Murta Valley, between the towns of Alzira, Tavernes de la Valldigna and Barxeta. The epicentral location of IGN is located about 6 km east of the area defined as maximum intensity (X ESI -07). 12 EEE records for secondary effects and 9 EAE records.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☒ ***4 Ground cracks (GK):*** *Ground Cracks in rocky substratum at the municipality of Barxeta (18 km). Ground Cracks in alluvial materials at Valldigna Valley (6 km), and near the localities of Alzira (21 km) and Cullera (10 km). In all these three locations, ground cracking seems to be linked to significant liquefaction processes.*
☒ ***3 Slope movements (SM):*** *Important gravitational processes in different parts of the town of Xàtiva (22 km), with detachments from decametric size blocks. Landslides in the Vall de la Gallinera (Alicante, 27 km), especially in the hill of the Castle Benirrama.*
☒ ***3 Liquefaction processes (LQ):*** *Important liquefaction processes in the Valle de Valldigna (6 km), Valle de la Murta (8 km) and over the coastal area near to the town of Cullera (10 km).*
☒ ***2 Hydrogeological anomalies (1 HD, 1 HA):*** *Two effects of this category documented: in the city of Alzira (21 km) in which two springs flowed turbid waters (probably related to the important liquefaction processes documented in the area), and one spring stopped to flow in the vicinity of Villalonga (21 km).*
☐ ***Anomalous Waves and Tsunamis (WA; TS):*** *No Reported.*
☐ ***Other effects:*** *No Reported.*
☒ ***9 Archaeoseismic damage:*** *Collapse of many houses in the Valley of the Valldigna (4 km), Alzira (21 km), Sueca (16 km), Riola (16 km) and Cullera (10 km). Damage on the city wall of Gandía (13 km). Damage on Gallinera (27 km) and Lliria castles (68 km). Damage on the Valencia Cathedral (45 km) affecting the dome of the cathedral and to the Micalet tower being built at that time.*

☒ ***Geological Data:*** *Most of the environmental damage reported for this event is documented in the historical chronicles produced after the earthquake (Mascaró, 1456; Zurita, 1668) as well as in recent papers focused on seismological macroseismic research (López Marinas, 1981; Giner et al., 2003). Available descriptions in these works let the location, and in some cases the quantification, of the reported EAEs and EEEs. No specific geological study available for this event.* ***Quality of Geological Information: Class B.***

Research / Data compilation by: *Jorge L. Giner Robles (UAM); Pablo G. Silva (USAL). Newly Published 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 13961218 Tavernes. V	0°13' O	39º5' N	6,5M*	VIII-IX	IX	X	B	**Zonas Béticas Exteriores (Zona 31)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN Ref.: Galbis (1932), López Marinas (1981), Zurita (1668)	**Tipo de Evento**	**HISTÓRICO**

DAÑOS GENERALES: Daños muy importantes en edificaciones, iglesias y castillos, con destrucción casi total de Alzira y Tavernes de la Valldigna. Daños muy importantes en todo tipo de edificios en Simat de la Valldigna, Cullera (daños en un puente), Sueca y Riola, con daños registrados y documentados en edificaciones de Gandía, Valencia y Lliria. No se consignan víctimas mortales. El evento principal (VIII-IX EMS / IX MSK), ocurrido el 18 de diciembre de 1396, fue precedido por dos eventos de menor intensidad. El terremoto principal fue sentido con intensidad IX MSK en Alzira (VIII EMS), Tavernes de la Valldigna (VIII-IX EMS), Sueca (VIII-IX EMS), Cullera (VIII-IX EMS) y Riola (VIII-IX EMS); VIII MSK en Gandía (VI-VII EMS), y Xàtiva (VII EMS), Barxeta y Villalonga. Según las crónicas de la época pudo ser sentido en poblaciones como Valencia (45 km, intensidad EMS V-VI), Lliria (68 km, intensidad EMS VI-VII) e incluso en Tortosa (200 km de distancia del epicentro).

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Los daños ambientales por efectos secundarios documentados abarcan un área algo mayor de 1200 km² incluida dentro de la isosista de intensidad VIII, afectando a las localidades de Tavernes de Valldigna, Alzira, Cullera, Sueca, Barxeta, Villalonga y Xàtiva. Aunque la mayor parte de los efectos descritos (ESI-07 ≥ IX) están comprendidos en un área de 350 km². Los efectos geológicos más severos indican una intensidad X ESI-07 cubriendo un área de aproximadamente 25 km² en el valle de la Valldigna y en el Valle de la Murta, entre las poblaciones de Alzira, Tavernes de la Valldigna y Barxeta. La localización epicentral del IGN se localiza a unos 6 km al este de la zona definida como de intensidad máxima (X ESI-07).12 registros EEE (efectos secundarios) y 9 registros EAE.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☒ ***4 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Agrietamientos del terreno muy importantes en el término municipal de Barxeta (18 km), en el Valle de la Valldigna (6 km), y en las proximidades de la ciudad de Alzira (21 km) y de Cullera (10 km). En las tres últimas localizaciones, los agrietamientos parecen estar relacionados con importantes procesos de licuefacción.*
☒ ***3 Movimientos de ladera (SM):*** *Procesos gravitacionales muy importantes en diferentes puntos del tèrmino municipal de Xátiva (22 km), con desprendimientos de grandes bloques de tamaño decamètrico. Desprendimientos en la zona del Vall de la Gallinera (Alicante, 27 km), sobre todo en la loma que ocupaba el Castillo de Benirrama.*
☒ ***3 Procesos de licuefacción (LQ):*** *Procesos de licuefacción importantes en la zona del Valle de la Valldigna (6 km), Valle de la Murta (8 km) y zona costera en las proximidades de la ciudad de Cullera (10 km).*
☒ ***2 Anomalías Hidrogeológicas (1 HD, 1 HA):*** *Se refieren dos efectos de este tipo: en la ciudad de Alzira (21 km) en la que dos fuentes manaron agua de color ceniza (posiblemente relacionado con los importantes procesos de licuefacción que se produjeron en la zona), y una fuente que dejó de manar agua en los alrededores de la población de Villalonga (21 km).*
☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (WA; TS):*** *No Registrados.*
☐ ***Otros efectos:*** *No Registrados.*
☒ ***9 Efectos arqueosismológicos:*** *Colapso de numerosas casas en el Valle de la Valldigna (4 km), Alzira (21 km), Sueca (16 km), Riola (16 km) y Cullera (10 km). Daños en la muralla de Gandía (13 km). Daños en el Castillo de Gallinera (27 km) y en el Castillo de Lliria (68 km). Daños en la catedral de Valencia (45 km): en el cimborrio de la catedral y en el cuerpo de la torre del Micalet que se estaba construyendo en ese momento.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *La mayor parte de los efectos geológicos y ambientales para este evento se encuentran documentados en crónicas históricas posteriores al terremoto (Mascaró, 1456; Zurita, 1668) y en estudios más recientes de índole macrosísmico (López Marinas, 1981; Giner et al., 2003). Las descripciones han permitido localizar, y en algunos casos cuantificar, los EEEs y EAEs descritos. No existe ningún estudio geológico específico para este terremoto.* ***Calidad de la Información Geológica: Clase B.***

Investigación / Compilación de la información: *Jorge L. Giner Robles (UAM); Pablo G. Silva (USAL). Nueva Publicación 2017.*

MAGEN EVENTO



Vista hacia el SO del Valle de la Valldigna desde la Sierra de les Agulles. Al fondo Benifairó y Simat de la Valldigna (Foto: http://acelobert2010.wordpress.com/).
Imagen del Monasterio de la Valldigna, destruido por el terremoto de 1396 AD y reconstruido posteriormente (Foto: www.jdiezarnal.com).

HST 14270515: OLOT (Girona). 1427 AD												HISTÓRICO	
FECHA AMD	**HORA Y MIN.**	**LONGITUD**	**LATITUD**	**MAG (Mw/Ms/M*)**	**EMS 98**	**MSK 64**	**ESI 07**	**Q_e**	**Q_i**	**Q_g**	**LOCALIZACIÓN TERREMOTO**		
14270515AD	-	2°30' E	42°12' N	5,8	VIII-IX	IX	IX-X	B	C	G	**Olot. GI**		
Método de datación:		CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Galbis (1932; 1940), Del Valle, C. (1996), Olivera, C., *et al.* (2006)									**Tipo Evento:**	HST	
Prof. km	5	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**M_o**	6,31x10^{17}Nm	**Eventos asociados**		RÉPLICAS	**Agencia:**	IGN	
EEE Primarios		NO		**Longitud Falla**		-		**Desplazamiento**		-	**Tipo Desp.:**	-	
EEE Secundarios		SÍ		**Categoría ESI07**		☒GK ☒SM ☐LQ ☐HD ☒HA ☐WA ☐TS					**Área afectada:**	600 km^2	
Otros EEE Ambientales		SÍ		☒ OTROS EFECTOS (OT): En el evento del 15 de mayo no, pero en otros eventos del año 1427 se refieren: emisión de gases asociados a grietas abiertas en el terreno, cambios en el caudal y quimismo de fuentes o manantiales, así como su aparición y desaparición; ruidos y aparición de nubes de polvo/gas y efectos luminosos asociados.							
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ		☒ EAEs: Los datos referidos en las crónicas históricas refieren numerosos daños en las construcciones pero no se precisan datos.									

Documentación IGN 2002: 89, 127, 155, 160, 165, 166, 238, 259, 260, 261, 273, 280, 312, 329, 400, 405, 426, 499, 504, 569, 572, 583, 600, 622, 687, 788, 1020, 1043, 1050, 1051, 1060, 1067, 1069, 1076

Referencias bibliográficas básicas:

Galbis, J. (1932; 1940): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5° E y 20° W de Greenwich y los paralelos 45° y 25° Norte, Tomo I y II. Instituto Geográfico Catastral y de Estadística, Madrid.
Del Valle, C. (1996): Los terremotos de Girona de 1427 en la fuente hebrea. Aben Ezra Ediciones/Ajuntament de Girona.
Olivera, C., *et al.* (2006): Institut Cartogràfic de Catalunya. Barcelona.
Perea, H. (2009): The Catalan seismic crisis (1427 and 1428; NE Iberian Peninsula): Geological sources and earthquake triggering. *Journal of Geodynamics*, 47, 259-270.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 14270515 Olot, GI	2°30' E	42°12' N	5.8	VIII-IX	IX	IX-X	G	**North Catalan Coastal Zone (Zone 22)**

EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES
Ref.: Galbis (1932; 1940), Del Valle (1996), Olivera *et al.* (2006)

Event Type: **HISTORIC**

GENERAL DAMAGE: The historical catalogue reflects one of the most destructive seismic crises during the fifteenth century in the region of Olot and Amer. The seismic series of the year 1427 is formed by a significant number of events, without there being a major earthquake much more intense than the rest. This fact causes an overlap of effects and it is difficult to separate those produced by each earthquake. From the end of February 1427 until the end of December 1427 a series of seismic movements occurred which produced significant damage in an approximate NO-SE direction strip of more than 20 km in width. The most intense events were those of March 19, 1427, with an epicentral intensity of VIII (EMS-98) in the area of Amer-Osor, and that of May 15, 1427, with an epicentral intensity of VIII (EMS-98) in the area of Olot and the Vall d'en Bas. The earthquake of 15 May caused 15 deaths in Olot and the almost complete destruction of the population; in Castellfollit, 139 households were destroyed, in Riudaura 32, in Santa Pau 153, and also in Mallol, Sant Esteve d'en Bas and Bas hamlets. The intensity assigned by Olivera *et al.* (2006) according to the degree of damage attributed in the documents of the Pastoral Visits of Girona, other documentary sources and if they had been affected by the earthquakes of the month of March. Thus, the localities of Castellfollit, Riudaura and Santa Pau are assigned an intensity VII-VIII, intensity VIII in the parish of Sant Cristòfol les Fonts, intensity VII-VIII in the parish of Sant Andreu del Coll. The churches of Sant Bartomeu de Covildases, Sant Julià de Cabrera, Sant Pere de Milany and Vallfogona del Ripollés suffered damages both in the earthquake of May 15 (with a VI-VII or VII intensity) and in the February 2, 1428; in Vic intensity V-VI; was felt in Lleida with intensity IV and in Perpignan, Montpellier and Puigcerdá. Olivera *et al.* (2016) assigned to the earthquake of May 15th 1427 a Mo = 6.31x10^{17}Nm and a focal depth of 5km.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects NO REPORTED. The only environmental damage produced by secondary effects refers to only fifty cracks, without data on size, in the Mount of Lloret, from which water jets flow in four of them. It is also documented the existence of a slip in an alder forest near Sant Esteve d'en Bas.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No reported.*
☒ ***1 Ground cracks (GK):*** *50 cracks in the vicinity of Lloret without data about their measures.*
☒ ***1 Slope movements (SM):*** *A slide of a few meters is described in an alder forest located near Sant Esteve d'en Bas.*
☐ ***Liquefaction processes (LQ):*** *No Reported.*
☒ ***1 Hydrogeological anomalies (HA):*** *Four of the cracks produced in the mountain of Lloret expel jets of water up to 20 meters.*
☐ ***Anomalous waves and tsunamis (TS, AW):*** *No Reported.*
☐ ***Other effects:*** *No Reported.*
☒ ***Archaeoseismic damage:*** *The historical chronicles report numerous damages in the constructions but no more data are added about orientations in the damages.*

☒ ***Geological Data:*** *Earthquake environmental effects have been extracted from very general descriptions in historical documents. There are studies that identify the Amer fault as the most probable seismogenic source of the earthquakes that occurred in 1427 in this area (Goula at al., 1992, Ferrer et al., 1999, Fleta et al., 2001, Perea, 2006 and 2009). The Amer fault is a normal fault of about 30 km in length with two distinct segments and its recent activity is proven by geomorphological evidences (Ferrer et al., 1999). Fleta et al. (2001) carry out a paleoseismic study of the N segment of the fault, but they do not observe any surface deformation in recent terrains, probably due to a sedimentation rate higher than the slip rate of the fault.* ***Quality of Geological Information: Class B.***

Research / Data compilation by: *M.A. Perucha (IGME), M.A. Rodríguez-Pascua (IGME). Newly Published 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 14270515 Olot. GI	2°30' E	42°12' N	5,8	VIII-IX	IX	IX-X	G	**Zona Costero-Catalana Norte (Zona 22)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN Ref.: Galbis (1932; 1940)	**Tipo de Evento**	**HISTÓRICO**

DAÑOS GENERALES: El catálogo histórico refleja una de las crisis sísmicas más destructivas durante el siglo XV en la comarca de Olot y Amer. La serie sísmica del año 1427 está formada por un número importante de eventos, sin que exista un sismo principal mucho más intenso que el resto. Este hecho provoca que sus efectos se superpongan y sea difícil discernir los provocados en cada sismo. Desde finales de febrero de 1427 hasta finales de diciembre de 1427 se sucedieron una serie de movimientos sísmicos que produjeron daños importantes en una franja de dirección aproximada NO-SE de más de 20 km de anchura. Los eventos de mayor intensidad fueron los del 19 de marzo de 1427, con una intensidad epicentral (EMS-98) de VIII en la zona de Amer-Osor, y el del 15 de mayo de 1427, con una intensidad epicentral (EMS-98) de VIII en la zona de Olot y la Vall d'en Bas. El sismo del 15 de mayo provocó 15 muertos en Olot y la destrucción casi completa de la población; en Castellfollit se destruyeron 139 hogares, en Riudaura 32, en Santa Pau 153, y también en el Mallol, Sant Esteve d'en Bas y caserío de Bas. La intensidad asignada por Olivera *et al.* (2006) a las diferentes localidades de la Vall d'en Bas es VIII o VII-VIII según el grado de daño atribuido en los documentos de las Visitas Pastorales de Girona, otras fuentes documentales, y si habían sido afectadas por los terremotos del mes de marzo. Así, a las localidades de Castellfollit, Riudaura i Santa Pau le asignan una intensidad VII-VIII, intensidad VIII en la parroquia de Sant Cristòfol les Fonts, intensidad VII-VIII en la parroquia de Sant Andreu del Coll. Las iglesias de Sant Bartomeu de Covildases, Sant Julià de Cabrera, Sant Pere de Milany i Vallfogona del Ripollés tuvieron daños tanto en el terremoto del 15 de mayo (con una intensidad VI-VII o VII), como en el del 2 de febrero de 1428; en Vic intensidad V-VI; se sintió en Lleida con intensidad IV y en Perpignan, Montpellier y Puigcerdá. Olivera *et al.* (2016) calculan para el terremoto del 15 de mayo de 1427 una Mo=6.31x10^{17}Nm y una profundidad focal de 5km.

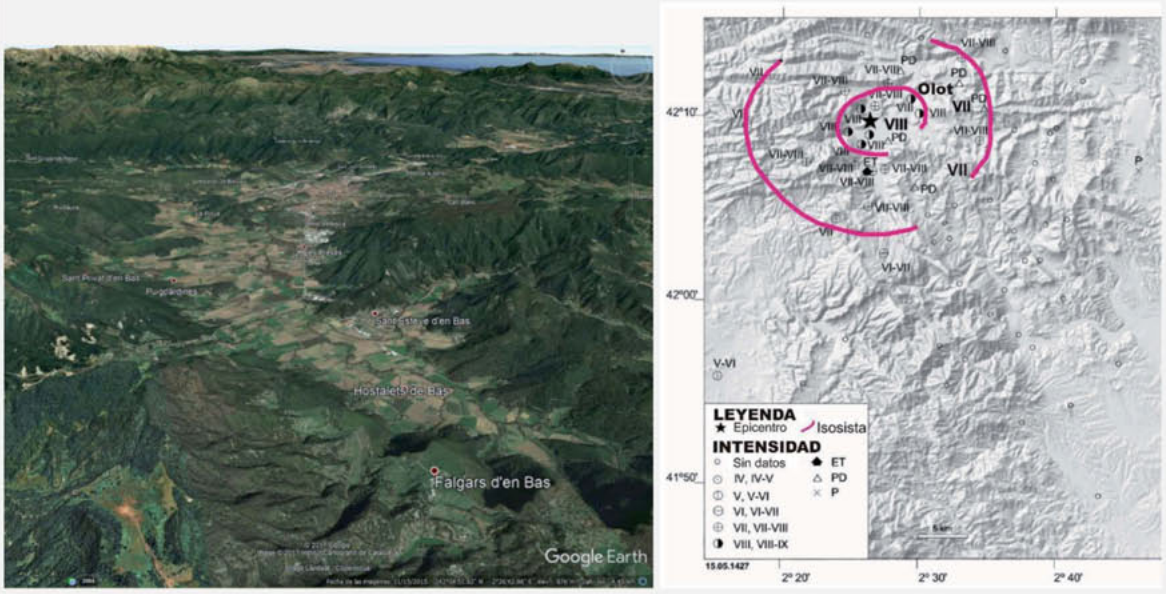
DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios NO REGISTRADOS. Los únicos daños ambientales por efectos secundarios documentados hacen referencia tan solo a cincuenta grietas, sin precisar tamaño, en el monte de Lloret, de las que brotan chorros de agua en cuatro de ellas. También se documenta la existencia de un deslizamiento en un bosque de alisos cerca de Sant Esteve d'en Bas.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No registradas*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No registradas.*
☒ ***1 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Descripción de 50 grietas en el monte de Lloret pero sin indicación de proporciones.*
☒ ***1 Movimientos de ladera (SM):*** *Se describe un deslizamiento de unos metros de un bosque de alisos quemados cerca de un caserío que se llama mas Mercadal, situado cerca de Sant Esteve d'en Bas.*
☐ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *No registrados.*
☒ ***1 Anomalías Hidrogeológicas (HA):*** *Cuatro de las 50 grietas producidas en la montaña de Lloret expulsaron chorros de agua de hasta 20 metros de altura.*
☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (TS, AW):*** *No registrados.*
☐ ***Otros efectos:*** *No registrados.*
☒ ***Efectos arqueosismológicos:*** *En las crónicas históricas se mencionan numerosos daños en las construcciones pero no se precisan más datos acerca de orientaciones en los daños.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Los efectos geológicos han sido extraidos de descripciones muy generales en fuentes documentales históricas. Existen estudios que identifican la Falla de Amer como la fuente sismogenética más probable de los terremotos ocurridos en 1427 en esta zona (Goula at al., 1992; Ferrer et al., 1999; Fleta et al., 2001; Perea, 2006 y 2009). La falla de Amer es una falla normal de unos 30 km de longitud con dos segmentos bien diferenciados y su actividad reciente queda probada por presentar evidencias geomorfológicas (Ferrer et al., 1999). Fleta et al. (2001) realizan un estudio paleosísmico del segmento N de la falla, pero no observan ninguna deformación superficial en los terrenos recientes debido probablemente a una tasa de sedimentación superior a la tasa de deslizamiento de la falla.* ***Calidad de la información geológica: Class B.***

Investigación / Compilación de la información: *M.A. Perucha (IGME), M.A. Rodríguez-Pascua (IGME). Nueva publicación 2017.*

IMAGEN EVENTO



A la izquierda, vista de todo el valle d'en Bas, donde se produjeron los mayores daños del terremoto ocurrido el 15 de mayo de 1427. En la imagen de la derecha, mapa de intensidades (modificado de Olivera *et al*, 2006) con el epicentro y las isosistas del terremoto del 15 de mayo de 1427. Las circunferencias vacías corresponden a localidades afectadas por otros eventos de la secuencia sísmica de 1427 pero no por el evento del 15 de mayo. ET= Efecto en el terreno; PD=probable daño; P=Percibido

HST 14310424: SUR GRANADA (Granada). 1431 AD											HISTÓRICO	
FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO	
14310424*AD*	14:00	3°38' O	37°8' N	6,7 M*	VIII-IX	IX	≥ VIII	D	C	B	Sur Granada. GR	
Método de datación:		CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Galbis (1932, 1940); Espinar Moreno, (1994); Azañón (2004)									Tipo Evento:	HST
Prof. km	-	±EZ	-	±EH-	-	Mo	-	Eventos asociados		RÉPLICAS	Agencia:	IGN
EEE Primarios		NO		Longitud Falla		-		Desplazamiento		-	Tipo Desp.	SIN DATOS
EEE Secundarios		SÍ		Categoría ESI07		☒GK ☒SM ☐LQ ☐HD ☐HA ☐WA ☐TS					Área afectada:	>150 km²
Otros EEE Ambientales		NO		☐ OTROS EFECTOS (OT): No registrados.								
EAE Efectos Arqueosismológicos		NO		☒ EAEs: Se producen daños en el Real (Campamento Cristiano) al pie de Sierra Elvira (cerca de Atarfe). La ciudad de Granada sufre daños importantes al igual que la Alhambra, de la cual se derrumba uno de los paños de su muralla.								

Documentación IGN 2002: 3, 49, 129, 160, 165, 166, 181, 205, 211, 273, 275, 280, 285, 286, 309, 312, 314, 335, 347, 348, 405, 421, 431, 435, 437, 439, 448, 480, 496, 504, 516, 528, 545, 572, 583, 587, 618, 623, 685, 687, 721, 728, 783, 791, 797, 800, 1076

Referencias bibliográficas básicas:

Azañón *et al.* (2004):Small-scale faulting, topographic steps and seismic ruptures in the Alhambra (Granada, southeast Spain). Journal of Quaternary Science, 19 (3), 219 – 227.

Espinar Moreno, M. (1994): Los estudios de sismicidad histórica en Andalucía: Los terremotos históricos de la provincia de Almería. En: El estudio de los terremotos en Almería. Instituto de Estudios Almerienses, pp. 115-180.

Galbis, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5° E y 20° W de Greenwich y los paralelos 45° y 25° Norte, Tomo I. Inst. Geográfico Catastral y Estadística, Madrid.

IAG (On-Line): Terremotos de Julio de 1431 en Atarfe y Granada. Instituto Andaluz de Geofísica. Disponible en: http://iagpds.ugr.es/pages/informacion_divulgacion/

Sanz de Galdeano, C. *et al.* (2012): Main active faults in the Granada and Guadix-Baza Basins (Betic Cordillera). Journal of Iberian Geology 38 (1), 209-223.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 14310424 Sur Granada. GR	3°38' W	37°8' N	6.7M*	VIII-IX	IX	≥ VIII	B	**Betic Cordillera; Internal Zones (Zone 35)**
EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Galbis (1932, 1940); Espinar Moreno, (1994); IAG (On-Line); Azañón *et al.* (2004)							**Event Type:**	**HISTORIC**

GENERAL DAMAGE: The damage produced by this earthquake is confused in many documents with those produced by other earthquake occurred in the area at the beginning of July 1431 AD, when the Higueruela battle occurred. The Earthquake of April was felt in Ciudad Real (200 km away) with intensity VI-VII EMS. The city of Granada suffered important damages affecting mosques (several collapses), the Alhambra Palace and its walls. The destruction of Los Alixares Palace (Granada Cemetery) seems to be related to the July earthquake. In the epicentral area, the villages of Ahendín, Otura and Dílar (10 to 14 km south of Granada) suffered a nearly complete destruction, killing many persons and livestock. The tremors (aftershocks) continued during 45 days after the event. The IAG data-base provides different locations for the macroseismic epicentre, such as the Beiro zone at Granada (Earthquake list page) or Sierra Elvira near Atarfe (Earthquake description page). Certainly, there is considerable confusion about the location of this event, but the descriptions of damage fit better to the epicentral location provided by the IGN.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects UNKNOWN. Environmental damage by secondary effects over an area greater than 150 km² along the western zone of the Granada basin, from the locality of Dílar to Sierra Elvira (20 km apart). The only documented environmental effects correspond to slope movements (SM) in Sierra Elvira and ground cracks (GK) in the Alhambra pavements at Granada. Certainly, the geological effects produced by this earthquake will be numerous, but no documented. Combining EMS data with the scarce ESI-07 data, the areal extent of the earthquake indicate a minimum intensity of VIII ESI-07.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☒ ***1 Ground cracks (GK):*** *Ground cracks in the Alhambra pavement, about 6 km away from the macroseismic epicentre.*
☒ ***1 Slope movements (SM):*** *Rock falls in Sierra Elvira, about 11 km away from the macroseismic epicentre.*
☐ ***Liquefaction processes (LQ):*** *No Reported.*
☐ ***Hydrogeological anomalies (HA; HD):*** *No Reported.*
☐ ***Anomalous Waves and Tsunamis (WA; TS):*** *No Reported.*
☐ ***Other effects:*** *No Reported.*
☒ ***Archaeoseismic damage:*** *Damage reported at "El Real" (Christian military camp) located in the piedmont of Sierra Elvira (near the locality of Atarfe). The city of Granada underwent important damage and one of the external walls of La Alhambra collapsed (over the Beiro Canyon). The Alixares Palace (1 km south of Granada) was entirely destroyed.*

☒ ***Geological Data:*** *There are no specific geological studies about this earthquake. The work of Sanz de Galdeano et al. (2012) identifies several NE-SW active normal faults along the western margin of the Granada basin. Among these tectonic structures the Sierra Elvira-Dílar fault (Dílar segment) and the Granada fault zones will be considered as the more probable seismic sources for the 1431 AD event. In fact, the seismic potential of both faults proposed for these authors for both faults is in the range of the magnitude value assigned for the IGN, specially for the case of the Granada fault (6.3 – 6.7 Mw). Previously, Azañón et al. (2004) indicate that small-scale normal faults of the Granada fault-zone, affecting to the conglomerates of the Alhambra Fm (cm-m offsets) and producing topographic steps in the Alhambra and Alixares palaces zone, will be linked with the 1431 AD events. These authors illustrate the concordance of the existing fault traces and cracks affecting to the Alhambra wall, constructed after the earthquake.* ***Quality of Geological Information: Class B.***

Research / Data compilation by: *Pedro Huerta (USAL), Pablo G. Silva (USAL). Updated 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 14310424 Sur Granada. GR	3°38' O	37°8' N	6,7M*	VIII-IX	IX	≥ VIII	B	**Cordillera Bética; Zonas Internas (Zona 35)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN
Ref.: Galbis (1932, 1940); Espinar Moreno, (1994); IAG (On-Line); Azañón *et al.* (2004)

Tipo de Evento: **HISTÓRICO**

DAÑOS GENERALES: Los daños producidos por este terremoto se confunden en muchos documentos con los daños provocados por otro terremoto que se produjo en la misma zona (Atarfe) en torno a principios de Julio de 1431, que es cuando tuvo lugar la batalla de la Higueruela (IAG). El terremoto de abril fue sentido en Ciudad Real (a 200 km del epicentro) donde se encontraba el Rey Juan II de Castilla, con una intensidad VI-VII EMS. La ciudad de Granada y su vega sufrieron daños importantes; algunas mezquitas se cuartearon y derrumbaron, al igual que partes de la Alhambra y su muralla. En la zona epicentral, las villas de Ahendín, Otura y Dílar (a 10-14 km al Sur de Granada) quedaron (según las descripciones) totalmente arruinadas, muriendo muchos de sus habitantes y el ganado. Los temblores (réplicas) continuaron durante 45 días. En la base de datos del IAG sitúan el epicentro macrosísmico en diferentes posiciones, como en la zona del Beiro en Granada (Listado de terremotos) o en Sierra Elvira, junto a Atarfe (Descripción del terremoto). Sin duda, existe bastante confusión sobre su localización, pero las descripciones de daños se ajustan bastante mejor a la localización epicentral del IGN al Sur de Granada.

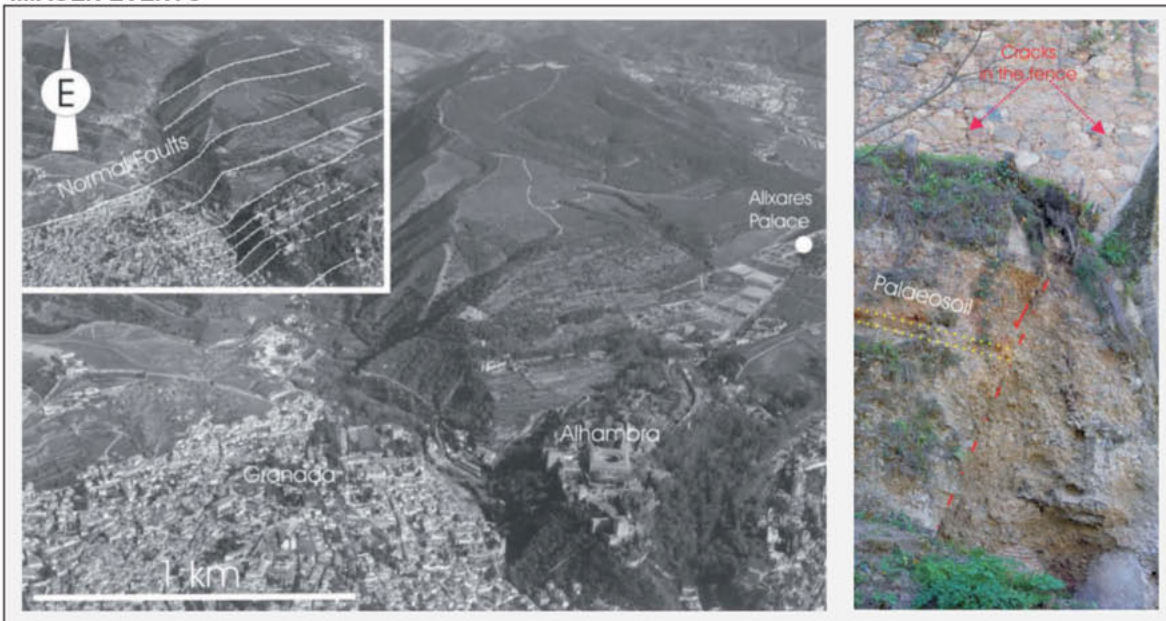
DAÑOS AMBIENTALES: Los efectos primarios NO REGISTRADOS. Los daños ambientales debido a efectos secundarios pudieron producirse sobre un área mayor a los 150 km²., a lo largo del margen occidental de la cuenca de Granada entre la localidad de Dílar y Sierra Elvira (separadas unos 20 km) Los únicos efectos ambientales documentados se refieren a procesos de ladera (SM) en la zona de Sierra Elvira y agrietamientos del terreno (GK) en los pavimentos de la Alhambra, pero sin duda estos tuvieron que ser numerosos en la vega de Granada y relieves colindantes (aunque no documentados). Combinando los datos EMS con los escasos EEEs que presentamos en esta ficha-resumen, el área afectada por daños ambientales (EEEs) secundarios indicaría una intensidad mínima de VIII ESI-07.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☒ ***1 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Grietas del terreno en los pavimentos de la Alhambra.*
☒ ***1 Movimientos de ladera (SM):*** *Caídas de rocas en los relieves próximos a la zona epicentral en Sierra Elvira.*
☐ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *No Registrados.*
☐ ***Anomalías Hidrogeológicas (HA; HD):*** *No Registradas.*
☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (WA; TS):*** *No Registrados.*
☐ ***Otros efectos:*** *No Registrados.*
☒ ***Efectos Arqueosismológicos:*** *Se registran daños en el Real (Campamento Cristiano) al pie de Sierra Elvira (cerca de Atarfe). La ciudad de Granada sufre daños importantes al igual que la Alhambra, de la cual se derrumba uno de los paños de su muralla (sobre el cañón del Beiro). El Palacio de La Alhambra y las murallas de Granada quedaron muy afectados y fueron reconstruidos por los Reyes Católicos tras la Reconquista en 1492 AD. El Palacio de los Alixares (1 km al Sur de La Alhambra) quedó completamente destruido, así como el acueducto que proveía de agua a sus jardines desde el río Aguas blancas, reconstruido en1455 AD.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *No existen estudios geológicos específicos sobre este terremoto. El trabajo de Sanz de Galdeano et al. (2012) identifica distintas fallas normales activas de dirección NE-SO a lo largo del margen occidental de la Cuenca de Granada. Entre ellas, la falla de Sierra Elvira-Dílar (Segmento de Dílar) y la falla de Granada pueden considerarse como probables fuentes sísmicas del evento aquí catalogado. De hecho, el potencial sísmico de ambas fallas evaluado por estos autores se encuentra en el rango de la magnitud asignada al evento por el IGN, especialmente en el caso de la falla de Granada (6,3 – 6,7 Mw). Previamente, Azañón et al. (2004) indican que pequeñas fallas normales, de la zona de falla de Granada, producen saltos de escala cm-m en los conglomerados de la fm. Alhambra y escalones topográficos en la zona de los palacios de la Alhambra y los Alixares, podrían estar asociadas con los eventos de 1431 AD (sin especificar cuál de ellos). Estos autores ilustran la concordancia entre las fallas que afectan a la fm. Alhambra y los agrietamientos que afectan a las murallas de la Alhambra construidas tras el terremoto.* ***Calidad de la información geológica: Clase B.***

Investigación / Compilación de la información: *Pedro Huerta (USAL), Pablo G. Silva (USAL). Actualizada 2017.*

IMAGEN EVENTO



Fotografía aérea-oblicua de la zona de Granada ilustrando los escalones topográficos asociados a la zona de falla normal de Granada y su ubicación con respecto a la ciudad y los palacios de La *Alhambra* y los Alixares (destruido). Derecha detalle de una de las fallas afectando a la muralla de La Alhambra sobre el río Beiro (J.M. Azañón).

HST 14940126: SUR MÁLAGA (Málaga). 1494 AD — HISTÓRICO

FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
14940126*AD*	20:00	4°20' O	36°35' N	6,5	VIII	VIII-IX	VIII	D	C	B	**Sur de Málaga. ML**

Método de datación:		CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Galbis (1932); Olivera (1995); Martínez Solares y Mezcua (2002)									**Tipo Evento:**	HST
Prof. km	-	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**M_o**	-	**Eventos asociados**		-	**Agencia:**	IGN / IAG
EEE Primarios		NO		**Longitud Falla**		-		**Desplazamiento**		-	**Tipo Desp.:**	
EEE Secundarios		NO		**Categoría ESI07**		☐GK ☐SM ☐LQ ☐HD ☐HA ☐WA ☐TS					**Área afectada:**	
Otros EEE Ambientales		SÍ		☒ OTROS EFECTOS (OT): Los daños en la zona de la Puerta de Mar y la antigua marina y atarazanas de Málaga permiten pensar en la incidencia de un probable tsunami. En ningún escrito se menciona oleaje anómalo etc., pero el epicentro de sitúa en el mar, unos 17 km al Sur de Málaga.							
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ		☒ EAEs: Daños y colapsos parciales de murallas, torres y ruina en caseríos de Málaga. El Convento de La Trinidad, situado en la zona Oeste de la ciudad junto al mar (antiguas atarazanas) quedó destruido en su totalidad. Daños en fortificaciones a lo largo de la franja litoral entre Fuengirola (Oeste) y Salobreña (Este).							

Documentación IGN 2002: 165, 166, 273, 280, 285, 405, 431, 435, 439, 504, 516, 518, 600, 618, 623, 685, 687, 721, 741, 766, 783, 803, 804, 815, 1043, 1076

Referencias bibliográficas básicas:

Galbis, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5° E y 20° W de Greenwich y los paralelos 45° y 25° Norte, Tomo I. Instituto Geográfico Catastral y de Estadística, Madrid.

Goded, T. (2006): Reevaluación de daños de los terremotos de Málaga de 1494 y 1680. Trabajo de Investigación. Facultad de Ciencias Físicas, UCM: 155 pp.

Goded, T., *et al.* (2008): The 1494 and 1680 Málaga (Southern Spain) earthquakes. Seismological Research Letters 79, 707-715.

López de Coca, J. E. (1989): El Reino de Granada en la época de los Reyes Católicos: repoblación, comercio y frontera. Universidad de Granada. Biblioteca Nacional. Madrid, 9/37892. Tomo I.

Olivera, C. (1995): Sismicidad Histórica en el Reino de Granada (1487 – 1531); Estudio histórico y Documentos. 231 pp. (También disponible en Monografía nº 12 IGN, Madrid, 283 pp).



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 14940126 Sur Málaga, ML	4°20' W	36°35' N	6.5 M*	VIII	VIII-IX	VIII	C	**Betic Cordillera; Internal Zones (Zone 34)**

EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Galbis (1932); Olivera (1995); Martínez Solares y Mezcua (2002)	**Event Type:**	**HISTORIC**

GENERAL DAMAGE: Damage in towers and ancient city walls of Málaga, which were destroyed in many places. Severe damage in houses. Ancient chronicles don't report death, but about four injuries in Málaga. The old Trinity Convent, located in the coast line was completely destroyed and rebuilt inland after the earthquake. Taking into account the important economic aid (> 10,000 maravedies) and privileges (franchises) granted to the city by the Catholic Monarchs (Reyes Católicos) a strong building damage can be estimated. The event is credited with an intensity VIII-IX MSK, implying destruction or serious damage in fortifications, churches and relevant masonry buildings, as well as widespread destruction of the muslim houses, mainly rubblework (Olivera, 1995). Main damage is documented along the Málaga coast between Salobreña (Granada) in the East and Fuengirola-Benalmádena, West of Málaga, along c. 100 km with intensities ≥ VII EMS, reporting damage in fortifications and military installations (towers, etc.). Are also reported damage inland in villages (≥ VI EMS) located about 30 – 33 km of the epicentral area, such as Comares and Almogía. The earthquake was felt in localities at more than 100 km (Granada) and even 200 km of epicentral distance (Sevilla and Carmona) with intensities equal or larger than IV MSK (IGN, 1995).

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects NO RECORDED. Probable offshore event, located about 17 km south of Málaga within the Alboran Sea (IGN, 1995). Damage was concentrated in the coastal area between Fuengirola (West) and Salobreña (East) with an apparent E-W trending decrease in the damage (Goded *et al.*, 2008). No environmental damage is reported for this earthquake, but the complete destruction of the Trinity Convent located in the ancient coastal area of the city (Atarazanas: Dockyards) seems to point to the intervention of a small tsunami event (not reported in historical documents). No other environmental effects are reported, such as hydrological anomalies or slope movements, which surely occurred. However, the zone was largely depopulated after several years of wars (Christian Reconquest) in the zone. In detail, the city of Málaga was conquest by the Spanish Catholic Monarchs (Reyes Católicos) about seven years before the earthquake (18th August AD 1487) after six months of military siege around the city. Most of the muslim population were captive (deported to Carmona) or executed. The main problems after the earthquake in this war zone were focused on the reparation of damaged towers, fortifications and city walls. The conquest of Málaga was one of the more violent episodes in the medieval War of the Spanish Christian kingdoms again the Nazarí Kingdom of Granada (López de Coca, 1986).

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No recorded.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No recorded.*
☐ ***Ground cracks (GK):*** *No recorded.*
☐ ***Slope movements (SM):*** *No recorded.*
☐ ***Liquefaction processes (LQ):*** *No recorded.*
☐ ***Hydrogeological anomalies (HD; HA):*** *No recorded.*
☐ ***Anomalous waves and tsunamis (AW; TS):*** *Probable tsunami event of low energy (very doubtful). Offshore event.*
☒ ***Other effects:*** *The destruction in the western coastal area of the city near the ancient outlet of the Guadalmedina river (Dockyards and Sea Gate) will indicate the occurrence of a low energy tsunami wave (no mentioned anywhere) and/or a possible "site effect" in the buildings founded in the unconsolidated sandy sediments of the beach area were the muslim harbor was located. Most of the reported damage is located along the E-W coastal area of Málaga.*
☒ ***Archaeoseismic damage:*** *Significant damage in city walls, towers and houses in the cities of Málaga and Benalmádena (coastal epicentral area). Destruction of the Trinity Convent (old muslim dockyards). The tower of the castle of Salobreña, c. 100 km east of Málaga, was broken. There are no data on archaeological oriented damage.*

☐ ***Geological Data:*** *No available geological information for this historical event.* ***Quality of Geological Information: Class C.***

Research / Data compilation by: *Pablo G. Silva (USAL). Newly published 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 14940126 Sur Málaga, ML	4°20' O	36°35' N	6,5 M*	VIII	VIII-IX	VIII	B	**Cordillera Bética; Zonas Internas (Zona 34)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN Ref.: Galbis (1932); Olivera (1995); Martínez Solares y Mezcua (2002)	**Tipo de Evento**	**HISTÓRICO**

DAÑOS GENERALES: Daños en la gran parte de las torres y murallas de la ciudad de Málaga que quedaron seriamente quebrantadas y caídas en muchos lugares. Daños muy importantes en todo el caserío de la Ciudad. Se dice que hubo 4 heridos, pero ningún muerto. El convento de los Trinitarios, situado en la línea de costa quedó destruido y tuvo que ser trasladado al interior de la ciudad. En función de las cuantiosas ayudas (> 225.000 Maravedíes) y prebendas (prórrogas de franquicias) concedidas a la ciudad por los Reyes Católicos se estiman daños muy graves. Se le atribuye una intensidad VIII-IX MSK (IGN, 1995), lo que implica destrucción o daños graves en fortificaciones, iglesias y edificios de sillería, así como la ruina generalizada del caserío musulmán de la ciudad construido en mampostería (Olivera, 1995). Daños a lo largo de la franja costera desde Salobreña (Granada); al Este hasta Fuengirola-Benalmádena, al Oeste a lo largo de más de 100 km con intensidades ≥ VII EMS, citándose daños en sus fortalezas litorales que necesitaron reparación. En la mayor parte de los casos se citan daños en localidades del interior (≥ VI EMS) en localidades situadas entre 30-33 km de distancia epicentral, como Comares y Almogía donde se citan daños en sus fortalezas y en el caserío de las ciudades. El terremoto se sintió en localidades situadas a más de 100 km (Granada) e incluso 200 km de distancia (Sevilla y Carmona) con intensidad mayor o igual a IV MSK (IGN, 1995).

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos Primarios NO REGISTRADOS. Probable evento en alta mar, localizado a unos 17 km al Sur de la Ciudad de Málaga en el Mar de Alborán (IGN, 1995). Afección a toda la franja costera situada entre Fuengirola y Salobreña, con un marcado sentido en la disminución aparente de daños E-O (Goded *et al.*, 2008). No se cita ningún daño ambiental en este terremoto, pero la destrucción del Convento de SS Trinidad situado en la Puerta de Mar (antiguas atarazanas) que quedó totalmente destruido. No puede descartarse la intervención en la destrucción de un probable tsunami no catalogado. Por lo demás, no se citan efectos secundarios en fuentes, pozos, laderas, etc., que sin duda hubo de haberlos. La zona se encontraba notablemente despoblada debido a las continuadas batallas de la Reconquista, ya que Málaga fue tomada por los Reyes Católicos apenas siete años antes (18 de Agosto de 1487) tras seis meses de asedio, y gran parte de su población (Musulmana) fue hecha cautiva (deportada a Carmona) o ejecutada. Constituyó uno de los episodios más sangrientos en la Guerra contra el Reino Nazarí de Granada (López de Coca, 1986). Los mayores problemas tras el terremoto, se centraron en la reconstrucción de murallas y edificaciones.

- ☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No registradas.*
- ☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No registradas.*
- ☐ ***Agrietamientos del Terreno (GK):*** *No registrados.*
- ☐ ***Movimientos de ladera (SM):*** *No registrados.*
- ☐ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *No registrados.*
- ☐ ***Anomalías Hidrogeológicas (HD; HA):*** *No registradas.*
- ☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (AW; TS):*** *Probable tsunami no catalogado (muy dudoso).*
- ☒ ***Otros efectos:*** *Destrucción de la parte costera de la ciudad junto a la antigua desembocadura del Guadalmedina (Atarazanas y Puerta de Mar) puede indicar la ocurrencia de un pequeño tsunami (no mencionado en ninguna fuente) o un posible efecto sitio (amplificación) ya que la zona se situaba directamente sobre los sedimentos de playa sin consolidar donde se situaba el puerto. La mayor parte de los daños relacionados con este evento se sitúan en la franja costera E-O de Málaga.*
- ☒ ***Efectos arqueosismológicos:*** *Daños en murallas, torres, torreones y caserío en las localidades de Málaga y Benalmádena (zona epicentral). Destrucción del Convento de la Trinidad (antiguas atarazanas). Rotura de una torre de la fortaleza de Salobreña. No existen datos sobre daños orientados.*

- ☐ ***Datos Geológicos:*** *No existe información geológica relacionada con este evento en ningún estudio. No pueden catalogarse daños ambientales, excepto la ocurrencia de un hipotético pequeño tsunami que participara en la destrucción de la zona costera.* ***Calidad de la Información Geológica: Clase C.***

Investigación / Compilación de la información: *Pablo G. Silva (USAL). Nueva Publicación 2017.*

IMAGEN EVENTO



Recreación de la Málaga Musulmana según el dibujante E. Alcántara Alcaide correspondiente a 1487 AD (año de su Reconquista por los Reyes Católicos). Su estado sería muy similar en 1494 AD cuando ocurrió en terremoto. Abajo a la izquierda, en la antigua desembocadura del río Guadalmedina se situaban las Atarazanas y la denominada Puerta de Mar, en cuya mezquita se ubicó el Convento de La Trinidad tras la Reconquista de Málaga. Esta es la única zona de la ciudad de la que queda constancia escrita de su destrucción total. El Convento de la Trinidad se trasladó extramuros en la ribera derecha del Guadalmedina al norte del antiguo arrabal de Attabanim, a partir del cual se nucleó el Barrio de La Trinidad de Málaga a partir del siglo XVI.

HST 15040405: CARMONA (Sevilla). 1504 AD											HISTÓRICO	
FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO	
15040405*AD*	09:00	5°28' O	37°23' N	6,8 M*	VIII-IX	X	IX	C	C	A	Carmona. SE.	
Método de datación:		CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Bonsor (1908); Silva *et al.* (2013)									Tipo Evento:	HST
Prof. km	-	±EZ	-	±EH-	-	Mo	-	Eventos asociados		RÉPLICAS	Agencia:	IGN
EEE Primarios		NO		Longitud Falla		-		Desplazamiento		-	Tipo Desp.:	SIN DATOS
EEE Secundarios		SÍ		Categoría ESI07		☒GK ☒SM ☒LQ ☒HD ☐HA ☒WA ☐TS					Área afectada:	1200 km²
Otros EEE Ambientales		SÍ		☒ OTROS EFECTOS (OT): Colapsos kársticos de pequeñas cuevas en el entorno del cantil norte de la ciudad próximo a la Ermita de San Mateo en las inmediaciones de la antigua Puerta de Marchena.								
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ		☒ EAEs: Daños por procesos importantes de deslizamiento en el antiguo Alcázar (Parador Nacional). Destrucción total de los lienzos Norte y Sur de las Murallas de la ciudad. Colapsos en las Iglesias de San Felipe, San Salvador, Santiago, Santa María, Ermita de San Mateo y antiguo Convento de Los Jerónimos (extramuros). Desaparición del antiguo Acueducto Romano en la zona Oeste de la Ciudad. Daños registrados también en Sevilla.								

Documentación IGN 2002: 129, 165, 166, 211, 273, 275, 280, 286, 305, 312, 335, 347, 366, 405, 407, 421, 431, 451, 488, 489, 504, 516, 528, 547, 570, 571, 583, 598, 600, 618, 619, 623, 635, 685, 687, 695, 728, 783, 789, 1039, 1043, 1076.

Referencias bibliográficas básicas:

Bernáldez, A. (1875): Historia de los Reyes Católicos D. Fernando y Doña Isabel. Soc. Bibliófilos Andaluces, 2, 263-266.
Bonsor, J. (1918): El terremoto de 1504 en Carmona y en los Alcores. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Natural, 18, 115-123.
Gentil Govantes, P. (1989): Riesgo Sísmico de Sevilla. Pub. Univ. Sevilla. Sevilla (Spain). 163 pp.
González Jiménez, M. (2006): La Carmona Medieval, Fundación José Manuel Lara, Sevilla. 288 pp. Capítulo XIII "El Terremoto de Carmona de 1504", 167-173.
Martínez Solares, J.M., Mezcua, J. (2002): Catálogo Sísmico de la Península Ibérica (880 a. C. – 1900). Monografías IGN, 18. IGN, Madrid (Spain), 253 pp.
Silva, P.G. *et al.* (2013): Geological and Archaeological effects of the AD 1504 Carmona Earthquake (Guadalquivir valley, South Spain). Cuaternario y Geomorfología 27 (3-4), 109 – 125.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 15040405 Carmona, SE	5°28' W	37°23' N	6.2 – 6.8 M*	VIII-IX	X	IX	A	**External Betic Cordillera; Guadalquivir Basin (Zone 28)**
EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Bonsor (1918); Gentil Govantes (1989); González Jiménez (2006); Martínez Solares &Mezcua (2002); Silva *et al.*(2013)								**Event Type:** **HISTORIC**

GENERAL DAMAGE: 32 deaths (27 in Carmona) and hundreds of injured people. Destruction of city walls, and partial collapse of the ancient Arab Castle as a consequence of a large landslide in the mainland scarp of the city. Severe damage in most of the churches and houses of the city, with the collapse of most of the roofs. Most damaged districts were Santiago and San Felipe, north and south of the city. Reparation costs in Carmona were of 7.562.500 maravedies (c. 150 M€ at present) excluding the reparation of defensive walls and castle (Gentil Govantes, 1989; González Jiménez, 2006). Damage also extended to the Guadalquivir valley at epicentral distances between 47 km NO (Sevilla) and 37 km NE (Palma del Río) with assigned intensities VII-VIII EMS (Martínez Solares & Mezcua, 2002). In this zone the localities of Alcalá del Río, Cantillana, Tocina, Lora y Villanueva del Río y Minas, were strongly damaged (VII-VIII EMS). The earthquake was felt in localities located more than 200-400 km away in Murcia, Málaga, Granada, South Portugal (Algarve), North Africa and Castilla. Previous estimations catalogued this event with intensity X MSK (Gentil Govantes, 1989).

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Environmental damage by secondary effects over an area of 1,200 km² included within the VII intensity zone, affecting to the localities of Carmona (Large landslides and rock falls) and those located within the Guadalquivir valley from Sevilla to Palma del Río were liquefaction processes occurred. More distant localities (Almadén de la Plata and Cazalla de La Sierra) located in the Iberian Massif 77-66 km away hydrological anomalies occurred. No environmental or building damage is reported south of the epicentre, even for localities less than 6 km away (i.e. Marchena). 25 EEE records for secondary effects and 12 EAE records.

☐ ***Surface ruptures (SR) and Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☒ ***4 Ground cracks (GK):*** *Ground cracks of hectometric length (c. 400 m) and metric width (max. 6.6 m) occurred in the slope of the Arab Castle. The fracture system extends downslope overt 8700 m in an E-W direction reaching the ancient Convent of Los Jeronimos. Maximum vertical throws where of 1.8 m with left-lateral displacement as documented by Bonsor (1918). Multiple cracks occurred along the city, apparently reaching the ancient Roman necropolis of Carmona. Similar cracks, 200 m length and 3-4 m wide, are documented along Los Alcores scarp in El Acebuchal, but difficult to assign to this particular earthquake.*
☒ ***9 Slope movements (SM):*** *Large landslide event (c. 800,000 m³) affecting the ancient Arab Castle and multiple rockfalls of large calcarenite blocks and city wall segments (500 -10 m³) occurred along the mainland scarp of the city, about 18 km away from the epicentre. Similar rockfalls events suspectly occurred along Los Alcores scarp between Carmona and Mairena (El Acebuchal) over a distance of c. 14 km affecting an area of c. 11 km², but no clearly documented. Minor landslides occurred in Lora del Río (30 km) and Villanueva (37 km) affecting to their medieval castles.*
☒ ***7 Liquefaction processes (LQ):*** *Ejection of water and mud by ground cracks and open craterlets in the ground are reported within the Guadalquivir floodplain upstream Sevilla over a lineal distance of c. 80 km. Two main zones of about 180-200 km² are identified by Silva et al. (20013); Sevilla-Alcolea and Cantillana-Lora.*
☒ ***2 Hydrogeological anomalies (2 HD):*** *Significant increase of the turbidity of water in wells in Almadén de la Plata and Cazalla de la Sierra (> 65 km away).*
☒ ***2 Anomalous Waves and Tsunamis (2 WA):*** *Anomalous waves occurred in Sevilla and upstream Alcalá del Río causing fish mortality and violent shocks in the anchored boats. Localized flooding occurred upstream Alcalá del Río between this locality and Lora del Río in some cases permanent flooding (Ground settlement).*
☒ ***1 Other effects:*** *Karst vault collapses happened around the Eastern cliff zone of Carmona, especially near the San Mateo Church (18 km away).*
☒ ***12 Archaeoseismic damage:*** *Strong damage in churches and castles in Carmona (VIII-IX EMS), Sevilla, Cantillana, Lora and Villanueva del Río (VII-VIII EMS).*
☒ ***Geological Data:*** *Earthquake pioneer survey by Bonsor (1918) documenting preserved landslides and ground cracks around Carmona and documenting probable earthquake effects along Los Alcores scarp. Recent geological analysis of the earthquake by Silva et al. (2013) survey the affected zone identifying and quantifying environmental damage in Carmona (slope movements) and the floodplain of the Guadalquivir river (liquefaction). These authors propose an epicentral location within the Guadalquivir valley related with the prolongation of NW-SE faults from the Iberian Massif under the Quaternary filling of the valley. One of these faults near the ancient roman city of Arva (Cantillana) triggers the outcrop of the paleozoic metamorphic materials in the present riverbed of the Guadalquivir.* ***Quality of Geological Information Class A.***

Research / Data compilation by: *Pablo G. Silva (USAL), Alicia Fernández (USAL). Updated 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 15040405 Carmona, SE	5°28' O	37°23' N	6,2 - 6,8M*	VIII-IX	X	IX	A	**Zonas Béticas Exteriores; Cuenca del Guadalquivir (Zone 28)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN — **Tipo de Evento: HISTÓRICO**

Ref.: Bonsor (1918); Gentil Govantes (1989); González Jiménez (2006); Martínez Solares & Mezcua (2002); Silva *et al.* (2013)

DAÑOS GENERALES: Decenas de muertos y cientos de heridos. 27 muertes en Carmona y 3 en Sevilla. Destrucción de las murallas de Carmona y daños muy importantes en el Alcázar como consecuencia de un gran deslizamiento a favor del escarpe principal de la ciudad. Daños muy importantes en la mayoría de las casas e iglesias de la ciudad, cuyos techos colapsaron en su mayoría. Los barrios más dañados fueron los de Santiago y San Felipe al Norte y Sur de la ciudad respectivamente. Los costos de las reparaciones en casas e iglesias de Carmona ascendieron a 7.562.500 maravedíes (c. 150 M€) excluyendo los costos de reparación de las murallas y el castillo (González Jiménez, 2006). El terremoto también afectó a todas las poblaciones del valle del Guadalquivir situadas entre Sevilla (47 km SO) y Palma del Río (37 km NE) donde hubo bastantes edificios destruidos con algunas víctimas (VII-VIII EMS; Martínez Solares *et al.*, 2002). En las ciudades de Alcalá del Río, Tocina, Lora y Villanueva del Río y Minas, muchas iglesias, casas, murallas y sus fortalezas cayeron sepultando entre sus ruinas a muchas personas. El terremoto fue sentido en localidades distantes algo más de 400 km como Murcia y Medina del Campo (Valladolid). En localidades situadas a unos 200 km, como Málaga, Granada, Sur de Portugal (Algarve) y costa del Norte de África, el temblor fue notable. Estimaciones previas consideran este evento de intensidad X MSK (Gentil Govantes, 1989).

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Los daños ambientales por efectos secundarios abarcan un área de 1.200 km² incluida dentro de la zona de intensidad VII afectando a las localidades de Carmona (importantes deslizamientos y caídas de rocas) y aquellas localizadas en el valle del Guadalquivir desde Sevilla a Palma del Río, donde tuvieron lugar alteraciones de las aguas del Guadalquivir y procesos de licuefacción. En localidades más distantes (77-66 km) situadas en el interior del macizo Ibérico (Almadén de la Plata y Cazalla de La Sierra) se enturbiaron significativamente las aguas de los pozos. No existe registro de daños ambientales o sobre edificaciones al Sur de la localización epicentral del IGN, incluso para localidades situadas a menos de 6 km de distancia epicentral (p.ej. Marchena). 25 registros EEE (efectos secundarios) y 12 registros EAE.

☐ ***Rupturas de Falla (SR) y Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*

☒ ***4 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Grietas en roca de longitud hectométrica (c. 400 m), anchura métrica (max. 6,6 m) y hasta 8 m de profundidad ocurrieron en el cantil sobre el que se sitúa el Alcázar de Carmona. El sistema de fracturas se extendió ladera abajo a lo largo de 700 m, en dirección E-O alcanzando el antiguo Convento de Los Jerónimos. Los saltos verticales de estas fracturas fueron de hasta 1,8 m con desplazamientos laterales de 1,4 m en la zona del Alcázar y se corresponden con la cabecera del deslizamiento más importante. Muchos agrietamientos ocurrieron en la ciudad, el más importante (200 m) afectó a la necrópolis romana de Carmona. Similares fracturas, 200 m de longitud y 3-4 m de anchura, se registran a lo largo del escarpe de los Alcores hasta el yacimiento arqueológico del Acebuchal (Mairena) 14 km al SSO de Carmona, pero difíciles de asignar a este terremoto con seguridad.*

☒ ***9 Movimientos de Ladera (SM):*** *Un importante deslizamiento (c. 800.000 m³) afectó al Alcázar de Carmona y múltiples caídas de grandes bloques de calcarenitas y segmentos de la Muralla (500 – 10 m³) ocurrieron a lo largo del perímetro de la ciudad (c. 2 km) situado sobre el escarpe rocoso a 18 km de distancia epicentral. Similares procesos de caídas de grandes bloques ocurrieron a lo largo del escarpe de Los Alcores hasta el Acebuchal (Mairena) afectando a un área de unos 11 km², aunque no claramente relacionados con este terremoto. Procesos de desprendimientos rocosos ocurrieron en Lora del Río (30 km) y Villanueva (37 km) afectando a sus fortalezas medievales.*

☒ ***7 Procesos de licuefacción (LQ):*** *Eyección de agua y barro a lo largo de grietas y craterlets (de gran tamaño) se registran en la llanura de inundación del Guadalquivir aguas arriba de Sevilla hasta Palma del Río sobre una distancia lineal de 80 km y distancias epicentrales máximas de 43 km (Sevilla). Se identifican dos grandes zonas de entre 180 – 200 km² (Silva et al., 2013) en los que estos procesos tuvieron lugar: Sevilla-Alcolea y Cantillana-Lora. Probables procesos de lateral spreading a lo largo de las márgenes del Guadalquivir aguas arriba de Sevilla, ya que se indica que muchos terrenos con sus árboles quedaron permanentemente inundados.*

☒ ***2 Anomalías Hidrogeológicas (2 HD):*** *Incremento notable de la turbidez en los pozos de Almadén de la Plata (77 km) y Cazalla de la Sierra (66 km), donde se indica que sus aguas se tornaron color sangre.*

☒ ***2 Oleaje Anómalo y Tsunamis (2 WA):*** *El río Guadalquivir experimentó un violento oleaje en Sevilla (47 km), donde sus aguas se elevaron 3 a 4 veces su nivel normal causando violento choque de las embarcaciones y mortalidad en los peces. Procesos de salida de aguas y embalsamiento de las mismas se citan aguas arriba de Alcalá del Río (47 km) para las localidades de Lora del Río (30 km), Tocina (34 km), y Cantillana (42 km), aunque solo se ha catalogado uno como representativo.*

☒ ***1 Otros Efectos:*** *Colapsos kársticos de cuevas en el escarpe oriental de la ciudad de Carmona, especialmente en la cercanías de la Ermita de San Mateo (18 km).*

☒ ***12 Efectos Arqueosismológicos:*** *Destrucción y graves daños en iglesias, murallas y fortalezas en Carmona (VIII-IX EMS), Cantillana, Lora y Villanueva del Río (VII-VIII EMS).*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Análisis del terremoto por Bonsor (1918) que documentó los procesos de agrietamiento y caída de bloques en el entorno de Carmona y el escarpe de Los Alcores. Análisis geológicos más recientes (Silva et al., 2013) identifican y cuantifican los procesos de deslizamiento y agrietamientos en Carmona y revisan los datos de licuefacción en el valle del Guadalquivir. Estos autores proponen una localización epicentral en el interior del valle donde se registran importantes anomalías de drenaje asociadas a accidentes tectónicos E-O o en relación con la prolongación de fallas NO-SE del sustrato Paleozoico bajo el relleno sedimentario Cuaternario. Una de estas fallas, próxima al antiguo puerto fluvial romano de Arva (Alcolea del Río) da lugar al afloramiento de los materiales metamórficos paleozoicos en el propio cauce del Guadalquivir, el cual atraviesan generando unos rápidos que impedirían la antigua navegabilidad fluvial de época romana. Silva et al. (2013), consideran esta estructura tectónica como la más probable fuente sísmica del terremoto de 1504, así como de otros anteriores de época tardo-romana todavía en investigación.* ***Calidad de la información geológica: Clase A.***

Investigación / Compilación de la información: *Pablo G. Silva (USAL), Alicia Fernández (USAL). Actualizado 2017.*

IMAGEN EVENTO



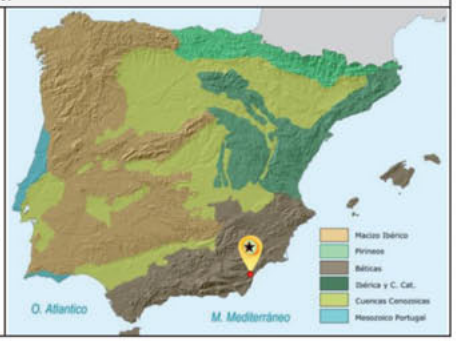
Fotografías de D. Jorge Bonsor (1918) mostrando las grietas del terreno que afectaron al Alcázar de Carmona y su prolongación ladera abajo hasta el antiguo Convento de Los Jerónimos. En la actualidad la zona del Alcázar es ocupada por el Parador Nacional de Turismo y el Convento es La Ermita de Santa María de Gracia.

HST 15181109: VERA (Almería). 1518 AD — HISTÓRICO

FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
15181109*AD*	23:30	1°52' O	37°14' N	-	VIII-IX	X	IX	B	B	B	**Vera. AL**

Método de datación:	CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Galbis (1932); Espinar Moreno (1994); Bretón González *et al* (2014)							**Tipo Evento:**	HST
Prof. km	-	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**Mo**	-	**Eventos asociados**	RÉPLICAS	**Agencia:**	IGN
EEE Primarios	NO	**Longitud Falla**	-	**Desplazamiento**	-			**Tipo Desp.:**	SIN DATOS
EEE Secundarios	SÍ	**Categoría ESI07**	☒GK ☒SM ☐LQ ☐HD ☒HA ☐WA ☐TS					**Área afectada:**	c. 100 km²
Otros EEE Ambientales	SÍ	☒ OTROS EFECTOS (OT): Importante ruido sísmico característico de grandes terremotos.							
EAE Efectos Arqueosismológicos	SÍ	☒ EAEs: La ciudad de Vera quedó totalmente destruida por el terremoto. Los bloques rocosos, junto con algunos restos de muros, se hallan esparcidos alrededor de todo el cerro.							

Documentación IGN 2002: 56, 60, 165, 166, 185, 225, 231, 234, 263, 273, 280, 317, 325, 335, 431, 439, 504, 571, 600, 618, 623, 685, 742, 750, 751, 752, 766, 783, 800, 803, 804, 815, 1039, 1040, 1043, 1066



Referencias bibliográficas básicas:

Espinar Moreno, M. (1994): Los estudios de sismicidad histórica en Andalucía: Los terremotos históricos de la provincia de Almería. Inst. de Estudios Almerienses, pp. 115-180.

Galbis, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5° E y 20° W de Greenwich y los paralelos 45° y 25° Norte, Tomo I. Inst. Geográfico Catastral y de Estadística, Madrid.

IGN (1995): Sismicidad histórica del Reino de Granada (1487 – 1531). Monografía N° 12. IGN, 283 pp.

Bretón González, M., *et al.* (2014). El Terremoto de 1518 en Vera y su comarca (Almería). Colección Clio Ama Historia, 6. Ayuntamiento de Vera. Arráez Editores., Vera, Almería. 286 pp.

Prado, C. De, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. Rev. Minera, 14 (322 a 325). 69 pp.

Silva, P.G. *et al.* (2014): Anatomy of an Earthquake: Geological analysis of the Huércal-Overa AD 1863 event (Almería, SE Spain).IBERFAULT II (F. Martín-González *et al*., Eds.), Lorca,145-148

EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 15181109 Vera, AL	1°52' W	37°14' N	6.3 Mw	VIII-IX	X	IX	B	**Eastern Betic Cordillera (Zone 55)**

EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Galbis (1932); Espinar Moreno (1994); IGN (1995)	**Event Type:**	**HISTORIC**

GENERAL DAMAGE: In Vera (VIII-IX EMS) occurred two closely spaced earthquakes causing the total destruction of the Castle and city walls, as well as the collapse of all buildings of the village (about 200 houses), 150 casualties and many injured people. Only the Santísimo Chapel (old mosque) and a cistern were no totally destroyed. The city had to be moved from its ancient place (Cerro del Espíritu Santo) and rebuilt in present place down to the hill. In Mojácar (VIII EMS) virtually collapsed most of the towers and large sectors of the city wall. A third of the houses destroyed (about 20 houses), leaving the rest uninhabitable; 15 casualties and many injuries. Partial collapse of the watchtowers along the coast between Villaricos (North) Garrucha and Carboneras (South) where intensity was ≥ VII EMS (Bretón González *et al*., 2014). Moderate damage occurred inland at Cuevas de Almanzora (VI-VII EMS), other localities such Antas, Bédar or Turre (15-20 km away) were damaged, so intensity was ≥ VI EMS but no detailed data are available.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Environmental damage by secondary effects is only documented for the locality of Vera (epicentral zone), located in the Cerro Espíritu Santo (Hill). This is a structural butte on subhorizontal conglomerates, sandstones (top) and marls (base) of Pliocene age, which collapsed entirely triggering relevant large rockfalls damaging the downslope sector of the city. Large ground crack (GK) and rockfall processes (SM) triggered large-scale ground failures in the foundations of the ancient Arab Castle placed in the top of the hill. As a consequence of the earthquake one of the main springs of the village dried up (HA). In Mojácar, about 12 km SW of Vera and also founded on a hill, slope processes could also participate in the reported destruction of city walls and towers (in study). In Cuevas de Almanzora, 5.5 km NE from Vera, there are not historical documents illustrating the occurrence of similar slope movements, but most of the structural buttes (similar to the Espíritu Santo one in Vera) in the vicinity of Cuevas and between this locality and Vera, over a radius of 6 km (c. 110 km²), display a similar level of destruction, with nearly complete collapses of the rocky strata topping them (see HST 18630610; Huércal-Overa) an indicating a minimum intensity ≥ VIII EMS. 4 EEE records and 1 EAE record.

☐ ***Surface ruptures (SR) and Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*

☒ ***1 Ground cracks (GK):*** *Large open cracks in the rocky materials topping the Espíritu Santo hill (structural butte) on which was founded the ancient castle of Vera destroyed by the earthquake. Rock cracks are 20-30 cm wide, and in many cases display depths of 4-5 m, with preferred general orientations N-S and E-W (facilitating the detachment of the rocky blocks). This description refers to no-detached blocks presently outcropping at the top of the butte, so rock cracks related with the detached ones will extend over the nearly complete thickness of the conglomerate strata topping the butte (about 8 m thick).*

☒ ***2 Slope movements (SM):*** *Large rockfalls, with individual blocks of 50 to 350 m³, occurred in the Cerro del Espíritu Santo. Fallen blocks occur in every orientation around the hill, but mainly affecting their northern, north-eastern and southern slopes. The last one develop a near-vertical cliff. The original perimeter of the top of the butte is estimated in 130 m, but at present only 80 to 90 m remains, and consequently about the 35% of the ancient butte surface collapsed during the earthquake. Rocky blocks of even 100 m³ rolled downslope with run-outs of about 120 to 180 m. In the vicinity of Cuevas the Almanzora, many similar buttes (i.e. Cerro de El Portillo; see HST18630610) display similar level of destruction, probably as a consequence of this earthquake (the stronger historically documented in the zone). In Vera, as well as in the rest of the structural buttes around Vera, the collapse of these particular landforms (10 – 30 m high) was caused by topographic amplification.*

☐ ***Liquefaction processes (LQ):*** *No Reported.*

☒ ***1 Hydrogeological anomalies (1 HA):*** *One spring permanently dried-up in Espíritu Santo foothill (Vera) as a consequence of the earthquake.*

☐ ***Anomalous Waves and Tsunamis (WA; TS):*** *No Reported.*

☒ ***Other effects:*** *Relevant seismic tremor (noise) characteristic of strong earthquakes was reported in Vera.*

☒ ***1 Archaeoseismic damage:*** *The city of Vera was completely destroyed by the earthquake. Detached rocky blocks and remains of the city walls are scattered all around the hill slopes. It is no possible to establish any preferred orientation for ground sacking, except the record the overall amplified vibration of the hill amplified.*

☒ ***Geological Data:*** *There is any specific geological study on this earthquake, but the data analysis developed for the AD 1863 Huércal-Overa, indicate the occurrence of the overall destruction of the top of the structural buttes around Vera and Cuevas de Almanzora in a radius of 6 km (Silva et al., 2014). Some scientific papers relate this event with the Palomares Fault (outcropping close to the affected area), but no scientific evidence at the moment.* ***Quality of Geological Information: Class B.***

Research / Data compilation by: *Pablo G. Silva (USAL), Elvira Roquero (UPM). Updated 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 15181109 Vera, AL	1°52' O	37°14' N	-	VIII-IX	X	IX	B	**Cordillera Bética Oriental (Zona 55)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN Ref.: Galbis (1932); Espinar Moreno (1994); IGN (1995)	**Tipo de Evento**	**HISTÓRICO**

DAÑOS GENERALES: En Vera (VIII-IX EMS) hubo dos terremotos muy seguidos que provocaron la destrucción total de la fortaleza hasta los cimientos y de sus murallas. Derrumbamiento de la totalidad de las casas de la población (unas 200 casas), 150 víctimas y muchos heridos. Solo quedaron en pie la Capilla del Santísimo (antigua mezquita) y un aljibe. La ciudad tuvo que abandonar su antiguo emplazamiento y ser reconstruida en el llano de su actual ubicación. En Mojácar (VIII EMS), caída de prácticamente todas las torres y diversos sectores de sus murallas, hundimiento de la fortaleza. Un tercio de las casas derribadas (unas 20 casas), quedando el resto inhabitables, hubo 15 víctimas y muchos heridos. Destrucción parcial y colapsos en los torreones costeros desde Villaricos (Norte), Garrucha, hasta Carboneras (Sur) asignándole a la zona una intensidad ≥ VII EMS. En el interior se consignan daños en Cuevas de Almanzora y en la antigua Obera donde se estima una intensidad VII EMS. En otras poblaciones como Antas, la antigua Huércal, Bédar y Turre se consignan daños de menor consideración pero sin especificar indicando una intensidad ≥ VI EMS (Bretón González *et al.*, 2014).

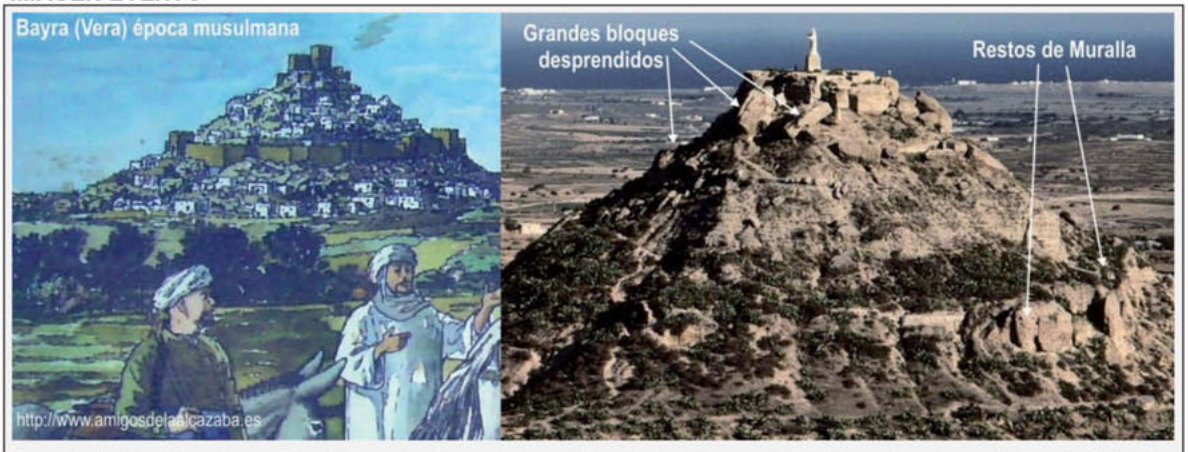
DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Los daños ambientales por efectos secundarios se restringen fundamentalmente a la antigua localidad de Vera, situada en el Cerro del Espíritu Santo. Se trata de un cerro testigo sobre areniscas, conglomerados (techo) y margas (base) de edad pliocena que se derrumbó en su totalidad, interviniendo los desprendimientos de grandes bloques de roca en la destrucción de la ciudad. Se consignan grandes procesos de agrietamiento (GK) y desprendimiento (SM) de los grandes bloques rocosos sobre los que se asentaba la fortaleza que coronaba la ciudad. Como consecuencia del terremoto también desapareció una fuente que abastecía la antigua ciudad (HA). En Mojácar, unos 12 km al SO de Vera, y también asentada sobre un cerro, los daños en sus murallas y en su caserío fueron importantes, pero no se dispone de datos fiables sobre la posible participación de procesos de ladera en la destrucción de su recinto amurallado (en estudio). En Cuevas (5,5 km NE de Vera, no se dispone de datos históricos, pero en la mayor parte de los cerros testigos, similares al del Espíritu Santo (Antigua Vera), en los alrededores de Cuevas y Vera, sobre un área de 6 km de radio (c. 110 km²) se observa un nivel de destrucción similar, con derrumbamientos casi generalizados de los bloques rocosos de su zona superior (ver HST 18630610; Huércal-Overa), lo que nos indicaría una intensidad mínima ≥ VIII EMS.

☐ ***Rupturas de Falla (SR) y Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☒ ***1 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Grandes agrietamientos en los bloques rocosos de la parte superior del Cerro del Espíritu Santo (cerro testigo) sobre los que se cimentaba la fortaleza de Vera destruida por el terremoto. Las grietas poseen en muchos casos aperturas superiores a los 20-30 cm y en muchos casos poseen desarrollos verticales de hasta 4-5 m, con direcciones preferentes N-S y E-O, (que facilitaron su cuarteamiento). Se trata de agrietamientos producidos en los bloques que no llegaron a desprenderse, por lo que las que se producirían durante el terremoto abarcarían la totalidad del estrato conglomerático que corona el cerro (hasta 8 m de potencia).*
☒ ***2 Movimientos de Ladera (SM):*** *Importantes desprendimientos de grandes bloques, de entre 50 – 350 m³, sobre los que se cimentaba la fortaleza de Vera en el Cerro del Espíritu Santo. Se observan esparcidos sobre todas las laderas del Cerro, pero fundamentalmente en sus zonas Norte, Noroeste y Sur. Esta última zona presenta un cantil casi vertical. El perímetro original del cerro se estima en unos 130 m, de los que en la actualidad se preservan unos 80-90 m, por lo que más del 35% del mismo colapsó durante el terremoto. Bloques de hasta 100 m³ rodaron ladera abajo hasta el pie del cerro, con run-outs de entre 120 y 180 m. En los alrededores de Cuevas de Almanzora, y entre Cuevas y Vera, cerros testigo similares (p. ej. Cerro de El Portillo; ver HST18630610), presentan parecido nivel de destrucción. Tanto en Vera, como en el resto de cerros testigo, se produjo un importante efecto de amplificación topográfica, provocando el desmoronamiento de los mismos.*
☐ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *No Registrados.*
☒ ***1 Anomalías Hidrogeológicas (1 HA):*** *Tras el terremoto desapareció una fuente que surtía a la ciudad, que se situaría en la zona basal del cerro. En las descripciones originales se consigna: "una fuente de agua muy buena que tenía (la ciudad), e manaba tanta agua como el brazo, que con dicho terremoto se perdió e secó".*
☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (WA; TS):*** *No Registrados.*
☒ ***Otros Efectos:*** *Importante ruido sísmico (tremor), característico de grandes terremotos, se percibió en Vera.*
☒ ***1 Efectos Arqueosismológicos:*** *La ciudad de Vera quedó totalmente destruida por el terremoto. Los bloques rocosos, junto con algunos restos de muros, se hallan esparcidos alrededor de todo el cerro. No se puede establecer ninguna direccionalidad, salvo la vibración amplificada y generalizada del mismo.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *No existe ningún estudio geológico específico de este evento, pero el análisis de datos para el terremoto de Huércal-Overa de 1863 (Silva et al., 2014), sugiere que la sacudida sísmica del terremoto que aquí se cataloga provocó el derrumbamiento general de las partes superiores de cerros testigos desarrollados en materiales pliocenos en un radio aproximado de unos 6 km alrededor de Vera. Las alturas de estos cerros (de geometría cónica y techo plano), se encuentran entre los 10 y 30 m y facilitarían la amplificación topográfica de la sacudida sísmica. Probablemente la intensidad, en cuanto al tamaño del terremoto en sí mismo (magnitud asociada), se encuentre sobreestimada, no así en cuanto al nivel de destrucción que, teniendo en cuenta lo sucedido con la participación de los efectos secundarios, alcanza sobradamente los X ESI-07 (dato que no se puede aplicar a la actual localización de la ciudad, en llano). Algunas publicaciones relacionan veladamente este terremoto con la falla de Palomares (cercana a la zona), pero no se tiene constancia científica al respecto (Silva et al., 2014; Bretón González et al., 2014).* ***Calidad de la información geológica: Clase B.***

Investigación / Compilación de la información: *Pablo G. Silva (USAL), Elvira Roquero (UPM). Actualizado 2017.*

IMAGEN EVENTO



Recreación pictórica de la antigua Vera (Bayra) durante el periodo musulmán con la Alcazaba (castillo) coronando la ciudad antes de su destrucción (Autor: Emilio Sánchez Guillermo; Asociación Amigos de La Alcazaba de Almería). Vista actual (desde el sur) del Cerro del Espíritu Santo, mostrando los desprendimientos de bloques y restos de las murallas. (Foto Hélios: verapueblo/blogspot.org)

HST 15220922: ALHAMA DE ALMERÍA (Almería). 1522 AD — HISTÓRICO

FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
15220922AD	10:00	2°40' O	36°58' N	6,5M*	VIII-IX	IX	IX	D	C	B	Alhama de Almería. AL

Método de datación:	CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Galbis (1932); Espinar-Moreno, (1994); Reicherter & Becker-Heidmann (2009)						**Tipo Evento:**	HST
Prof. km	-	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**Mo**	-	**Eventos asociados**	RÉPLICAS	**Agencia:**	IGN
EEE Primarios	NO		**Longitud Falla**		-		**Desplazamiento**	-	**Tipo Desp.:**	SIN DATOS
EEE Secundarios	SÍ		**Categoría ESI07**		☒GK ☒SM ☒LQ ☐HD ☒HA ☐WA ☒TS				**Área afectada:**	10.000 km²
Otros EEE Ambientales	NO	☐ OTROS EFECTOS (OT): No registrados.								
EAE Efectos Arqueosismológicos	SÍ	☒ EAEs: Destrucción prácticamente total de las poblaciones de Almería y de un gran número de pueblos de las Alpujarras y, en la vega del río Andarax. El castillo de Almería, las murallas, torres y la catedral fueron destruidos. En Marchena se derrumbó el castillo, al igual que en Vera. Daños en la Alhambra y Catedral de Granada.								

Documentación IGN 2002: 60, 165, 166, 224, 231, 237, 246, 263, 273, 275, 280, 317, 325, 335, 366, 405, 421, 426, 431, 439, 498, 504, 522, 526, 545, 571, 600, 618, 619, 623, 662, 685, 687, 743, 766, 783, 797, 800, 803, 804, 815, 1039, 1043, 1076

Referencias bibliográficas básicas:

Espinar Moreno, M. (1994): Los estudios de sismicidad histórica en Andalucía: Los terremotos históricos de la provincia de Almería. En: El estudio de los terremotos en Almería. Instituto de Estudios Almerienses, pp. 115-180.
Galbis, J. (1932, 1940): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5° E y 20° W de Greenwich y los paralelos 45° y 25° Norte, Tomo I y II. Inst. Geográfico Catastral y Estadística, Madrid.
López Marinas, J.M. (1985): El terremoto catastrófico de 22 de septiembre de 1522, en Almería. Seminario sobre sismicidad y riesgo sísmico (Área Iberomogrebí). Instituto Geográfico Nacional, pp. 51-60.
Reicherter, K., Hübscher, C. (2007): Evidence for a seafloor rupture of the Carboneras Fault Zone (southern Spain): relation to the 1522 Almería earthquake? Journal of Seismology 11(1), 15–26.
Reicherter, K., Becker-Heidmann, P. (2009): Tsunami deposits in the western Mediterranean: remains of the 1522 Almería earthquake? Geological Society, London, Special Publications, 316:217-235.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 15220922 Alhama de Almería. AL	2°40' W	36°58' N	6.5 M*	VIII-IX	IX	IX	B	**Eastern Betic Cordillera (Zone 55)**

EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Galbis (1932); Espinar-Moreno (1994); Reicherter and Hübscher (2007), Reicherter and Becker-Heidmann (2009).	**Event Type:**	**HISTORIC**

GENERAL DAMAGE: In Almería city the castle, the city walls, the cathedral, the port and a great number of houses were destroyed (VIII-IX EMS). In the texts of the epoch several thousands of victims are reported in Almería as a consequence of the building collapse but other estimations reduces the number of dead people to 1000. The defences of the city were severely damaged and the city suffered the attacks of the berberiscs. The whole Alpujarras area was affected with almost complete damage of all the villages of the Andarax river valley, the intensities in this area, from Ugíjar to Almería were VIII-IX EMS. The Barrio de Alcora village was abandoned after the earthquake. In Tabernas the castle was destroyed VI-VII EMS. In Alhama de Almería (IX EMS) an important depopulation occurred, probably related to the destruction of the economy of the village (Thermal springs). In Ugíjar (VIII-IX EMS) more than 200 houses were destroyed and 130 persons died.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Environmental damage by secondary effects over an area of c. 9,000 km². The environmental effects are vaguely described in the historical documents providing general features and locations. Most EEEs are related to slope movements, hydrological and hydrogeological anomalies and apparent tsunami records. Slope movements (SM) are documented in the epicentral area (Alhama de Almería, Huécija and Alpujarrian Corridor), where road destructions by landslides occurred (Almería-Guadix). In the epicentral area (Alpujarras corridor and Almería area) river valley obturation and changes was triggered by slope movements. Hydrological anomalies (HA) occurred in Alhama de Almería (drying up of springs) and the Guadix-Baza zone, where some springs dried up and new spring appeared. Hydrogeological anomalies (HD) are related to ejection of muddy black waters by open ground-cracks in the Alpujarrian corridor. It is also documented the damage of the ancient Almería harbour and partial inundation of the city by a suspect tsunami. In the coasts of northern Africa the effects of the earthquake were also mentioned close to Alhucemas islands, where small rocky islets (Peñón de la Gomera and Peñón de Vélez) temporally disappeared.

☐ ***Surface ruptures (SR) and Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☒ ***1 Ground cracks (GK):*** *Open ground cracks linked to hydrogeological anomalies or liquefaction processes are described in the Andarax Valley (Alpujarrian Corridor).*
☒ ***3 Slope movements (SM):*** *Important and generalized slope movements in the Andarax river valley and the Alpujarrian corridor from the Barridada de Alcora (5 km away) to Laujar (19 km away). In some cases, landslides triggered the obturation of the Andarax river course giving place to changes in the river course. The road between Almería and Guadix was destroyed in several points in the epicentral area.*
☒ ***1 Liquefaction processes (LQ):*** *Probable liquefaction processes occurred in the Alpujarrian corridor, linked to the ejection of an important volume of muddy black waters through ground cracks opened during the earthquake, but no precise locations.*
☒ ***3 Hydrogeological anomalies (3 HA):*** *In Alhama de Almería (7.7 km away) the thermal springs of the locality disappeared, causing the economic collapse of the city. The springs recovered in 1576 AD (24 years after the event). In Huécija (5.2 km away) the Mul spring disappeared after the earthquake. In the Guadix-Baza area (52 km away) many springs dried up and others appeared.*
☒ ***2 Anomalous waves and tsunamis (2 TS):*** *Historical data suggest that the littoral zone of Almería city was inundated and the ancient Almería harbour was strongly damaged by tsunami waves. Recently, core-logs from the Cabo de Gata saltworks (salinas) identify two tsunami levels, the younger one dated in 630±30 BP is assigned to the 1522 earthquake (Reicherter & Hübscher, 2007). Data from the northern coast of Morocco indicate that several rocky islets around Alhucemas (Peñones de La Gomera y Vélez; c. 230 km away) temporally disappeared by an abrupt sea-level rise. Tsunami event not included in the IGN Tsunami Catalogue.*
☐ ***Other effects:*** *No Reported.*
☒ ***Archaeoseismic damage:*** *In Almería, the castle, city walls and the old cathedral were totally destroyed. The castle of Marchena collapsed. Damage reported for the Alhambra Palace and the Granada Cathedral (Granada). No data on oriented damage.*

☒ ***Geological Data:*** *Earthquake environmental effects documented from historical documents. There are not specific geological studies on this earthquake, but geological research in the zone (Reicherter & Hübscher; 2007; Reicherter & Becker-Heidmann, 2009) identify, and dated (C^{14}), tsunamite levels assigned to the AD 1522 event in the Cabo de Gata saltworks zone (Salinas). These authors relate this earthquake to the offshore prolongation of the NE-SW strike-slip Carboneras Fault in the Almería Bay. In any case, this event is not included in the IGN tsunami catalogue, but geological data support their occurrence.* ***Quality of Geological Information: Class B.***

Research / Data compilation by: *Pedro Huerta y Pablo G. Silva (USAL). Published in 2014.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 15220922 Alhama de Almería. AL	2°40' O	36°58' N	6,5 M*	VIII-IX	IX	IX	B	**Cordilleras Béticas Orientales (Zona 55)**
EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN Ref.: Galbis (1932); Espinar-Moreno, (1994); Reicherter &Hübscher (2007), Reicherter & Becker-Heidmann (2009)							**Tipo de Evento**	**HISTÓRICO**

DAÑOS GENERALES: En la ciudad de Almería, el castillo, las murallas de la ciudad, la catedral, el puerto y un gran número de casas fueron destruidas (VIII-IX EMS). En los textos de la época se apunta que murieron varios miles de personas en Almería a causa del hundimiento de edificios, aunque otras estimaciones reducen el número de personas muertas a 1000. Las defensas de la ciudad de Almería fueron dañadas de manera muy importante y la ciudad sufrió el ataque de los berberiscos. Toda el área de las Alpujarras fue severamente dañada. Prácticamente todas las villas del valle del río Andarax fueron destruidas. Las intensidades en esta área, desde Ugíjar hasta Almería fueron de VIII-IX EMS. La villa de Barrio de Alcora fue abandonada después del terremoto. En Tabernas el castillo fue destruido (VI-VII EMS). En Alhama de Almería (IX EMS) se produjo una importante despoblación que quizás está más relacionada con la desaparición de la fuente de ingresos de la ciudad (baños termales). En Ugíjar (VIII-IX EMS) se destruyeron más de 200 casas y 130 personas murieron.

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Los daños ambientales por efectos secundarios se documentan sobre un área de unos 9.000 km². Los efectos ambientales descritos genéricamente en los documentos históricos están relacionados con procesos de ladera, anomalías hidrológicas y descripciones de procesos de tipo tsunami en Almería y el norte de África. Los procesos de ladera (SM) se registran en el área epicentral (Alhama de Almería, Huécija y Corredor de las Alpujarras), donde se produjo la destrucción de caminos por los deslizamientos (ruta de Almería-Guadix). En el Corredor de las Alpujarras se produjeron cambios en el curso del río Andarax como consecuencia de la obturación de su valle como consecuencia de los deslizamientos. Anomalías hidrológicas (HA) ocurrieron en Alhama de Almería, donde sus fuentes termales se secaron; en la zona de Guadix-Baza se produjo la desecación y aparición de manantiales. Aparentes procesos de licuefacción se produjeron en un lugar indeterminado de Corredor de las Alpujarras, donde se abrieron grietas en el terreno por las que manó un gran volumen de aguas fangosas negras. En el puerto de Almería y en las Salinas del Cabo de Gata se identifican efectos de tsunami tanto por documentos históricos como por datos geológicos. En las costas del norte de África también se registran los efectos del posible tsunami que hicieron desaparecer temporalmente los peñones de la Gomera y Vélez en el litoral de Alhucemas.

☐ ***Rupturas de Falla (SR) y Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*

☒ ***1 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Agrietamientos del terreno asociados a la eyección de aguas fangosas negras se describen en el Corredor de las Alpujarras.*

☒ ***3 Movimientos de ladera (SM):*** *Los movimientos de ladera son importantes y generalizados en el valle del río Andarax y en el corredor de las Alpujarras desde la Barriada de Alcora (5 km) hasta Laujar (19 km). En algunos casos los deslizamientos produjeron la obturación del río Andarax y su consecuente cambio de trazado. En la zona epicentral los deslizamientos y desprendimientos destruyeron el camino que conectaba Almería con la ciudad de Guadix.*

☒ ***1 Procesos de licuefacción (LQ):*** *Probables procesos de licuefacción relacionados con la eyección de aguas fangosas negras en el corredor de las Alpujarras (de una grieta del terreno salía agua más negra que la pez), pero no se describen localizaciones precisas del suceso.*

☒ ***3 Anomalías Hidrogeológicas (3 HA):*** *En Alhama de Almería (7,7 km) las fuentes termales de la localidad desaparecieron, lo que provocó el colapso económico de la ciudad. Estas fuentes no se recuperaron hasta 1576 (24 años después del terremoto). En Huécija (5,2 km) se secó la fuente de Mul tras el terremoto. En la zona de Guadix y Baza (52 km) se secaron muchas fuentes y aparecieron otras nuevas.*

☒ ***2 Oleaje Anómalo y Tsunamis (2 TS):*** *Los datos históricos sugieren que la zona baja de la ciudad fue inundada por el mar y que el Puerto de Almería fue parcialmente destruido, sugiriendo la participación de un tsunami. Estudios geológicos en la zona documentan 2 eventos de tsunami en las Salinas del Cabo de Gata, el más reciente datado en 630 ±30 BP es asignado al terremoto de 1522 AD (Reicherter & Hübscher, 2007). En la costa norteafricana (230 km), los peñones de La Gomera y Vélez (en Alhucemas) desaparecieron temporalmente como consecuencia de una elevación abrupta del nivel del mar. Tsunami no incluido en el Catálogo de tsunamis del IGN (On-line).*

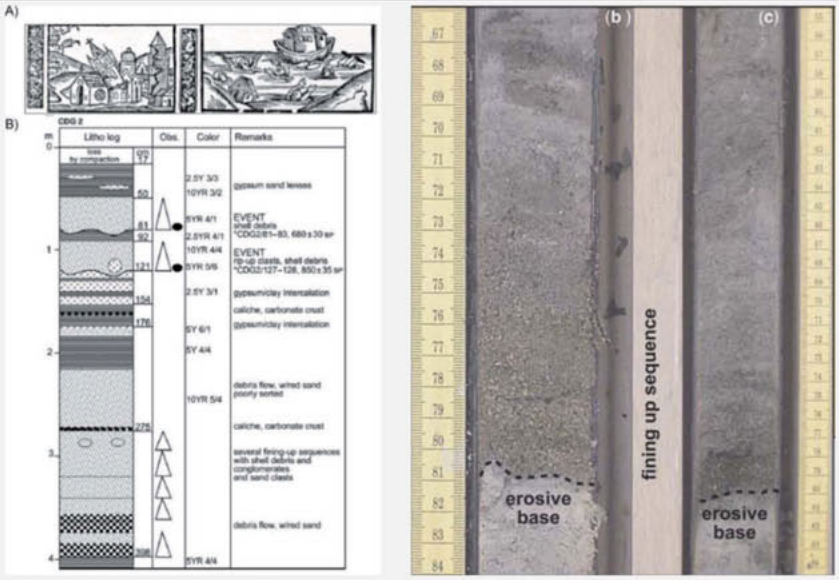
☐ ***Otros efectos:*** *No Registrados.*

☒ ***Efectos arqueosismológicos:*** *El castillo de Almería, las murallas, torres y la catedral fueron destruidos. En Marchena se derrumbó el castillo. Daños en la Alhambra y Catedral de Granada. No se dispone de datos sobre daños orientados para este terremoto.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Los efectos geológicos se documentan a partir de las descripciones genéricas que aparecen en los documentos históricos. No existe ningún estudio geológico específico sobre este evento. Investigaciones geológicas recientes en la zona (Reicherter y Hübscher; 2007; Reicherter y Becker-Heidmann, 2009) identifican y datan (C^{14}) depósitos de tsunami asociados al terremoto de 1522 AD. Estos autores relacionan el terremoto con la prolongación submarina de la Falla de Carboneras (NE-SW) en la bahía de Almería, proponiendo una localización epicentral offshore. En cualquier caso, este evento no se encuentra catalogado en el catálogo de tsunamis del IGN.* ***Calidad de la Información Geológica: Clase B.***

Investigación / Compilación de la información: *Pedro Huerta y Pablo G. Silva (USAL). Publicada en 2014.*

IMAGEN EVENTO



A) Impresos elaborados en Colonia en 1523 AD, que ilustra el terremoto de Almería de 1522. (Ver Reicherter & Hübscher, 2007). B) Columna estratigráfica del sondeo CDG-2, tomado en la Salina del Cabo de Gata. Se indican los dos eventos identificados y sus dataciones. El evento superior se asigna al terremoto de 1522 AD (Reicherter & Becker-Heidmann, 2009). Foto del testigo de sondeo en las Salinas de Cabo de Gata; la datación de 630 ± 30 BP corresponde a los depósitos situados por debajo de la base erosiva (Foto: Klaus Reicherter, RWTH Aachen University, Alemania).

HST 15310930: BAZA (Granada). 1531 AD — HISTÓRICO

FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
15310930*AD*	4:00	2°44' O	37°32' N	6,0 Ms	VIII-IX	IX	IX	C	C	B	Baza. GR

Método de datación:	CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Olivera Serrano (1995); Martínez Solares y Olivera Serrano (2007).							**Tipo Evento:**	HST
Prof. km	-	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**Mo**	-	**Eventos asociados**	-	**Agencia:**	IGN
EEE Primarios	NO		**Longitud Falla**		-		**Desplazamiento**	-	**Tipo Desp.:**	-	
EEE Secundarios	SÍ		**Categoría ESI07**		☒GK ☐SM ☐LQ ☐HD ☐HA ☐WA ☐TS				**Área afectada:**	-	
Otros EEE Ambientales	NO		☐ OTROS EFECTOS (OT): No registrados.								
EAE Efectos Arqueosismológicos	SÍ		☒ EAEs: En Baza, daños graves en la Alcazaba; daños importantes o destrucción total de tres Iglesias y cuatro monasterios y destrucción total de dos hospitales. En Benamaurel se destruyó el templo parroquial y la mayor parte de la fortaleza y de sus muros; En Orce se hundió el lienzo oriental de la Alcazaba de las Siete Torres.								

Documentación IGN 2002:6, 246, 439, 454, 504, 522, 571, 623, 721, 744, 783, 797, 803, 804, 815, 1039, 1043, 1059, 1076

Referencias bibliográficas básicas:

Alfaro, P.*et al.* (2008): The Baza Fault: a major active extensional fault in the central Betic Cordillera (South Spain). International Journal of Earth Sciences 97, 1353-1365.
García-Tortosa, J.F. *et al.* (2008): Geomorphologic evidence of the active Baza fault (Betic Cordillera, South Spain). Geomorphology 97: 374-391.
García Tortosa, F.J., *et al.* (2011): Glacis geometry as a geomorphic marker of recent tectonics: The Guadix–Baza basin (South Spain). Geomorphology 125: 517–529.
García Tortosa, F.J. *et al.* (2012): Tectónica Activa de la Cuenca de Guadix-Baza (Fallas de Baza y Galera). Guía de Campo de la I Reunión del Grupo de Trabajo QTECT-AEQUA. Galera. Granada.
Martínez Solares, J.M. y Olivera Serrano, C. (2007): El terremoto de Baza (Granada) de 1531, en la cuenca de Guadix-Baza. Estructura, tectónica activa, sismicidad, geomorfología y dataciones existentes (Sanz de Galdeano, C., y Peláez, J.A., eds.), Granada, 311-326.
Martínez Solares, J.M., Mezcua, J. (2002): Catálogo Sísmico de la Península Ibérica (880 a.C. – 1900). Monografías IGN, 18. IGN, Madrid (Spain), 253 pp.
Olivera Serrano, C. (1995): La actividad sísmica en el Reino de Granada (1487-1531): Estudio histórico y documentos, Madrid (Spain), 114 pp.
Sanz de Galdeano, C. *et al.* (2012): Main active faults in the Granada and Guadix-Baza Basins (Betic Cordillera). Journal of Iberian Geology 38 (1) 2012: 209-223.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 15310930 Baza, GR	2°44' W	37°32' N	-	VIII-IX	IX	IX	B	**Betic Cordillera; Internal Zones (Zone 36)**

EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref. Olivera Serrano (1995); Martínez Solares y Olivera Serrano (2007); Sanz de Galdeano *et al.*(2012)	**Event Type:**	**HISTORIC**

GENERAL DAMAGE: The earthquake occurred near Baza (Granada) on 1531 can be considered as the most important seismic event occurred in the last hundred years in the basin of Guadix-Baza. Its estimated epicentre intensity was VIII-IX and killed more than 400 people from the towns of Baza and Benamaurel, as well as a large number of cattle. All type of buildings from Baza undertook significant damage, with partial destruction of the fortress and total destruction of much of the temples (churches and monasteries) and houses (over 60% of the buildings destroyed, more than 900 houses). Benamaurel was almost completely destroyed (collapse 244 houses of 250). Significant damage were inferred in houses from Cúllar, generating abundant debris in the streets. Orce and Velez Blanco, located far away from Baza, also undertook important damage. A tower and various walls from the Orce fortress collapsed.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. There are not secondary effects reported for this event, but they should be produced due to the maximum intensity considered for this earthquake and the geomorphic features of the tectonically active Baza fault (suspect seismic source). Only the reports on the destruction of the old Muslim castles (Alcazabas) of Baza in the epicentral area (VIII-IX) and Velez Blanco (≥ VI), about 65 km away allow to infer the occurrence of noticeable ground cracking.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☒ ***2 Ground cracks (GK):*** *Ground cracks affected the base of several towers in the Alcazaba of Baza. The Aljibe (cistern) of Castle of Velez Blanco (65 km away), carved on resistant Jurassic dolomites and Holocene travertines was damaged because the occurrence of a large ground crack in the rocky substratum (Documented in: Tapia Garrido, 1959: "Vélez Blanco, la villa señorial de los Fajardo" Ayto. Vélez Blanco).*
☐ ***Slope movements (SM):*** *No Reported.*
☐ ***Liquefaction processes (LQ):*** *No Reported.*
☐ ***Hydrogeological anomalies (HD; HA):*** *No Reported.*
☐ ***Anomalous waves and tsunamis (AW; TS):*** *No Reported.*
☐ ***Other effects:*** *No Reported.*
☒ ***4 Archaeoseismic damage:*** *At Baza, serious damage the Alcazaba (fortress) causing the collapse of the upper part of the towers, including the Tribute Tower; breakage of the fortress walls, especially in the higher parts; cracks and holes below the battlements, turrets fall in various parts of the rampart of the city walls which were seriously destroyed; major damage or total destruction of three churches and four monasteries and total destruction of two hospitals. At Benamaurel, the church and most of the fortress walls were destroyed. At Orce, the eastern side of the Seven Towers fortress collapsed, including its intermediate tower, leaving since then with only six towers; partial fall of the Tribute Tower wall enclosure also occurred. At Velez Blanco (65 km away), a crack damaged the cistern of the castle carved in the rocky substratum.*

☒ ***Geological Data:*** *A description of the geological effects generated by the earthquake is not available, but according to the topographic features of the area (and the earthquake intensity) secondary and even primary effects should occur. Water-discharge of several springs associated to the fault zone, crossing the village of Baza were probably affected. Several trenches excavated on the trace of the Baza fault (suspect seismic source) near Baza and Benamaurel are currently being subject of paleoseismological analyses. Several recent surface faulting events have been recognized in the fault-trenches, but present data do not allow feasible correlation with the 1531 AD event. The Baza Fault is the most important active fault in the Guadix-baza Basin (García Tortosa et al., 2008, 2011, 2012), it is a NW-SE to N-S trending normal fault, 37 km long, dipping between 45º and 65º ENE (Sanz de Galdeano et al., 2012). Following these authors vertical slip rates estimated for the fault are of 0.17- 0.49 mm/year, capable to generate earthquakes of magnitude 6.9 Mw.* ***Quality of Geological Information: Class B.***

Research / Data compilation by: *F.J. García-Tortosa (UJA), Pablo G. Silva (USAL). Newly published 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 15310930 Baza, GR	2º44' O	37º32' N	-	VIII-IX	IX	IX	B	**Cordillera Bética; Zonas Interiores (Zona 36)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN
Ref.: Olivera Serrano (1995); Martínez Solares y Olivera Serrano (2007); Sanz de Galdeano *et al.* (2012)

Tipo de Evento: **HISTÓRICO**

DAÑOS GENERALES: Con una intensidad epicentral estimada de VIII-IX, el terremoto de 1531 en la proximidades de Baza (Granada) puede considerarse el evento sísmico más importante ocurrido en los últimos seiscientos años dentro de la cuenca de Guadix-Baza, con más de 400 víctimas humanas entre las poblaciones de Baza y Benamaurel, ocasionando la muerte también a un importante número de cabezas de ganado. Se produjeron daños muy importantes en todo tipo de edificaciones en Baza, con destrucción parcial de algunos edificios como la alcazaba y destrucción total de gran parte de los templos (iglesias y monasterios) y viviendas (destrucción superior al 60 % de las edificaciones, más de 900 casas); destrucción prácticamente total en Benamaurel (colapso de 244 casas de 250). Se deducen daños importantes en viviendas en la población de Cúllar que generaron abundantes escombros en las calles y daños en poblaciones tan alejadas a Baza como Orce y Vélez Blanco. En Orce colapsó al menos un lienzo de la Alcazaba, incluida una torre y diversos muros.

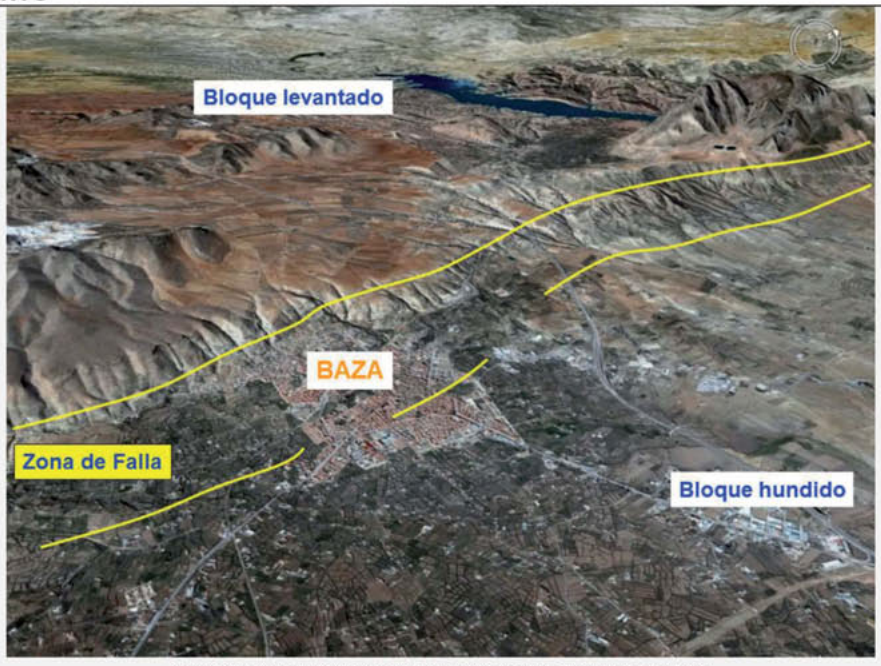
DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. No se encuentran documentados efectos secundarios para este terremoto, pero debido a la intensidad máxima (VIII-IX EMS) que se registró, así como a las características geomorfológicas y litológicas de la Falla de Baza (tectónicamente activa y probable fuente sísmica del evento) tuvieron que producirse (pero no quedaron recogidos documentalmente). Tan solo la descripción de los daños ocurridos en las antiguas Alcazabas árabes de Baza, en la zona epicentral (VIII-IX), y Vélez Blanco (≥ VI), a unos 65 km de distancia, permiten inferir la ocurrencia de importantes fenómenos de agrietamiento del terreno.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☒ ***2 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Agrietamientos del terreno afectaron a la base de las torres de la Alcazaba de Baza, derrumbando alguna de ellas. El Aljibe de la Alcazaba de Vélez Blanco (a 65 km), cavado en el sustrato rocoso sobre el que se asienta la fortaleza (calizas jurásicas y travertinos holocenos) quedó inutilizada por el terremoto al abrirse una grieta en el mencionado sustrato geológico (Tapia Garrido, 1959: "Vélez Blanco, la villa señorial de los Fajardo" Ayto. Vélez Blanco).*
☐ ***Movimientos de ladera (SM):*** *No Registrados.*
☐ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *No Registrados.*
☐ ***Anomalías Hidrogeológicas (HD; HA):*** *No Registradas.*
☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (AW; TS):*** *No Registrados.*
☐ ***Otros efectos:*** *No Registrados.*
☒ ***4 Efectos arqueosismológicos:*** *En Baza, daños graves en la Alcazaba: caída de las partes superiores de las torres, incluida la del Homenaje; rotura de muros, especialmente en las partes más altas; grietas y boquetes por debajo de las almenas, caída de almenas en diversos puntos del adarve y destrucción del adarve de la ciudad; daños importantes o destrucción total de tres Iglesias y cuatro monasterios y destrucción total de dos hospitales. En Benamaurel se destruyó el templo parroquial y la mayor parte de la fortaleza y de sus muros. En Orce se hundió el lienzo oriental de la Alcazaba de las Siete Torres, incluida su torre intermedia, quedando a partir de ese momento sólo seis torres; se produjeron derrumbes del muro del recinto de la Torre del Homenaje.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Aunque no se tiene descripción sobre los efectos geológicos generados por el terremoto, dada la intensidad, posiblemente hubo efectos primarios y secundarios. En la zona de falla que atraviesa el pueblo de Baza existen varios manantiales asociados a la misma que probablemente vieran afectados sus caudales. Actualmente se están estudiando varias trincheras de paleosismicidad excavadas en las proximidades de Baza y Benamaurel, sobre la traza de la Falla de Baza, que es con seguridad la fuente sísmica de este terremoto. Se han reconocido diferentes eventos, algunos de ellos, con ruptura en superficie y carácter reciente, pero hasta el momento no se pueden correlacionar con el terremoto de 1531. La Falla de Baza es la falla tectónicamente activa más importante de la Cuenca de Guadix-Baza a la que limita por el Oeste (Alfaro et al., 2008; Garcia-Tortosa et al., 2011). Es una falla normal, de cerca de 37 km de longitud y una dirección que varía entre NW-SE en su parte meridional a N-S en la septentrional. Su buzamiento en superficie varía entre 45º y 65º hacia el ENE. La zona de falla presenta varias ramas subparalelas, con morfología trenzada en superficie, que son más numerosas en el segmento meridional (García-Tortosa et al., 2008, 2011, 2012). El desplazamiento vertical estimado para la falla de Baza estaría comprendido entre 0.17 y 0.49 mm/año y posee un potencial sísmico capaz de generar un terremoto de magnitud 6.9 Mw (García-Tortosa et al., 2008, 2011, 2012; Sanz de Galdeano et al., 2012).* ***Calidad de la Información Geológica: Clase B.***

Investigación / Compilación de la información: *F.J. García-Tortosa (UJA), Pablo G. Silva (USAL). Nueva publicación 2017.*

IMAGEN EVENTO



Panorámica hacia el NO en Google Earth de Baza y de la zona de Falla de Baza

HST 16201202: ALCOY (Alicante). 1620 AD — HISTÓRICO

FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
16201202*AD*	19:00	0°28' O	38°42 N	-	VII-VIII	VIII	VIII	C	C	B	Alcoy. A

Método de datación:	CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Galbis (1932; 1940)							**Tipo Evento:**	HST
Prof. km -	**±EZ** -	**±EH-** -	**Mo**	-	**Eventos asociados**		RÉPLICAS	**Agencia:**	IGN
EEE Primarios	NO	**Longitud Falla**		-	**Desplazamiento**		-	**Tipo Desp.:**	SIN DATOS
EEE Secundarios	SÍ	**Categoría ESI07**	☒GK ☒SM ☐LQ ☐HD ☐HA ☐WA ☐TS					**Área afectada:**	450 km²
Otros EEE Ambientales	SÍ	☒ OTROS EFECTOS (OT): Sacudidas importantes en los árboles de la ciudad de Alcoy y alrededores.							
EAE Efectos Arqueosismológicos	SÍ	☒ EAEs: Daños muy importantes en las poblaciones de Alcoy e Ibi. En la población de Alcoy la documentación describe daños muy importantes en la Iglesia Parroquial y en los conventos de San Agustín y San Francisco, en la Ermita de San Antonio y en la muralla de la ciudad. Daños moderados en las principales iglesias y ermitas de la población de Ibi, y en numerosas casas de la población.							

Documentación IGN 2002: 160, 165, 166, 280, 325, 335, 348, 400, 405, 464, 504, 556, 558, 571, 600, 623, 687, 1043

Referencias bibliográficas básicas:

Bisbal Cervello, L. (1984): Estudio de la distribución de intensidades sísmicas en el ámbito valenciano. Su incidencia en las obras públicas. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.

Carbonell, Vicente (1672): Celebre centuria que consagro la ilustre y real villa de Alcoy a honor y culto del soberano Sacramêto del Altar... en el año 1668.

Galbis, J. (1932; 1940): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5° E y 20° W de Greenwich y los paralelos 45° y 25° Norte, Tomo I y Tomo II. Instituto Geográfico Catastral y de Estadística, Madrid.

García-Mayordomo, J. (1998): Riesgo Sísmico en la Cuenca de Alcoy (Alicante). Aproximación a una Zonificación Sísmica. Tesis del Máster de Ingeniería Geológica, Universidad Complutense de Madrid (España), 100 pp.

Martínez Solares, J.M., Mezcua, J. (2002): Catálogo Sísmico de la Península Ibérica (880 a.C. – 1900). Monografías IGN, 18. IGN, Madrid (Spain), 253 pp.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 16201202 Alcoy, A	0°28' W	38°42 N	-	VII-VIII	VIII	VIII	B	**Eastern Betic Cordillera (Zone 55)**

EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Galbis (1932; 1940)	**Event Type:**	**HISTORIC**

GENERAL DAMAGE: 33 dead and many injured people in the city of Alcoy. Very significant damage to all types of buildings (Convents, House Consistorial, city wall...) in the town of Alcoy and surroundings. Major damage also described in Ibi (Alicante) (15.5 km from the epicenter defined by IGN), causing collapses in the main chapels and churches of the town. The main event, which occurred on December 2th, is part of a seismic series that lasted about two months: December 14th (Imax V EMS), 18th and 25th, and January 6th (Imax V EMS), 14th and 21th (Imax V EMS) of 1621. Was felt with intensity VII-VIII EMS in Alcoy and Ibi (15, 5 km), in Alcolecha (13 km) with a probable intensity of VII EMS. Referring damage Cocentaina (5 km), Gorga (9.6 km), Benasau (10.7 km) Albaida (15.8 km) (Valencia) and was felt in Navarrés (Valencia) (50 km).

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Environmental damage by secondary effects is only documented for the locality of Alcoy and Ibi (epicentral zone) Although all the damage described in this population, has intensities ≥ VIII ESI-07, there are not descriptions of environmental effects in other populations. 5 EEE records and 9 EAE records.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☒ ***1 Ground cracks (GK):*** *Ground cracks in north face of the Sierra de Carrascal de la Font Roja to 2 km south of the city of Alcoy, with a length between 4 and 6 km and with a metric opening.*
☒ ***3 Slope movements (SM):*** *Landslides affected the urban center of the city of Alcoy, areas of the wall and whole streets collapsed by landslides and the debris fell into the rivers surrounding the city.*
☐ ***Liquefaction processes (LQ):*** *No Reported.*
☐ ***Hydrogeological anomalies (HD; HA):*** *No Reported.*
☐ ***Anomalous waves and tsunamis (AW; TS):*** *No Reported.*
☒ ***1 Other effects:*** *Strong movement of the trees in the city of Alcoy.*
☒ ***9 Archaeoseismic damage:*** *Collapses of the main buildings of the city of Alcoy (Convent of San Agustín, Convent of San Francisco, city walls, etc.). In Ibi, there was damage in the church, in the main chapels and numerous houses of the town.*

☒ ***Geological Data:*** *There are not geological studies of this earthquake. There are some analysis of landslides caused by the earthquake in the city of Alcoy (e.g. Delgado et al., 2006). Earthquake environmental effects in Alcoy and Ibi are described in various contemporary documents (Abad, 1621; Carbonell, 1676 and García, 1621). No additional geological information for this event.* ***Quality of Geological Information: Class B.***

Research / Data compilation by: *Jorge L. Giner Robles (UAM). Newly Published 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 16201202 Alcoy, A	0º28' O	38º42 N	-	VII-VIII	VIII	VIII	B	**Cordillera Bética Oriental (Zona 55)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN Ref.: Galbis (1932;1940)	**Tipo de Evento**	**HISTÓRICO**

DAÑOS GENERALES: 33 muertos y numerosos heridos en la ciudad de Alcoy. Daños muy importantes en todo tipo de edificios (Conventos, Casa Consistorial, muralla,...) en la ciudad de Alcoy y alrededores. Daños importantes descritos también en la ciudad de Ibi (Alicante) (a 15,5 km del epicentro definido por el IGN), produciéndose colapsos en las principales ermitas e iglesias de la localidad. Se describen numerosos daños en almacenes de cereal y bodegas, y pérdidas de ganado en varias poblaciones (Alcoy, Ibi, Gorga,...). Este sismo forma parte de una serie sísmica que duró aproximadamente dos meses: 14 (Imax V EMS), 18 y 25 de diciembre, y 6, 14 y 21 de enero de 1621. El evento principal, ocurrido el 2 de diciembre de 1620, fue sentido con intensidad VII-VIII EMS en Alcoy y en Ibi (15, 5 km), en Alcolecha (13 km) con una intensidad probable de VII EMS. Referencias de daños en Cocentaina (5 km), Gorga (9,6 km), Benasau (10,7 km), Albaida (15,8 km) (Valencia), y fue sentido en Navarrés (Valencia) (50 km).

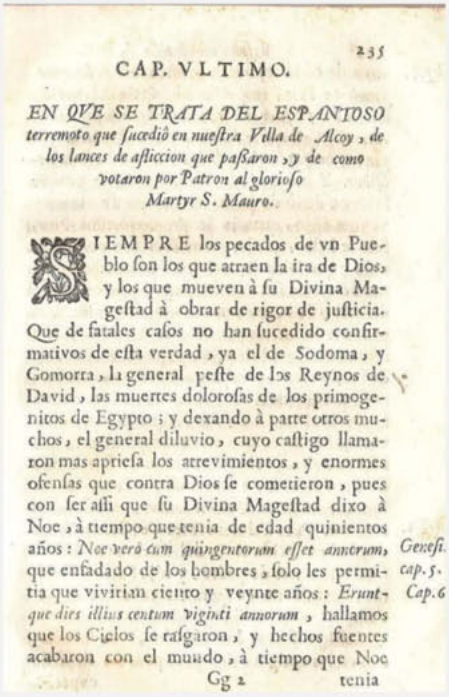
DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Sólo se describen daños ambientales por efectos secundarios en la ciudad de Alcoy y alrededores (en la zona sur de la ciudad). Aunque todos los daños descritos en esta población presentan intensidades ESI-07 ≥ VIII, no se tienen descripciones de efectos secundarios en otras poblaciones. 5 registros EEE (efectos secundarios) y 9 registros EAE.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☒ ***1 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Grietas en la falda de la Sierra del Carrascal de la Font Roja a 2 km al sur de la ciudad de Alcoy, con una longitud de entre 4 y 6 km y con una apertura métrica.*
☒ ***3 Movimientos de ladera (SM):*** *Se describen deslizamientos que afectaron al núcleo urbano de la ciudad de Alcoy, afectando tanto a la muralla de la ciudad, como a calles enteras que colapsaron por los deslizamientos, y cuyos escombros acabaron en los ríos que rodean la ciudad.*
☐ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *No Registrados.*
☐ ***Anomalías Hidrogeológicas (HD; HA):*** *No Registradas.*
☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (AW; TS):*** *No Registrados.*
☒ ***1 Otros efectos:*** *Fuerte movimiento de los árboles de la ciudad de Alcoy.*
☒ ***9 Efectos arqueosismológicos:*** *Colapsos de los principales edificios de la ciudad de Alcoy (Convento de San Agustín, Convento de San Francisco, murallas, etc.). En Ibi se produjeron daños en la iglesia parroquial, en las principales ermitas y en numerosas casas de la ciudad.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *No existen estudios geológicos específicos sobre este terremoto, aunque existe alguno en referencia a los deslizamientos ocurridos en la ciudad de Alcoy como consecuencia del terremoto (e.g. Delgado et al., 2006). Los efectos ambientales se encuentran documentados en varios documentos de la época (Abad, 1621; Carbonell, 1676 y García, 1621). No existe información geológica adicional de este terremoto.* ***Calidad de la Información Geológica: B***

Investigación / Compilación de la información: *Jorge L. Giner Robles (UAM). Nueva publicación 2017.*

IMAGEN EVENTO



235

CAP. VLTIMO.

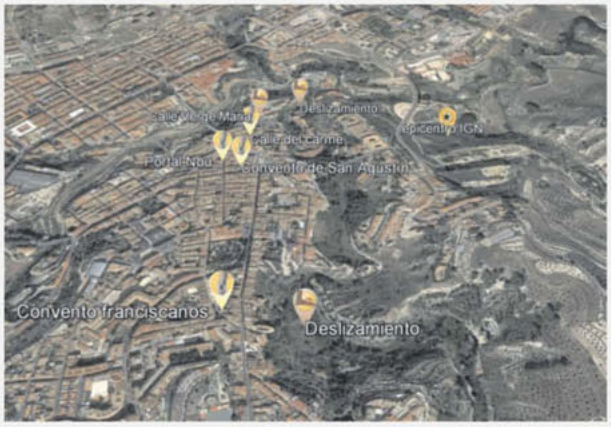
EN QVE SE TRATA DEL ESPANTOSO terremoto que sucedió en nuestra Villa de Alcoy, de los lances de afliccion que passaron, y de como votaron por Patron al glorioso Martyr S. Mauro.

SIEMPRE los pecados de vn Pueblo son los que atraen la ira de Dios, y los que mueven à su Divina Magestad à obrar de rigor de justicia. Que de fatales casos no han sucedido confirmativos de esta verdad, ya el de Sodoma, y Gomorra, la general peste de los Reynos de David, las muertes dolorosas de los primogenitos de Egypto; y dexando à parte otros muchos, el general diluvio, cuyo castigo llamaron mas apriesa los atrevimientos, y enormes ofensas que contra Dios se cometieron, pues con ser assi que su Divina Magestad dixo à Noe, à tiempo que tenia de edad quinientos años: *Noe verò cum quingentorum esset annorum*, que enfadado de los hombres, solo les permitia que vivirian ciento y veynte años: *Erunt-que dies illius centum viginti annorum*, hallamos que los Cielos se rasgaron, y hechos fuentes acabaron con el mundo, à tiempo que Noe

Genesi. cap. 5. Cap. 6

Gg 2 tenia

Inicio del último capítulo de la "*Celebre centuria que consagro la ilustre y real villa de Alcoy a honor y culto del soberano Sacramêto del Altar... en el año 1668*", de Vicente Carbonell, publicada en 1672. El último capítulo está dedicado íntegramente a los efectos del terremoto del 2 de diciembre de 1620 en la ciudad de Alcoy (Alicante).



Distribución de los principales efectos descritos en la ciudad de Alcoy.

HST 16440619: MURO DE ALCOY (Alicante). 1644 AD												HISTÓRICO	
FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO		
16440619*AD*	18:00	0°25' O	38°48 N	-	VIII	VIII	VIII*	C	C	B	**Muro de Alcoy. A**		
Método de datación:		CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Galbis (1932); Martínez Solares, Mezcua (2002); Villalmanzo Cameno (1985)									**Tipo Evento:**	HST	
Prof. km	-	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**Mo**	-	**Eventos asociados**		PREMONITORIOS Y RÉPLICAS	**Agencia:**	IGN	
EEE Primarios		NO		**Longitud Falla**		-		**Desplazamiento**		-	**Tipo Desp.:**	-	
EEE Secundarios		SÍ		**Categoria ESI07**		☐GK ☒SM ☐LQ ☐HD ☐HA ☐WA ☐TS					**Área afectada:**	1500 km²	
Otros EEE Ambientales		SÍ		☒ OTROS EFECTOS (OT): Emisión de gases en el Barranco del Azufre (durante 7 años).									
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ		☒ EAEs: Daños muy importantes en Cela de Núñez (>90% de las casas destruidas). Daños generalizados en las poblaciones de Alcocer de Planes y Gayanes. En Alcoy y en Muro de Alcoy colapsaron calles enteras. Daños en los principales castillos e iglesias de la zona (Guadalest, Lorcha, Valle de la Gallinera). Colapso de la iglesia del Monasterio de Santa María (Simat de la Valldigna)							

Documentación IGN 2002: 160, 165, 166, 211, 280, 335, 348, 504, 545, 556, 558, 571, 623, 1039

Referencias bibliográficas básicas:

Bisbal Cervello, L. (1984): Estudio de la distribución de intensidades sísmicas en el ámbito valenciano. Su incidencia en las obras públicas. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
Galbis, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5° E y 20° W de Greenwich y los paralelos 45° y 25° Norte, Tomo I. Instituto Geográfico Catastral y de Estadística, Madrid.
García-Mayordomo, J. (1998): Riesgo Sísmico en la Cuenca de Alcoy (Alicante). Aproximación a una Zonificación Sísmica. Tesis del Máster de Ingeniería Geológica, Universidad Complutense de Madrid (España), 100 pp.
Martínez Solares, J.M., Mezcua, J. (2002): Catálogo Sísmico de la Península Ibérica (880 a.C. – 1900). Monografías IGN, 18. IGN, Madrid (Spain), 253 pp.
Villalmanzo Cameno, J. (1985): El terremoto de 1644. Saitabi: revista de la Facultat de Geografia i Història, 35, 151-158.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 16440619 Muro de Alcoy, A	0°25' W	38°48 N	-	VIII	VIII	VIII*	B	**External Betic Cordillera (Zone 31)**
EVENTCATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Galbis (1932); Martínez Solares, Mezcua (2002); Villalmanzo Cameno (1985)							**Event Type:**	**HISTORIC**

GENERAL DAMAGE: 22 Dead (7 in Orcha) and numerous injuries. Almost total destruction of some populations as Cela de Núñez, Alcocer de Planes and Gayanes. Muro de Alcoy and Alcoy fell many houses. Damage documented very important in all types of buildings (churches, castles...). This earthquake is part of a seismic series that began days before the main event, with epicenters in the town of Muro de Alcoy (IGN, 2002): June 15th (IV-V EMS) and 16th (V EMS); and at 16:00 on June 19th (V EMS, two hours before the main shock). Later there were also numerous aftershocks (33 at night from June 19th to 20th in Muro de Alcoy), the series lasted at least until two months later. The main event, which occurred on June 19th of 1644 (18:00) was felt with intensity VIII EMS in Muro de Alcoy; with VII-VIII EMS in Cela de Núñez (1.5 km), Gayanes (1.6 km), Alcocer de Planes (2.3 km), Lorcha (10.3 km), Terrateig (13.5). With intensity VI-VII EMS in Guadalest (23.3 km), Albaida (9.7 km), Cocentaina (5.8 km). It was felt in Gandia (VI EMS, 26.9 km), Oliva (V-VI EMS, 29.2 km), Beniarbeig (V-VI EMS, 35.6 km), Denia (V-VI EMS, 45.2 km) and Valencia (IV-V EMS, 80.5 km).

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT: Descriptions of environmental damage by secondary effects are very scarce. These are limited to moderate rockfalls in the locality of Guadalest that affected the city castle and gas emissions in the Barranco del Azufre. There are insufficient geological data to assign an ESI-07 intensity for this earthquake. However considering the extensive damage documented in the zone a minimum VIII* intensity will be considered (Gas emissions considered in the ESI-07 Scale from Intensity VIII). 2 EEA records (side effects) and 6 records EAE.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☐ ***Ground cracks (GK):*** *No Reported.*
☒ ***1 Slope movements (SM):*** *Rockfalls in the Penya del Cantalar in Guadalest that affected the castle of this locality (23.3 km from the epicenter).*
☐ ***Liquefaction processes (LQ):*** *No Reported.*
☐ ***Hydrogeological anomalies (HD; HA):*** *No Reported.*
☐ ***Anomalous waves and tsunamis (AW; TS):*** *No Reported.*
☒ ***1 Other effects:*** *Gas emissions at the Barranco del Azufre (4.7 km away). Following the descriptions of the epoch gas emissions (smoky) lasted for 7 years*
☒ ***6 Archaeoseismic damage:*** *Damage referred to in the city of Cea Núñez, in the castle and church of Guadalest, in the Church of Santa María de la Valldigna, in the city wall of Albaida, in the Castle and Convent of the Gallinera, Church of Adsubia and in church and bell tower of Muro de Alcoy.*

☒ ***Geological Data:*** *There are not geological studies of this earthquake. Earthquake environmental are described in various contemporary documents compiled by Villalmanzo Cameno (1985). No additional geological information for this event.* ***Quality of Geological Information: Class B.***

Research / Data compilation by: *Jorge L. Giner Robles (UAM) y Raúl Pérez-López (IGME). Newly Published 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 16440619 Muro de Alcoy, A	0º25' O	38º48 N	-	VIII	VIII	VIII*	B	**Zonas Béticas Exteriores (Zona 31)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN Ref.: Galbis (1932); Martínez Solares, Mezcua (2002); Villalmanzo Cameno (1985)	**Tipo de Evento**	**HISTÓRICO**

DAÑOS GENERALES: 22 Muertos (7 en Orcha) y numerosos heridos. Destrucción casi total de algunas poblaciones como Cela de Núñez, Alcocer de Planes y Gayanes. En Muro de Alcoy y Alcoy cayeron muchas casas. Daños documentados muy importantes en todo tipo de edificios (Iglesias, Castillos de la zona…). Este sismo forma parte de una serie sísmica que comenzó días antes del evento principal, con epicentros en la población de Muro de Alcoy (IGN, 2002): día 15 (IV-V EMS) y 16 de junio (V EMS); y a las 16:00 horas del 19 de junio (V EMS, dos horas antes del sismo principal). Posteriormente se produjeron también numerosas réplicas (33 en la noche del 19 al 20 de junio en Muro de Alcoy), la serie duró por lo menos hasta dos meses después. El evento principal, ocurrido el 19 de junio de 1644 (18:00 h), fue sentido con intensidad VIII EMS en Muro de Alcoy; con VII-VIII EMS en Cela de Núñez (1,5 km), Gayanes (1,6 km), Alcocer de Planes (2,3 km), Lorcha (10,3 km), Terrateig (13,5). Con intensidad VI-VII EMS en Guadalest (23,3 km), Albaida (9,7 km), Cocentaina (5,8 km). Fue sentido en Gandía (VI EMS, 26,9 km), Oliva (V-VI EMS, 29,2 km), Beniarbeig (V-VI EMS, 35,6 km), Denia (V-VI EMS, 45,2 km) y Valencia (IV-V EMS, 80,5 km).

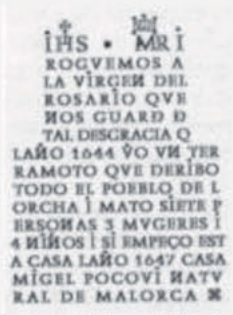
DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Las descripciones de daños ambientales por efectos secundarios son muy escasas, se restringen únicamente a desprendimientos en la población de Guadalest que afectaron al castillo de la ciudad y a emisiones de gases en el Barranco del Azufre. Los efectos geológicos documentados son insuficientes para asignar una intensidad ESI-07 a este evento. No obstante, considerando el nivel de daños registrado en la zona y la extensión de la zona afectada una intensidad mínima de VIII* ha de considerarse. Las emisiones de gases se consideran en la Escala ESI-07 a partir de intensidad VIII. 2 registros EEE (efectos secundarios) y 6 registros EAE.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☐ ***Agrietamientos del Terreno (GK):*** *No Registrados.*
☒ ***1 Movimientos de ladera (SM):*** *Caída de bloques en la Penya del Cantalar en Guadalest que afectó al castillo de la población (23,3 km del epicentro).*
☐ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *No Registrados.*
☐ ***Anomalías Hidrogeológicas (HD; HA):*** *No Registradas.*
☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (AW; TS):*** *No Registrados.*
☒ ***1 Otros efectos:*** *Se describen emisiones de gases en el Barranco del Azufre (4,7 km), que según las descripciones "humeó durante 7 años".*
☒ ***6 Efectos arqueosismológicos:*** *Daños referidos en la ciudad de Cea de Núñez, en el Castillo e iglesia de Guadalest, en la Iglesia de Santa María de la Valldigna, en las murallas de Albaida, en el Castillo y Convento de la Gallinera, Iglesia de Adsubia, Iglesia y campanario de Muro de Alcoy. Los daños descritos en iglesias, castillos y murallas de las poblaciones son extensos.*

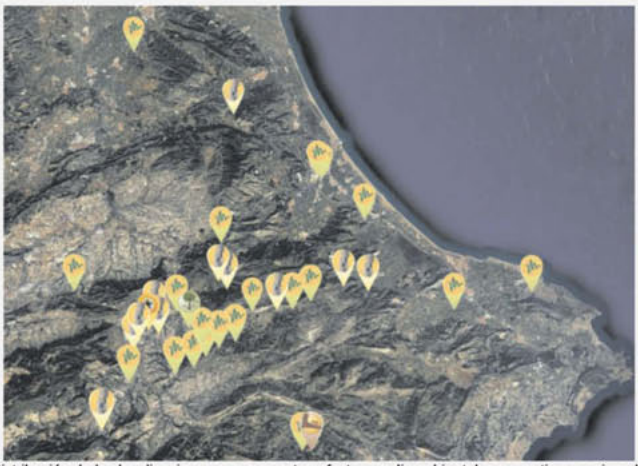
☒ ***Datos Geológicos:*** *No existen estudios geológicos específicos sobre este terremoto, aunque sí referencias al terremoto en varios análisis de peligrosidad sísmica en la zona (e.g. García-Mayordomo, 1998). Los escasos efectos ambientales y arqueosismológicos inventariados se encuentran descritos en varios documentos de la época recopilados por Villamazo Cameno (1985). No existe información geológica adicional de este terremoto.* ***Calidad de la Información Geológica: Clase B.***

Investigación / Compilación de la información: *Jorge L. Giner Robles (UAM) y Raúl Pérez-López (IGME). Nueva publicación 2017.*

IMAGEN EVENTO



Roguemos a la virgen del Rosario que nos guardó de tal desgracia que laño 1644 uo un terramoto que deribo todo el poeblo de Lorcha y mato siete personas 3 mugeres i 4 niños y si empeço esta casa laño 1647 casa Migel Pocovi natural de Mallorca (Placa en la Calle Mayor de Lorcha).



Distribución de las localizaciones que presentan efectos medioambientales o que tienen asignada una intensidad EMS.

HST 16560607: ADEMUZ (Valencia). 1656 AD — HISTÓRICO

FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
16560607*AD*	10:00	1°14' O	40°05´ N	-	-	VIII	VIII	C	C	C	Ademuz. V

Método de datación:	CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Galbis (1932)							**Tipo Evento:**	HST
Prof. km	-	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**Mo**	-	**Eventos asociados**	-	**Agencia:**	IGN
EEE Primarios	NO	**Longitud Falla**	-	**Desplazamiento**	-			**Tipo Desp.:**	-
EEE Secundarios	SÍ	**Categoría ESI07**	☒GK ☒SM ☐LQ ☐HD ☐HA ☐WA ☐TS					**Área afectada:**	>370 km²
Otros EEE Ambientales	NO	☐ OTROS EFECTOS (OT): No registrados.							
EAE Efectos Arqueosismológicos	SÍ	☒ EAEs: Se menciona que afectó a toda la región, especialmente a la ciudad de Ademuz en la que colapso el castillo, la antigua iglesia parroquial, y más de 40 casas del pueblo. El resto de las casas quedaron muy dañadas, incluyendo la casa consistorial. Se referencian daños también en las iglesias de Torrebaja, Vallanca y Puebla de San Miguel.							

Documentación IGN 2002: 160, 165, 166, 273, 280, 335, 343, 400, 405, 426, 504, 545, 556, 558, 562, 687, 1075

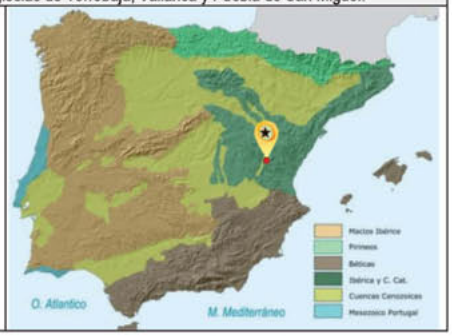
Referencias bibliográficas básicas:

Eslava Blasco, R. (2009): El terremoto de Ademuz del año 1656: un nuevo documento, en El poso de la historia, revista Ababol, 59, 8-15

Galbis, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5° E y 20° W de Greenwich y los paralelos 45° y 25° Norte, Tomo I. Instituto Geográfico Catastral y de Estadística, Madrid.

Madoz, Pascual (1846): Diccionario Estadístico-Histórico de España y sus posesiones de Ultramar, Madrid, tomo I, pp. 82-83.

Martínez Solares, J.M., Mezcua, J. (2002): Catálogo Sísmico de la Península Ibérica (880 a.C. – 1900). Monografías IGN, 18. IGN, Madrid (Spain), 253 pp.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 16560607 Ademuz, V	1°14' W	40°05´ N	-	-	VIII	VIII	C	**Cordillera Bética (Zona 26)**

EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Galbis (1932)	**Event Type:**	**HISTORIC**

GENERAL DAMAGE: 1 dead and many injured in Ademuz (no more references casualties or injuries in other populations). The documentation refers to that affected all populations in the region (Ademuz region). Significant damage in the town of Ademuz: collapse of the fortress, the old church and 40 houses of the population. The rest of the houses of the city were badly damaged. The rest of the town houses were badly damaged and damage to the town hall and in the new church that then was being built. Important damage to religious buildings (churches and chapels) of the main towns of the region: Vallanca, Torrebaja, Puebla de San Miguel. It is not described in the documentation of the aftershocks time of the main event. The event occurred on June 7th, 1656, was felt with intensity VIII in Ademuz EMS. We don´t have more data on intensities in populations that are damaged, although documentation can be inferred that in the most important towns in the area (Torrebaja 2.4 km, Puebla de San Miguel 8.6 km and Vallanca 9.3 km) an intensity of VII-VIII EMS was reached.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Environmental damage by secondary effects is only documented for the localities of Ademuz and Casas Altas. The environmental effects described in the documentation of the time are mainly landslides in the city of Ademuz and in a valley in the left margin of the River Turia in close proximity to the town of Casas Altas. Near both locations some ground cracks are also described. 5 EEE records and 7 EAE records.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☒ ***3 Ground cracks (GK):*** *Large ground cracks possibly related to the produced gravitational processes in Ademuz and near the population of Casas Altas.*
☒ ***2 Slope movements (SM):*** *Landslides occurred in the town of Ademuz. Partial collapse of the cemetery, the castle and the old church as a consequence of a large landslide in the SW scarp of the city. Major landslides occurred in the left margin of the Turia River near the population of Casas Altas.*
☐ ***Liquefaction processes (LQ):*** *No Reported.*
☐ ***Hydrogeological anomalies (HD; HA):*** *No Reported.*
☐ ***Anomalous waves and tsunamis (AW; TS):*** *No Reported.*
☐ ***Other effects:*** *No Reported.*
☒ ***7 Archaeoseismic damage:*** *Significant damage in the city of Ademuz, collapse of the old church, castle and collapse of the cemetery by slope movements. They collapsed 40 houses in the town and the rest had severe damage. Damages are also described in the churches of the surrounding populations: Torrebaja, Vallanca and Puebla de San Miguel.*

☒ ***Geological Data:*** *Earthquake environmental effects documented from historical documents. There are not specific geological studies on this earthquake.* ***Quality of Geological Information: Class C.***

Research / Data compilation by: *Jorge L. Giner Robles (UAM). Newly Published 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 16560607 Ademuz, V	1º14' O	40º05' N	-	-	VIII	VIII	C	**Betic Cordillera (Zone 26)**
EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN Ref.: Galbis (1932)							**Tipo de Evento**	**HISTÓRICO**

DAÑOS GENERALES: 1 muerto y numerosos heridos en la población de Ademuz (no hay referencia de más víctimas ni heridos en otras poblaciones). La documentación hace referencia a que afectó prácticamente a todas las poblaciones de la región (Rincón de Ademuz). Daños muy importantes en la población de Ademuz: colapso de la fortaleza, la antigua iglesia parroquial y 40 casas de la población. El resto de las casas quedaron tan dañadas que no se permitió habitarlas hasta su reparación, daños en la nueva iglesia que se estaba construyendo en ese momento y en la casa consistorial. Daños en los edificios religiosos (iglesias y ermitas) de las principales poblaciones de los alrededores: Vallanca, Torrebaja, Puebla de San Miguel. No se describen en la documentación de la época réplicas del terremoto. El evento ocurrió el 7 de junio de 1656, fue sentido con intensidad VIII EMS en Ademuz. No se tienen más datos sobre intensidades en las poblaciones que presentan daños, aunque por la documentación existente se puede inferir que en las poblaciones más importantes de la zona (Torrebaja 2,4 km, Puebla de San Miguel 8,6 km y Vallanca 9,3 km) se alcanzó una intensidad mínima de VII-VIII EMS.

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Los daños ambientales por efectos secundarios se restringen fundamentalmente a la ciudad de Ademuz y a las proximidades de la población de Casas Altas. Los efectos ambientales descritos en la documentación de la época son fundamentalmente deslizamientos y desprendimientos en la ciudad de Ademuz y en un valle en el margen izquierdo del río Turia en las proximidades de la población de Casas Altas. En las proximidades de ambas localizaciones se describen también agrietamientos del terreno. 5 registros EEE (efectos secundarios) y 7 registros EAE.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registrados.*
☒ ***3 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Grandes agrietamientos del terreno posiblemente relacionados con los procesos gravitacionales producidos en Ademuz y en las proximidades de Casas Altas.*
☒ ***2 Movimientos de ladera (SM):*** *Se produjeron deslizamientos en la población de Ademuz, que produjeron el colapso de parte del cementerio, el castillo y de la antigua iglesia parroquial. Se produjeron deslizamientos importantes en el margen izquierdo del río Turia a su paso por la población Casa Altas.*
☐ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *No Registrados.*
☐ ***Anomalías Hidrogeológicas (HD; HA):*** *No Registradas.*
☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (AW; TS):*** *No Registrados.*
☐ ***Otros efectos:*** *No Registrados.*
☒ ***7 Efectos arqueosismológicos:*** *Daños importantes en la ciudad de Ademuz, colapso de la antigua iglesia parroquial, de parte del castillo y colapso del cementerio como consecuencia de deslizamientos en la zona SO de la población. En Ademuz colapsaron 40 casas y el resto presentaba graves daños. Se consignan daños en las iglesias de las poblaciones circundantes: Torrebaja, Vallanca y Puebla de San Miguel.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Los efectos geológicos se documentan a partir de las descripciones de los daños en la documentación histórica del evento, gran parte de ella contemporánea al terremoto. No existe ningún estudio geológico específico sobre este evento.* ***Calidad de la Información Geológica: Clase C.***

Investigación / Compilación de la información: *Jorge L. Giner Robles (UAM). Nueva Publicación 2017.*

IMAGEN EVENTO



Deslizamientos producidos por el evento en el margen del río Turia a su paso por la localidad de Casas Bajas.

HST 16581231: ALMERÍA (Almería). 1658 AD — HISTÓRICO

FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
16581231*AD*	7:00	2°28' O	36°50 N	-	VIII	IX	X	D	C	C	Almería. AL

Método de datación:	CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Galbis (1932), Espinar Moreno (1994), De Prado (1864)							**Tipo Evento:**	HST
Prof. km	-	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**Mo**	-	**Eventos asociados**	-	**Agencia:**	IGN
EEE Primarios	NO		**Longitud Falla**		-		**Desplazamiento**	-	**Tipo Desp.:**	-
EEE Secundarios	SÍ		**Categoría ESI07**		☒GK ☒SM ☐LQ ☐HD ☐HA ☒WA ☐TS				**Área afectada:**	> 100 km²
Otros EEE Ambientales	SÍ		☒ OTROS EFECTOS (OT): Ondulamiento del terreno, destrucción del pavimento en Almería y probables nubes de polvo en el Barranco del Infierno.							
EAE Efectos Arqueosismológicos	SÍ		☒ EAEs: Destrucción de algunos sectores de las murallas de la Alcazaba de Almería, así como de la mayor parte de las torres vigías situadas en el litoral del Cabo de Gata.							

Documentación IGN 2002: 60, 165, 166, 220, 231, 317, 335, 439, 504, 522, 545, 571, 600, 623, 783, 800, 1043, 1076

Referencias bibliográficas básicas:

Espinar Moreno, M. (1994): Los estudios de sismicidad histórica en Andalucía: Los terremotos históricos de la provincia de Almería. En El estudio de los terremotos en Almería. Instituto de Estudios Almerienses, pp. 115-180.

Galbis Rodríguez, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5° E y 20° W de Greenwich y los paralelos 45° y 25° Norte, Tomo I. Instituto Geográfico Catastral y de Estadística, Madrid.

Prado, C. De, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. Rev. Minera, t. XIV, núms. 322 a 325, 69 págs.

Vincent, B. (1974): Les tremblements de terre dans la province d'Almeria (XV-XIX siècle). Annales, París, núm. 3, pp. 571-586.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 16581231 Almería, AL	2°28' W	36°50 N	-	VIII	IX	X	C	**Eastern Betic Cordillera (Zone 55)**

EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Galbis (1932), Espinar Moreno (1994); De Prado (1864)	**Event Type:**	**HISTORIC**

GENERAL DAMAGE: Damage in several houses in Almería causing numerous deaths. La Alcazaba wall collapsed in some points and large segments of the wall ran downslope causing destruction of houses. Watch towers of La Testa (25 km away) San Pedro de Rodalquilar (39 km away), La Carbonera or Torre del Rayo (56 km away), as well as El Torrejón del Cabo, located along the Cabo de Gata coast were destroyed causing the death of some inhabitants (De Prado, 1864). Damage of intensity VII occurred in the localities of Dalías and Berja about 35-40 km west of the epicentral location of the IGN.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Landslides and rock falls around the hill of the Alcazaba in Almería, in the Cabo de Gata Ranges, especially referred to San Pedro de Rodalquilar. There are references to ground waving and cracking in Almería, as well as to the destruction of paved zones (lastras) in the Las Canchas distric of Almería. There are also multiple references to the agitation of the sea-water, but is written that the sea eventually became quite without waves, which can be interpreted as noticeable anomalous waves. Since there are no specific studies on this earthquake, here we display the transcription of the description of the event by Antonio de Mendoza y Quesada to the Maqueda's Duke reported in the work of Galbis (1932): *"A strange heat was felt on the night of the thirtieth, and at twelve o'clock, noises and firing-like detonations moved the undulating ground.... Huge blocks fell from the hills and crushed houses, and they heard shouts and supplications. They would be the one when the earth turned and dragged towers towards the sea, and we thought to bury ourselves in the waves, reason why we fled towards the Alcazaba; But this one fell, rolled walls and its floor was filled with cracks, sounding blocks in the depths. Between the two forts there were noises and boiling water, and the Chanca lastras rose, pouring water into the sea and pushing the waves, and at five we knew that in the Barranco del Infierno the ground ejected smoke, and towers fell like La Testa de Torrejón, and asked for help from San Pedro, as people of arms died among the stones. At three o'clock he moved again, though slower, shaking more at eight o'clock; And they say that San Silvestre punishes having slaves, for which we have vowed to him, and it has not yet been fulfilled. Bearing in mind, there were many dead, and more would die if the Virgin had not contained the sea, which was still and without waves, as if waiting for the earth to enter its abysses. Our people in arms locked themselves in the towers, for although they oscillated, they were hard, and some perished, especially on the side of the sun. Ask, sir, the repair of your Alcazaba, because the Moors could take advantage and penetrate it; Is to see the danger and the necessary repair..."* There are no data on damaged localities north of Almería, so is difficult to establish the area affected by natural effects, but as minimum we have to consider 100 km² for this kind of earthquakes.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☒ ***1 Ground cracks (GK):*** *Reported to occur in Almería around the Alcazaba Castle, but no detailed data. Maybe they can be interpreted as large cracks occurred in the top of the cliffs as a consequence of rockfalls.*
☒ ***2 Slope movements (SM):*** *Reported to occur large blocks falls in the Alcazaba Hill (Almería) and in the sea-cliff of San Pedro de Rodalquilar.*
☐ ***Liquefaction processes (LQ):*** *No Reported.*
☐ ***Hydrogeological anomalies (HD; HA):*** *No Reported.*
☒ ***1 Anomalous waves and tsunamis (1 AW; TS):*** *Multiple references to the agitation of the sea-water in Almería, but is written that the sea eventually became quite without waves, which can be interpreted as noticeable anomalous waves.*
☒ ***Other effects:*** *Ground waves in Almería, and probable dust clouds, or dust consequence of rockfalls in the Barranco del Infierno, near Almería.*
☒ ***Archaeoseismic damage:*** *At least 3 Watch Towers in the Cabo de Gata Ranges were destroyed.*

☒ ***Geological Data:*** *This earthquake has not been subject of specific geologic study. However, geological research in the zone related to the AD 1522 Earthquake (i.e. Reicherter & Hübscher, 2007) relates the historic seismic events of the Almería region NE-SW strike-slip Carboneras Fault, maybe in this case in its northern segment across the Cabo de Gata Ranges (consult file HST-15220922).* ***Quality of Geological Information: Class C.***

Research / Data compilation by: *Pablo G. Silva (USAL). Newly published 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 16581231 Almería, AL	2º28' O	36º50 N	-	VIII	IX	X	C	**Cordilleras Béticas Orientales (Zona 55)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN Ref.: Galbis (1932), Espinar Moreno (1994), De Prado (1864)	**Tipo de Evento**	**HISTÓRICO**

DAÑOS GENERALES: Daños en muchas casas de Almería que causaron numerosos muertos. El muro de la Alcazaba colapsó en algunos puntos causando daños en las casas situadas a su pie. A lo largo de la costa del Cabo de Gata se destruyeron las torres vigías de La Testa (26 km), San Pedro de Rodalquilar (39 km), Carboneras o Torre del Rayo (56 km), así como el Torrejón del Cabo (De Prado *et al*., 1864), causando la muerte de algunos habitantes. También se indican daños de intensidad VII en las localidades de Dalías y Berja situadas unos 35-40 km hacia el Oeste de la localización epicentral del IGN.

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Desprendimientos y caídas de rocas en el Cerro de la alcazaba de Almería y la Cordillera del Cabo de Gata, con especial referencia en San Pedro de Rodalquilar. Se hace referencia al ondulamiento y agrietamiento del terreno, así como a la destrucción de los pavimentos (lastras) en el Barrio de La Chanca de Almería. Se hacen muchas referencias a *"el agitar o hervir de las aguas"*, pero finalmente se dice que el mar estuvo quieto y sin olas, lo que se puede interpretar como oleaje anómalo. Dado que no existen estudios en particular sobre este evento, transcribimos aquí la descripción hecha por Antonio de Mendoza y Quesada al Duque de Maqueda en 1659 recogida en la Obra de Galbis (1932): *"Un calor raro sentimos la noche del 30, y seguido, como a las doce, ruidos y detonaciones semejantes a disparos,* ***movieron el suelo que ondulaba****... **Bloques enormes caían de los cerros** y aplastaban casas, y sentíanse gritos, y súplicas. Serían la una cuando* ***la tierra giraba y arrastraba torres hacia el mar, y creímos sepultarnos en las olas, por lo cual huimos hacia la Alcazaba; pero ésta se caía, rodaban murallas y su suelo se llenaba de grietas****, sonando bloques en lo hondo. Entre los dos fuertes se sentían ruidos y hervir agua, y* ***las lastras de la Chanca se elevaron, echando el agua hacia el mar y empujando las olas****, y a las cinco supimos que* ***en el Barranco del Infierno humeaba la tierra****, y cayeron torres, como la de La Testa de Torrejón, y pedían ayuda desde San Pedro, pues gente de armas moría entre las piedras. A las tres volvía a moverse, aunque más lento, sacudiendo más a las ocho; y dicen que San Silvestre castiga haber esclavos, por lo cual mandamos hacerle voto, y aún no se ha cumplido. Tened en cuenta hubo muertos muchos, y más murieran si la Virgen no hubiese contenido el mar, que estuvo quieto y sin olas, como esperando entrase la tierra en sus abismos. Nuestra gente de armas se encerró en las torres, pues aunque oscilaban, eran duras, y algunos perecieron, sobre todo del lado del sol. Pedid, señor, el reparo de vuestra Alcazaba, pues los moros podían aprovecharse y penetrar en ella; es de ver el peligro y el reparo necesario..."* No existen datos de poblaciones situadas al norte de Almería, por tanto es difícil calcular el área afectada por el terremoto, pero tuvo que tener un mínimo cercano a los 100 km².

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registrados.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registrados.*
☒ ***1 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Agrietamientos en la zona de la Alcazaba, quizá responden a grandes grietas en las cabeceras de los desprendimientos que se registraron en esa zona.*
☒ ***2 Movimientos de ladera (SM):*** *Caída de grandes bloques, incluyendo trozos de lienzo de la muralla en el cerro de la Alcazaba de Almería.*
☐ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *No Registrados.*
☐ ***Anomalías Hidrogeológicas (HD; HA):*** *No Registrados.*
☒ ***1 Oleaje Anómalo y Tsunamis (1 AW; TS):*** *Existen muchas referencias a "*el agitar o hervir de las aguas*", pero finalmente se dice que el mar estuvo quieto y sin olas, lo que se puede interpretar como oleaje anómalo.*
☒ ***Otros efectos:*** *Ondulamiento del terreno en Almería y destrucción de pavimentos (Barrio de La Cancha). Nubes de polvo en el Barranco del infierno, posiblemente como consecuencia de desprendimientos de rocas.*
☒ ***Efectos arqueosismológicos:*** *Al menos tres antiguas torres vigías quedaron destruidas por el terremoto, al igual que diversos sectores de las murallas de la Alcazaba de Almería.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *No existe ningún estudio geológico específico de este terremoto. No obstante, estudios geológicos realizados en la zona en relación con el terremoto de Almería de 1522 AD (i.e. Reicherter & Hübscher; 2007) sugieren que la mayor parte de la sismicidad histórica de la región de Almería se pueden relacionar con la falla de desgarre NE-SO de Carboneras, aunque en este caso podría localizarse en su segmento septentrional a lo largo del borde norte de la Sierra del Cabo de Gata (ver ficha HST-15220922).* ***Calidad de la Información Geológica: Clase C.***

Investigación / Compilación de la información: *Pablo G. Silva (USAL). Nueva publicación 2017*

IMAGEN EVENTO



Estado de las Torres de San Pedro de Rodalquilar (izquierda) y de Carboneras o Torre del Rayo (derecha) antes de su reconstrucción a finales del siglo XX. El estado de ruina de ambas torres no es consecuencia del terremoto de 1658, ya que al igual que la Alcazaba de Almería se reconstruyeron rápidamente. Todas estas torres quedaron abandonadas a finales del siglo XVIII, cuando comenzó el proceso de ruina actual.

HST 16740828: LORCA (Murcia). 1674 AD											HISTÓRICO	
FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO	
16740828*AD*	21:30	1°42' O	37°41' N	-	VIII	IX	IX	C	B	C	Lorca. MU	
Método de datación:		CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Galbis (1932)									Tipo Evento:	HST
Prof. km	-	±EZ -	±EH- -	M_o	-	Eventos asociados		PREMONITORES y RÉPLICAS			Agencia:	IGN
EEE Primarios		NO	Longitud Falla		-	Desplazamiento		-			Tipo Desp.:	-
EEE Secundarios		SÍ	Categoría ESI07		☐GK ☒SM ☐LQ ☐HD ☐HA ☐WA ☐TS						Área afectada:	-
Otros EEE Ambientales		NO	☐ OTROS EFECTOS (OT): No registrados.									
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ	☒ EAEs: Desplazamientos de bloques de sillería y caída de claves de arco en la Colegiata y Ayuntamiento de Lorca.									

Documentación IGN 2002: 56, 165, 166, 231, 235, 236, 280, 312, 332, 480, 502, 504, 556, 571, 584, 600, 623, 728, 1059

Referencias bibliográficas básicas:

Galbis, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5° E y 20° W de Greenwich y los paralelos 45° y 25° Norte, Tomo I. Inst. Geográfico Catastral y Estadística, Madrid.
Martínez Solares, J.M. y Mezcua, J. (2002): Catálogo sísmico de la Península Ibérica (880 a. C. – 1900). Monografía nº 18, Instituto Geográfico Nacional (IGN).
Pérez-López, R., *et al.* (2012): Análisis de sismicidad histórica en Lorca mediante liquenometría aplicada a caídas de bloques: los terremotos de 1579 AD, 1674AD y 2011. Geotemas, 13.
Pérez-López, R., *et al.* (2012): Rock-falls related to the 1674 historic earthquake in Lorca (Spain): lichenometric ages. 3rd INQUA-IGCP-567 International Workshop on Active Tectonics, Paleoseismology and Archaeoseismology. Proceedings, Vol. 3, 141-144.
Rodríguez-Pascua, M.A., *et al.* (2012): Efectos arquitectónicos del terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011. Neoformación y reactivación de efectos en su Patrimonio Cultural. Boletín Geológico y Minero de España, 123 (4), 487-502.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 16740828 Lorca, MU	1°42' W	37°41' N	-	VIII	IX	IX	C	**Eastern Betic Cordillera (Zone 55)**
EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Galbis (1932)							**Event Type:**	**HISTORIC**

GENERAL DAMAGE: The seismic series began on August 10 (two churches were destroyed) and the main earthquake took place on August 28. The main earthquake must have been much larger than the precursor, which indicates that there were many victims and a large number of buildings collapsed. The historic description is: "*From 10 August to 9 September and 4 October: On 10 August a series of fairly strong earthquakes began in Lorca (Murcia); On this day many buildings fell, including San Pedro and San Indalecio churches, with many victims. The earthquake was terrible on August 28. They happened daily, overcome forty times that which was noticed on 9 September. The last earthquake in this series occurred on October 4.*" Recent research projects have found significant rock falls in the "Cejo de los Enamorados" and EAEs in San Patricio Collegiate and City Hall. The earthquakes of 1674 killed 40 people.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Secondary effects are associated with rock falls in the cliffs located in the Peña Rubia Range (Cejo de los Enamorados).

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☐ ***Ground cracks (GK):*** *No Reported.*
☒ ***4 Slope movements (SM):*** *The historic earthquake of 1674 triggered several rock falls located at the "Cejo de los Enamorados" and "Rambla de los 17 Arcos" hills in the sierra to the north of the city of Lorca. The total volume of rocks mobilised by the 1674 earthquake at the "Rambla de los 17 Arcos" was 2,000 m³.*
☐ ***Liquefaction processes (LQ):*** *No Reported.*
☐ ***Hydrogeological anomalies (HD; HA):*** *No Reported.*
☐ ***Anomalous waves and tsunamis (AW; TS):*** *No Reported.*
☐ ***Other effects:*** *No Reported.*
☒ ***2 Archaeoseismic damage:*** *The EAEs that were identified are: dropped key stones, repaired buildings and displaced masonry blocks. These EAEs were reactivated by the earthquake of 2011.*

☒ ***Geological Data:*** *Results obtained by Pérez López et al (2012) indicate that the earthquakes of 1674 and 2011 were quite similar, except that the 1674 one mobilised a greater quantity and twenty times the volume of blocks mobilised during the 2011 earthquake. The size of the earthquake of 1674 was possibly between 6.0<M<6.8, assuming similar focal and seismotectonic conditions to those of the instrumentally measured earthquake of 2011. Rodríguez-Pascua et al. (2012) determine that the EAEs generated during the historical earthquake of 1674AD, share very similar characteristics and even the same orientation of the maximum horizontal movement of the earthquake of 2011. A significate amount of EAEs of 1674 were reactivated during the earthquake of 2011. This could indicate that the Lorca-Totana segment of the Alhama Fault triggered both earthquakes.* ***Quality of Geological Information: Class C.***

Research / Data compilation by: *Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME). Newly Published 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 16740828 Lorca, MU	1°42' O	37°41' N	-	VIII	IX	IX	C	**Zona Bética Interior (Zona 55)**
EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN Ref.: Galbis (1932)							**Tipo de Evento**	**HISTÓRICO**

DAÑOS GENERALES: La serie sísmica comenzó el 10 de agosto (dos iglesias fueron destruidas) y el terremoto principal se produjo el día 28 del mismo mes. El terremoto del día 28 fue el más destructivo, ya que se indica que hubo muchas víctimas y un gran número de edificaciones colapsaron. La descripción histórica es la siguiente: "*10 de agosto al 9 de septiembre y 4 de octubre.- Empezaron el 10 de agosto en Lorca (Murcia) una serie de temblores de tierra bastante fuertes; en este día cayeron muchos edificios, entre ellos San Pedro y San Indalecio, habiendo muchas víctimas. El día 28 de agosto fue espantoso el terremoto que hubo. Ocurrían diariamente, pasando de cuarenta las veces que se notó el día 9 de septiembre. El último terremoto de esta serie ocurrió el 4 de octubre.*" Proyectos de investigación recientes han puesto de manifiesto que se produjeron importantes caídas de bloques en el Cejo de los Enamorados y EAEs en la Colegiata de San Patricio y en el Ayuntamiento. El terremoto produjo 40 muertos.

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Los efectos secundarios están asociados a caídas de bloques de roca en los acantilados situados en la Sierra de la Peña Rubia (Cejo de los Enamorados).

- ☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
- ☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
- ☐ ***Agrietamientos del Terreno (GK):*** *No Registradas.*
- ☒ ***4 Movimientos de ladera (SM):*** *Se produjeron varias caídas de bloques en el Cejo de los Enamorados y en la Rambla de los 17 Arcos, localizados al N de la ciudad de Lorca. El volumen total de bloques para el deslizamiento de la Rambla de los 17 arcos fue de 2.000 m³.*
- ☐ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *No Registradas.*
- ☐ ***Anomalías Hidrogeológicas (HD; HA):*** *No Registradas.*
- ☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (AW; TS):*** *No Registradas.*
- ☐ ***Otros efectos:*** *No Registradas.*
- ☒ ***3 Efectos arqueosismológicos:*** *Los EAEs que se han identificado son: caídas de claves de arco, reparaciones de edificios y desplazamientos en bloques de sillería. Esos EAEs fueron reactivados durante el terremoto de 2011.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Los resultados obtenidos por Pérez López et al. (2012) indican que los terremotos de 1674 y 2011 fueron bastante similares, excepto que el 1674 movilizó a una mayor cantidad de bloques, veinte veces el volumen de bloques movilizados durante el terremoto de 2011. El tamaño del terremoto de 1674 fue posiblemente entre 6.0 <M <6.8, suponiendo condiciones focales y sismotectónicas similares a las del terremoto medido instrumentalmente de 2011. Rodríguez-Pascua et al. (2012) determinan que los EAEs generados durante el terremoto histórico de 1674AD comparten características muy similares e incluso la misma orientación del movimiento horizontal máximo del terremoto de 2011. Una cantidad significativa de EAEs de 1674 se reactivaron durante el terremoto de 2011. Esto podría indicar que el segmento Lorca-Totana de la Falla de Alhama desencadenó ambos terremotos.* ***Calidad de la Información Geológica: Clase C.***

Investigación / Compilación de la información: *Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME). Nueva publicación 2017.*

IMAGEN EVENTO



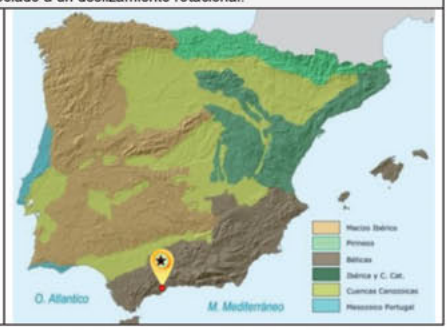
Caída de bloques asociada al teremoto de 1674 en la zona del Cejo de los Enamorados. La imagen de la derecha muestra EAEs en la Colegiata de San Patricio reactivados por el terremoto de 2011 (Modificada de Rodríguez-Pascua *et al.*, 2012)

HST 16801009: W MÁLAGA. 1680 AD											HISTÓRICO	
FECHA AMD	**HORA Y MIN.**	**LONGITUD**	**LATITUD**	**MAG (Mw/Ms/M*)**	**EMS 98**	**MSK 64**	**ESI 07**	**Q_e**	**Q_i**	**Q_g**	**LOCALIZACIÓN TERREMOTO**	
16801009*AD*	07:15	4°36' O	36°48' N	6,8 – 7,0 M*	VIII-IX	VIII-IX	IX	B	B	B	**W Málaga. ML**	
Método de datación:		CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Sánchez Navarro-Neumann (1921), Galbis (1932)									**Tipo Evento:**	HST
Prof. km	50	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**M_o**	-	**Eventos asociados**		RÉPLICAS	**Agencia:**	IGN
EEE Primarios		NO		**Longitud Falla**		-		**Desplazamiento**		-	**Tipo Desp.:**	SIN DATOS
EEE Secundarios		SÍ		**Categoría ESI07**		☒GK ☒SM ☐LQ ☐HD ☒HA ☒AW ☐TS					**Área afectada:**	1.100 km²
Otros EEE Ambientales		NO		☐ OTROS EFECTOS (OT): No registrados.								
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ		☒ EAEs: Colapsos y daños en el 80% de edificios de Málaga ciudad y poblaciones cercanas. En Cabra de describe el colapso de una torre de la muralla de época islámica asociado a un deslizamiento rotacional.								

Documentación IGN 2002: 2, 8, 9, 10, 11, 29, 50, 129, 165, 166, 273, 275, 280, 285, 291, 294, 312, 317, 335, 347, 366, 405, 421, 426, 431, 435, 439, 448, 504, 506, 516, 522, 524, 528, 568, 571, 576, 583, 598, 600, 618, 623, 625, 685, 687, 695, 768, 783, 791, 1039, 1040, 1043, 1045, 1046, 1053, 1076

Referencias bibliográficas básicas:

Martínez Solares, J.M. & Mezcua, J. (2002): Catálogo Sísmico de la Península Ibérica (880 a. C. – 1900). Monografías IGN, 18. IGN, Madrid (Spain), 253 pp.
Goded, T. (2006): Reevaluación de daños de los terremotos de Málaga de 1494 y 1680. Trabajo de Investigación. Facultad de Ciencias Físicas, UCM: 155 pp.
Goded, T. *et al*. (2008): The 1494 and 1680 Málaga (Southern Spain) earthquakes. Seismological Research Letters 79, 707-715.
Peláez, J.A. *et al*. (2011): Efectos arqueosismológicos del terremoto de Málaga de 09/10/1680 en el sur de la provincia de Córdoba. 4° Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica. 18-20 mayo, Granada.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 16801009 Málaga, ML	4°36' W	36°48' N	6.8 -7.0 M*	VIII-IX	VIII-IX	IX	B	**Betic Cordillera; Internal Zones (Zone 34)**
EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Sánchez Navarro-Neumann (1921), Galbis (1932), Martínez Solares & Mezcua (2002), Goded (2006)							**Event Type:**	**HISTORIC**

GENERAL DAMAGE: Earthquake of intensity VIII-IX EMS. More than 80% of the buildings in Málaga city collapsed or were damage. Many of the villages around Málaga were severely damaged (≥ VIII EMS). The earthquake was felt at distant localities, such as Granada (90 km), Córdoba (130 km) and Seville (155 km) with intensity IV EMS. Most of the documents describe 70 fatalities, but this will be only in Málaga city. The macroseismic revision of the earthquake developed by Goded (2006) indicates a total of 87 fatalities. Was also felt in Madrid, Toledo and Valladolid, more than 500 km faraway from the epicentre with intensities IV and III EMS.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Secondary effects mainly correspond to rockfalls and landslides (SM) occurred around Málaga city in the Guadalhorce valley and Sierra de Mijas covering an area of c. 500 km² within the intensity zone IX ESI-07. Secondary effects of intensity VIII ESI-07 are described in Colmenar (26 km away) and Vélez-Málaga (44 km away), but are punctual data located NE Málaga insufficient to evaluate the area afected for this intensity level. In any case, a minimum of c. 1,100 km² were affected by intensity ≥ VIII ESI-07 secondary effects, indicating a maximum epicentral intensity of IX ESI-07. Moderate secondary effects are described for far away localities as Cabra (76 km away) or Sanlúcar la Mayor (156 km away) indicating intensities ≥ VI ESI-07. 9 EEE records and 1 EAE record.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☒ ***1 Ground cracks (GK):*** *Ground cracks in alluvial sediments causing the temporal disappearance of water-flow in the river course at Vélez-Málaga. The original descriptions indicate "*that immediately after the earthquake the ground cracks closed and crashed so violently that the waters were ejected to an elevation of about 8 m above the roofs of the houses, which collapsed by the impact of the water*". This description (maybe exaggerated) indicate the occurrence of really great ground-cracks capable to evacuate the water of a permanent river course (Vélez River) or maybe other type of effects linked to the water and the near-littoral location of this city in the time of the earthquake (deltaic zone of the Vélez River, which was navigable).*
☒ ***5 Slope movements (SM):*** *Multiple rockfalls of loose material in step valley slopes and cliffs around the city of Málaga, Guadalhorce valley and Sierra de Mijas. In Cabra (Córdoba; 76 km away) a rotational landslide is described causing archaeoseismological damage.*
☐ ***Liquefaction processes (LQ):*** *No Reported.*
☒ ***1 Hydrological anomaly (1 HA):*** *In Sanlúcar la Mayor (Sevilla; 156 km away) almost five wells suffered noticeable changes in water level.*
☒ ***1 Anomalous Waves and Tsunamis (1 AW):*** *Strong anomalous waves in the Málaga harbour, causing the elevation of boats about 5 m. The earthquake was felt in offshore zones. This effect was formerly considered a 5 m height tsunami event included in the IGN Tsunami Catalogue (presently excluded from this catalogue).*
☐ ***Other effects:*** *No Reported.*
☒ ***1 Archaeoseismic damage:*** *Even most of the buildings in Málaga (18 km away) and surrounding villages were seriously damage there are no good descriptions to evaluate EEE. Only in Cabra (76 km away) are data associate to an EEE (rotational landslide affecting to the medieval city walls and towers).*

☒ ***Geological Data:*** *Earthquake environmental effects are vaguely described in existing old catalogues of historical seismicity in Spain (Sánchez Navarro-Neumann, 1921; Galbis, 1932), as well as in the recent macroseismic review of the event by Goded (2006) and Goded et al. (2008). In spite of the onshore location of the macroseismic epicentre, descriptions of anomalous waves 5 m high in Málaga and the noticeable offshore anomalous waves, suggest the occurrence of some kind of offshore EEE. A secondary tsunami-like wave linked to a near-shore submarine landslide between these two localities, can not be fully rejected. In any case, there are not geological studies on this earthquake, and only the recent work of Peláez et al. (2011) gives archaeoseismological data for the locality of Cabra (Córdoba).* ***Quality of Geological Information: Class B.***

Research / Data compilation by: *Javier Lario (UNED). Updated in 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 16801009 Málaga, ML	4°36' O	36°48' N	6,8 -7,0 M*	VIII-IX	VIII-IX	IX	B	**Cordillera Bética; zonas internas (Zona 34)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN
Ref.: Sánchez Navarro-Neumann (1921), Galbis (1932), Martínez Solares & Mezcua (2002), Goded (2006)

Tipo de Evento: **HISTÓRICO**

DAÑOS GENERALES: Terremoto de intensidad IX EMS. Más del 80% de los edificios de Málaga colapsaron o sufrieron importantes daños. Muchas de las poblaciones alrededor de Málaga sufrieron importantes daños en sus edificaciones (≥ VIII EMS). El terremoto fue sentido en localidades distantes como Granada (90 km), Córdoba (130 km) y Sevilla (155 km) con intensidad IV EMS. Si bien la mayoría de los documentos indican 70 víctimas mortales, esto parece ser solo en la ciudad de Málaga, puesto que la reciente revisión del terremoto realizada por Goded (2006) permite obtener el dato de 87 víctimas mortales. Se sintió fuertemente en Madrid, Toledo y hasta Valladolid, a más de 500 km del epicentro, con intensidades de IV y III EMS respectivamente.

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Los efectos secundarios corresponden mayoritariamente movimientos de ladera (SM), alrededor de la ciudad de Málaga, Valle del Guadalhorce y Sierra de Mijas, sobre un área total de c. 500 km² definidos por la zona de intensidad IX ESI-07. Se describen efectos secundarios de intensidad VIII ESI-07 en Colmenar (26 km) y Vélez-Málaga (44 km), pero estos son de carácter puntual ocurridos al NE de Málaga, e insuficientes para evaluar correctamente el área correspondiente a este nivel de intensidad. En cualquier caso, un área mínima algo superior a los 1.100 km² fue afectada por efectos secundarios significativos de intensidad ≥ VIII ESI-07, indicando una intensidad máxima epicentral IX ESI-07. Efectos moderados ocurrieron en zonas alejadas, como Cabra (76 km) y Sanlúcar la Mayor (156 km) ligados a niveles de intensidad ≥ VI ESI-07. 9 registros EEEs y 1 registro EAE.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☒ ***1 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Grandes grietas en materiales aluviales provocaron la desaparición temporal del río en Vélez-Málaga (44 km). Las descripciones originales indican que "*la tierra se abrió y tragó el río cercano al pueblo. Luego se volvió a cerrar con gran estrépito, arrojando las aguas con tal violencia que se elevaron más de 10 varas (unos 8,5 metros), por encima de las casas, cuyos tejados se desplomaron al caer las aguas de nuevo*". Esta descripción (quizá exagerada) indicaría la generación de grietas de dimensiones muy grandes capaces de hacer desaparecer las aguas del río Vélez (de curso permanente), o quizá indicarían la ocurrencia de otro tipo de efectos ligados con cuerpos de agua y con la antigua situación (próxima a la costa) de esta población en la época del terremoto (zona deltaica del Río Vélez).*
☒ ***5 Movimientos de Ladera (SM):*** *Múltiples caídas de bloques en materiales rocosos sueltos en laderas abruptas y cantiles del valle del Guadalhorce y Sierra de Mijas (22 km). En Cabra (Córdoba; 76 km) se describe un deslizamiento rotacional que produjo daños de carácter arqueosísmico (EAE).*
☐ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *No Registrados.*
☒ ***1 Anomalía Hidrológicas (1 HA):*** *En Sanlúcar la Mayor (Sevilla; 156 km), al menos cinco pozos sufrieron variaciones del nivel.*
☒ ***1 Oleaje Anómalo y Tsunamis (1 AW):*** *Oleaje anómalo en el puerto de Málaga; el oleaje levantó los barcos hasta 5 m. También se sintió en embarcaciones alejadas de la línea de costa. Efecto anteriormente catalogado como tsunami de 5 m de altura en el catálogo de tsunamis del IGN. Actualmente descatalogado.*
☐ ***Otros efectos:*** *No registrados.*
☒ ***1 Efectos Arqueosismológicos:*** *Aunque existen daños importantes en las poblaciones alrededor de Málaga y la ciudad misma sufrió daños en el 80% de las edificaciones, no hay descripciones con datos que puedan dar información para valorar orientaciones de daños. Solo en Cabra existen EAEs asociados a probables fenómenos de deslizamiento cosísmico (Peláez et al, 2011).*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Los efectos geológicos aparecen vagamente documentados en catálogos históricos existentes (Sánchez Navarro-Neumann, 1921; Galbis, 1932), así como en la reciente revisión macrosísmica del evento realizada por Goded (2006). A pesar de la localización epicentral en zona terrestre, las descripciones sobre oleaje anómalo (5 m) en el puerto de Málaga, los extraños efectos relacionados con el agua en la antigua localización costera de Vélez-Málaga y el percibimiento del terremoto por embarcaciones alejadas de la costa, permiten plantear la generación de algún tipo de EEE offshore. La ocurrencia de una ola tipo-tsunami generada por un deslizamiento submarino en una zona litoral próxima, entre Málaga y Vélez-Málaga, no puede descartarse. En cualquier caso, no existen estudios geológicos relacionados con este evento, y solo el trabajo de Peláez et al. (2011) aporta datos arqueosismológicos para la población de Cabra (Córdoba).* ***Calidad de la información Geológica: Clase B.***

Investigación / Compilación de la información: *Javier Lario (UNED). Actualizado en 2017.*

IMAGEN EVENTO



Torre semicircular y trozo de lienzo de muralla deslizados y detenidos sobre el talud en la población de Cabra (Córdoba) afectada por el terremoto de Málaga de 1680 AD (Peláez *et al.*, 2011)

HST 17480323: ESTUBENY (Valencia). 1748 AD — HISTÓRICO

FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
17480323*AD*	6:30	0°38' W	39°2' N	6,2 M*	IX	-	IX	B	B	A	Estubeny. V.

Método de datación:	CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Galbis (1932)							**Tipo Evento:**	HST
Prof. km -	**±EZ** -	**±EH-** -	**Mo**	-	**Eventos asociados**	RÉPLICAS		**Agencia:**	IGN
EEE Primarios	NO	**Longitud Falla**		-	**Desplazamiento**	-		**Tipo Desp.**	SIN DATOS
EEE Secundarios	SÍ	**Categoría ESI07**	☒GK ☒SM ☒LQ ☐HD ☐HA ☒WA ☐TS					**Área afectada:**	1000 km²
Otros EEE Ambientales	SÍ	☒ OTROS EFECTOS (OT): Colapsos kársticos entre las poblaciones de Anna y Chella (Las sísmicas), desagüe del aljibe del castillo de Montesa.							
EAE Efectos Arqueosismológicos	SÍ	☒ EAEs: Destrucción total de las poblaciones de Estubeny, Sellent y Montesa. Daños muy importantes en las poblaciones de Anna, Enguera y Vallada. Colapsos de muros y estructuras, daños parciales en torres y muros y agrietamientos importantes en iglesias y conventos de numerosas poblaciones (Chella, Xàtiva, Alzira, Navarres, Bocairent, Moixent) llegando a producir daños en poblaciones tan alejadas como Valencia y Xàbia.							

Documentación IGN 2002: 29, 160, 165, 166, 211, 273, 275, 280, 312, 335, 348, 405, 421, 426, 454, 504, 545, 556, 558, 571, 600, 623, 635, 1039, 1040, 1043, 1047, 1049, 1074

Referencias bibliográficas básicas:

Alberola Romá, A. (1999): Catástrofe, economía y acción política en la Valencia del siglo XVIII. Diputación de Valencia, 333 pp.

Ameno, Francisco Luis (impresor) (1748): Relaçao do formidauel, e lastimoso terremoto succedido no reino de Valença no dia 23 de Março deste presente anno de...

Carrasco, E.F. (1748): Relación puntual, circunstanciada de la ruinas, y estragos causados por los terremotos, que se sintieron en varias partes del Reyno de Valencia, los días 23 de marzo, y 2 de abril de 1748 .... Imprenta de Joshep Mathias Escribano.

Informe Malespina (1748): Archivo General de Simancas. Secretaría y Superintendencia de Hacienda, legajo 576, Extracto de lo que resulta de los Autos formados en razón de las aberiguaziones que de R.I.

Sarthou Carreres, C. (1937): Datos para la Historia de Játiva. Tomo 2. (páginas 193-219.)

Giner-Robles, J.L. *et al.* (2014): Efectos geológicos y arqueológicos producidos por el terremoto de Estubeny de 1748 AD (SE España). Resúmenes 2ª Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, IBERFAULT II. Lorca, España. Octubre, 2014.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 17480323 Estubeny. V	0°38' W	39°2' N	6.2 M*	IX	-	IX	A	**Eastern Betic Cordillera (Zone 37)**

EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Alberola (1999), Informe Malespina (1748), Giner-Robles *et al.* (2014).	**Event Type:**	**HISTORIC**

GENERAL DAMAGE: Extensive damage to buildings, churches and castles, with almost total destruction of Montesa and towns located in the epicentral area (Estubeny, Sellent). Extensive damage in all types of buildings in Anna, Enguera, Xàtiva and Vallada. A total of 38 deaths was recorded. Part of a seismic series that lasted more than 9 months, which included major aftershocks: intensity VII-VIII EMS on 2th April, and intensity IV-V 3th and 8th April. The main event, which occurred on 23th March, 1748 was felt with intensity IX EMS Estubeny, Sellent and Montesa; EMS VIII in Anna, Enguera, Chella, Anahuir, Cerdá and Llaneras, among others; and VII-VIII EMS Vallés, Rotgla i Corberá, Novetlé, Navarrés, Xàtiva, among other locations. It was felt in such distant locations as Jalance (42 km), Almansa (44 km), Valencia (intensity V, 53 km), Alicante (75 km), Orihuela (intensity VI, 109 km) and Cartagena (159 km).

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Environmental damage by secondary effects over an area of 1000 km² included within the isoseismal zone VII EMS, affecting to the localities of Estubeny, Sellent, Anna, Chella, Enguera, Montesa and Xàtiva. Although most of the described effects (ESI ≥ VIII-07) are included in an area of 350 km². More severe geological effects indicate an intensity XI ESI-07 covering an area of about 10 km² in the valley between the towns of Estubeny and Sellent, encompassing the epicenter inventoried by IGN. 21 EEE records for secondary effects and 16 EAE records.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☒ ***7 Ground cracks (GK):*** *Ground Cracks in alluvial materials of decametric length and decimetric width in Enguera (6 km), major cracks in Triassic materials and travertine levels in Anna, Estubeny and Sellent Valley, some with several hundred meters long and decimetric or metric openings. City Sellent was so affected by the cracks that thought change location.*
☒ ***8 Slope movements (SM):*** *Multiple rockfalls in compact rock materials on steep slopes in the valley of Sellent (between Estubeny and Sellent), with significant levels of travertine slides. Major landslides in the Sierra de Vernisa affecting the city of Xàtiva. Minor landslides in the town of Montesa.*
☒ ***2 Liquefaction processes (LQ):*** *Liquefaction associated whit rockfalls impact in the Sellent valley and possible local liquefactions in the city of Xàtiva (11 km).*
☐ ***Hydrogeological anomalies (HD; HA):*** *No Reported.*
☒ ***2 Anomalous waves and tsunamis (2 WA):*** *In the bay area of Xàbia (Jávea, Alicante) the sinking of a fishing boat by the waves induced by the earthquake is documented.*
☒ ***2 Other effects:*** *Possible karst subsidence between populations Chella and Anna (1.7 km) and disappearance of water from one of the tanks of the castle of Montesa appeared without cracks or breaks in its structure (9 km).*
☒ ***16 Archaeoseismic damage:*** *Almost total collapse of populations Estubeny, Sellent and Montesa. Fenced serious damage (church), Xàtiva (Seo and castle) and Enguera (Church).*

☒ ***Geological Data:*** *Earthquake environmental effects identified from the descriptions of the Malespina Report (1748), the earthquake review performed by Alberola (1999) and its recent field review by Giner-Robles et al. (2014). There is any previous geological study on this earthquake.* ***Quality of Geological Information: Class A.***

Research / Data compilation by: *J.L. Giner Robles (UAM), A. Alberola Romá (UA), P.G. Silva (USAL). Updated 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 17480323 Estubeny. V	0°38' W	39°2' N	6,2 M*	IX	-	IX	A	**Prebético externo levantino (Zona 37)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN Ref.: Alberola (1999), Informe Malespina (1748), Giner-Robles *et al.* (2014).	**Tipo de Evento**	**HISTÓRICO**

DAÑOS GENERALES: Daños muy importantes en edificaciones, iglesias y castillos, con destrucción casi total de Montesa y de poblaciones situadas en la zona epicentral (Estubeny, Sellent). Daños muy importantes en todo tipo de edificios en Anna, Enguera, Xàtiva y Vallada. Se consignó un total de 38 víctimas mortales. Forma parte de una serie sísmica que duró más de 9 meses, que incluyó importantes réplicas: de intensidad VII-VIII EMS el 2 de abril, y de intensidad IV-V el 3 y el 8 de abril. El evento principal, ocurrido el 23 de marzo de 1748 fue sentido con intensidad IX EMS en Estubeny, Sellent y Montesa; VIII EMS en Anna, Enguera, Chella, Anahuir, Cerdá y Llaneras, entre otros; y VII-VIII EMS en Vallés, Rotgla i Corberá, Novetlé, Navarrés, Xàtiva, entre otras poblaciones. Fue sentido en localidades tan distantes como Jalance (42 km), Almansa (44 km), Valencia (intensidad V, 53 km), Alicante (75 km), Orihuela (intensidad VI,109 km) y Cartagena (159 km).

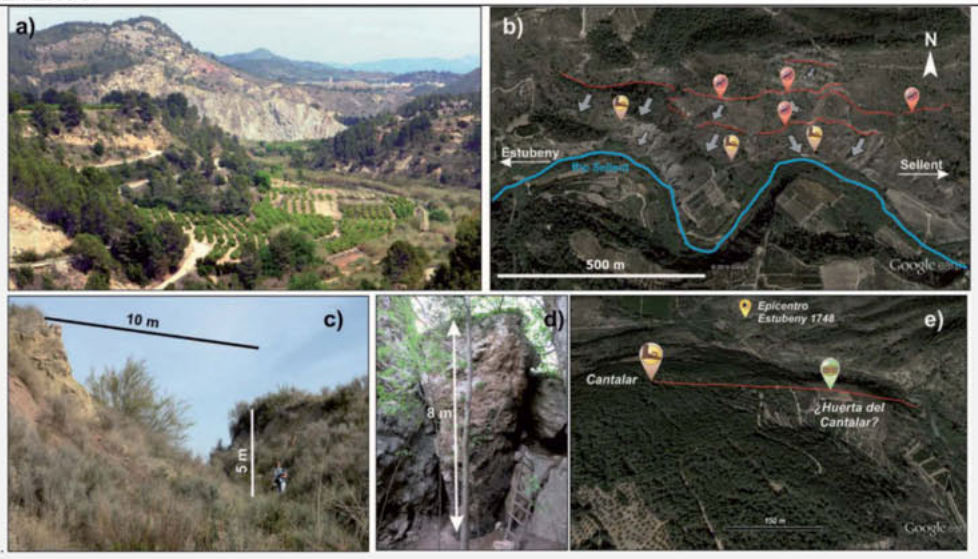
DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Los daños ambientales por efectos secundarios abarcan un área de 1000 km² incluida dentro de la isosista de intensidad VII afectando a las localidades de Estubeny, Sellent, Anna, Chella, Enguera, Montesa, Xàtiva. Aunque la mayor parte de los efectos descritos (ESI-07 ≥ VIII) están comprendidos en un área de 350 km². Los efectos geológicos más severos indican una intensidad XI ESI-07 cubriendo un área de aproximadamente 10 km² en el valle el Sellent entre las poblaciones de Estubeny y Sellent, englobando la localización del epicentro inventariada por el IGN. 21 registros EEE (efectos secundarios) y 16 registros EAE.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☒ ***7 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Grietas en materiales aluviales de longitud decamétrica y anchura decimétrica en Enguera (6 km), importantes agrietamientos del terreno en materiales del Triásico y en niveles de travertinos en Anna, Estubeny y Valle del Sellent, algunas de ellas con varios cientos de metros de longitud y aperturas decimétricas y métricas. La ciudad de Sellent quedó tan afectada por las grietas que se pensó en cambiarla de ubicación.*
☒ ***8 Movimientos de ladera (SM):*** *Múltiples caídas de rocas en materiales rocosos compactos en laderas abruptas en el valle del Sellent (entre Estubeny y Sellent), con importantes deslizamientos de niveles de travertinos. Importantes desprendimientos en la Sierra de Vernisa que afectaron a la ciudad de Xàtiva. Desprendimientos de menor importancia en la población de Montesa.*
☒ ***2 Procesos de licuefacción (LQ):*** *Licuefacciones asociadas a impactos de bloques desprendidos en el valle del Sellent y posibles licuefacciones locales en la ciudad de Xàtiva (11 km).*
☐ ***Anomalías Hidrogeológicas (HD; HA):*** *No Registradas.*
☒ ***2 Oleaje Anómalo y Tsunamis (2 WA):*** *Desaparición del agua del río Sellent como consecuencia del agrietamiento del cauce. En la zona de la bahía de Xàbia (Jávea, Alicante) se documenta el hundimiento de una barca de pescadores por el oleaje inducido por el terremoto.*
☒ ***2 Otros efectos:*** *Posibles hundimientos kársticos entre las poblaciones de Chella y Anna (1,7 km) y desaparición del agua de una de las cisternas del castillo-convento de Montesa sin que aparecieran grietas o roturas en su estructura (9 km).*
☒ ***16 Efectos arqueosismológicos:*** *Colapso casi total de las poblaciones de Estubeny, Sellent y Montesa. Graves daños en Vallada (iglesia), Xàtiva (Seo y Castillo) y Enguera (Iglesia).*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Los efectos documentados se identifican en el informe Malespina (1748), en la posterior revisión del terremoto realizada por Alberola (1999) y su reciente revisión de campo (Giner-Robles et al., 2014). No existe ningún trabajo geológico anterior sobre el mismo.* ***Calidad de la Información Geológica: Clase A.***

Investigación / Compilación de la información: *J. L. Giner Robles (UAM), A. Alberola Romá (UA), P.G. Silva (USAL). Actualizado 2017.*

IMAGEN EVENTO

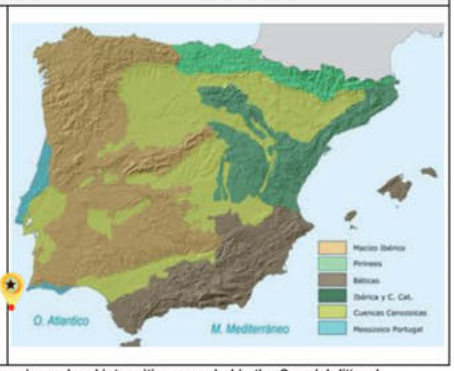


Diferentes imágenes de los efectos inventariados en el valle del río Sellent (zona de intensidad máxima, IX ESI). a) vista del valle desde el oeste; b) Grietas, desprendimientos y deslizamientos inventariados; c) aspecto de una de las grietas en la zona del valle y (d) en la zona de Estubeny; e) desprendimientos y licuefacción por impacto en la zona oeste del valle (Cantalar).

HST 17551101: SW. CABO SAN VICENTE. (Océano Atlántico) 1755 AD											HISTÓRICO	
FECHA AMD	**HORA Y MIN.**	**LONGITUD**	**LATITUD**	**MAG (Mw/Ms/M*)**	**EMS 98**	**MSK 64**	**ESI 07**	**Q_e**	**Q_i**	**Q_g**	**LOCALIZACIÓN TERREMOTO**	
17551101*AD*	10:16	10°00'O	36°30' N	8,5 M*	XI-XII(1)	XII(1)	XI(1)	D	A	A	**SW. Cabo San Vicente. Océano Atlántico**	
Método de datación:		CATALOGADO Ref. Bib.: Galbis (1932; 1940); Martínez Solares (2001); Martínez Solares y López Arroyo (2004)									**Tipo Evento:**	HST
Prof. km	20-40 km	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**Mo**	5,75 x 10^{21} Nm	**Eventos asociados**		RÉPLICAS	**Agencia:**	IGN
EEE Primarios		NO		**Longitud Falla**		≥ 180 km*		**Desplazamiento**		≥ 10 m*	**Tipo Desp.:**	Subducción
EEE Secundarios		SÍ		**Categoría ESI07**		☒GK ☒SM ☒LQ ☒HD ☒HA ☒WA ☒TS					**Área afectada:**	102.000 km²
Otros EEE Ambientales		SÍ		☒ OTROS EFECTOS (OT): Registro de ondas de largo período y oleaje anómalo en cuerpos de agua en campo lejano (NE Europa). Percepción de ondas sobre la superficie terrestre (Valle del Guadalquivir). Agitación de la vegetación. Visualización de efectos luminosos. Alteración del vino por efecto de la vibración. Comportamiento anómalo en la fauna.								
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ		☒ EAEs: Se registran numerosos EAEs en edificios monumentales de todo el sector occidental del territorio español (Andalucía, Extremadura, Castilla y León y Galicia) y en el valle del Guadalquivir (Sevilla y Córdoba) afectando fundamentalmente a iglesias y catedrales (p.ej. Sevilla, Carmona, Córdoba, Andújar, Coria, Salamanca, Tuy, etc.).								
Documentación IGN 2002:		2, 3, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20,21, 22, 23, 38, 53, 56, 59, 60, 67, 87, 119, 129, 131, 137, 142, 160, 165, 166, 173, 205, 207, 215, 243, 254, 255, 256, 260, 261, 263, 269, 273, 275, 278, 279, 280, 286, 291, 292, 299, 301, 302, 305, 306, 307, 309, 311, 312, 314, 317, 318, 325, 335, 345, 347, 348, 350, 360, 366, 405, 407, 426, 427, 431, 436, 439, 449, 453, 454, 455, 479, 482, 496, 504, 515, 516, 522, 528, 529, 563, 570, 571, 583, 598, 618, 619, 620, 623, 628, 631, 632, 633, 635, 636, 640, 646, 662, 663, 681, 682, 683, 685, 686, 687, 693, 695, 697, 698, 699, 700 a 720, 734, 746, 754, 755 a 764, 769, 776, 777, 787, 789, 791, 796, 799, 822, 1001 a 1019, 1021 a 1041, 1043, 1055, 1056, 1062, 1068, 1072, 1073, 1074, 1076.										

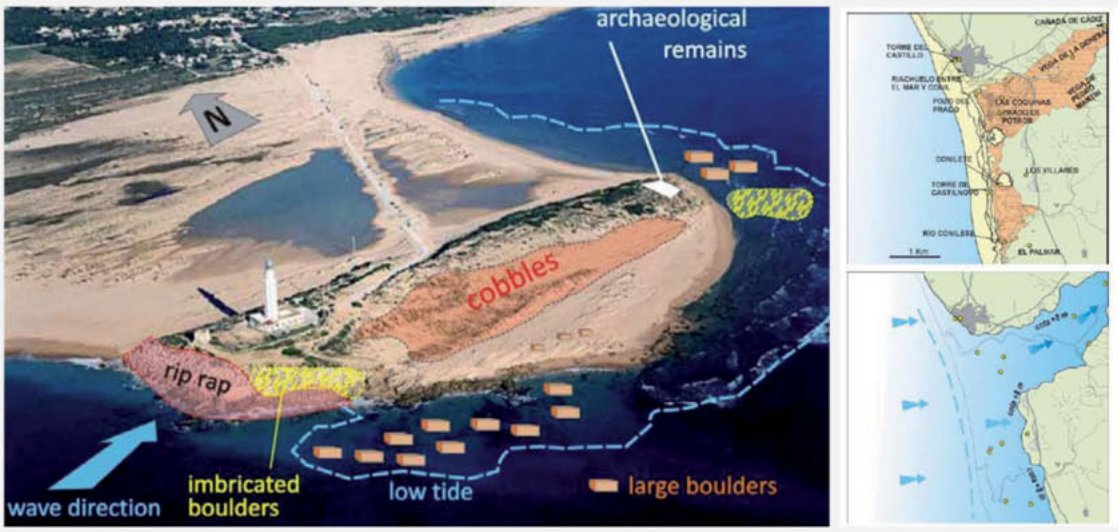
Referencias bibliográficas básicas:

Baptista, M. *et al.*, (2003): New study of the 1755 earthquake source based on multi-channel seismic survey data and tsunami modeling. Natural Hazards and Earth System Science, 3 (5), 333-340.
Galbis, J. (1932; 1940): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5° E y 20° W de Greenwich y los paralelos 45° y 25° Norte, Tomos I y II. Inst. Geográfico Catastral y de Estadística, Madrid.
Gómez Diego, P.V. (2016): Análisis Geomático y Catalogación de los Efectos Geológicos y ambientales del terremoto de Lisboa de 1755 AD. Trabajo Fin de Grado Geomática y Topografía, USAL. 319 pp.
Gutscher, M.A. *et al.* (2006): Constraints on a shallow east dipping fault plane source for the 1755 Lisbon earthquake provided by tsunami modeling and seismic intensity (part 2). Tectonophysics, 426, 153–166.
Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa (1 de noviembre de 1755). Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.
Martínez Solares J.M., López Arroyo, A. (2004): The great historical 1755 earthquake, effects and damage in Spain. Journal of Seismology, 8, 275-294.
Mendes-Victor, L. *et al.* (2010). The 1755 Lisbon Earthquake: Revisited. Springer., Berlin, Germany. 597 pp.
Santos, A., Koshimura, S. (2015). The Historical Review of the 1755 Lisbon Tsunami. Journal of Geodesy and Geomatics Engineering, 1. 38-52.
Zitellini, N. *et al.* (2001): Source of 1755 Lisbon earthquake and tsunami investigated. EOS Trans. American Geophysical Union, 82 (26), 285-289.



(1) *Intensity data for these different macroseismic scales refers to Maximum Epicentral Intensities, no to the maximum local intensities recorded in the Spanish littoral.*

IMAGEN EVENTO



Características de los Depósitos de Oleaje Extremo (EWE Deposits) atribuidos por varios autores al Tsunami de Lisboa en el Cabo de Trafalgar (Cádiz). From Cabero *et al.* (2009): Geomorphic setting and 1755 Tsunami deposits at Cape Trafalgar In: (Lario *et al.* Eds., 2009) *"Paleoseismicity and Quaternary Tectonics in the Gibraltar Strait (Betic Cordillera, South Spain)"*. Filed Trip Guide-Book 1st INQUA-IGCP 567 Workshop, *Baelo Claudia* (Cádiz). IGME-AEQUA, Madrid, pp. 74 – 86.

EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 17551101 SW San Vicente Cape, AT.O	10º00' W	36º30' N	8.5 M*	XI-XII	XII	XI	A	**Atlantic Ocean; Gorringe Bank (Zone 50)**
EVENT CATALOGUED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Galbis (1932, 1940); Martínez Solares (2001); Martínez Solares and López Arroyo (2004)								**Event Type:** **HISTORIC**

GENERAL DAMAGE: The largest earthquake affecting to the Iberian Peninsula. Damage affecting an area of 100,000 km² (≥ VI EMS), with an estimated maximum local intensity of VIII EMS (IX MSK) in the littoral of Huelva at epicentral distances of 250 -350 km. The maximum epicentral intensity is estimated in XI-XII EMS. In Spain, maximum damage was recorded in the province of Huelva, with 66 deaths caused by the earthquake and about 1214 victims along the Spanish littoral of the Gulf of Cádiz (Huelva to Cádiz) produced by subsequent tsunami waves. Major damage concentrated in the Atlantic coast of SW Portugal with main impact at the Algarve region and Lisbon. In Portugal caused about 12000 deaths, 10000 of them by the catastrophic destruction and inundation of the City of Lisbon. Tsunami waves also reached the Atlantic coast of Morocco and the Canary Islands and were recorded by tide-gauges and anomalous at the other side of the Atlantic ocean in México, Brazil, Barbados and the Caribbean Sea about 8-9 hours later. The total amount of victims caused by this earthquake-Tsunami event was about 15000 and 20000, concentrated in the littoral areas of Portugal, Morocco and Spain. Economic losses have been evaluated in a total amount of about 536k M€ (Martínez Solares and López Arroyo, 2004). The earthquake was felt in an area of about $10x10^6$ km², with secondary effects (long-period standing waves and anomalous waves) at far away localities (c. 2400 km away) such as Berlin and Hamburg in Northern Europe. South England and The Netherlands as reported in the volumes of the Phil. Trans. Royal Society of London of 1755 and 1756.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Environmental damage by secondary effects over an area of c. $600x10^3$ km² (whole Iberian Peninsula) for the hydrological (HA) and hydrogeological (HD) anomalies; $35x10^3$ km² for landslides (SM); and about $10x10^3$ km² for liquefaction processes (LQ) and significant ground cracking processes (GK). About 2000 km of shoreline was affected by large tsunami waves in the Spanish littoral between Huelva (10-11 m high) and Gibraltar (3-5 m high). Most relevant EEEs occurred within the intensity zones ≥ VII EMS in an area of about 23.500 km² in the provinces of Huelva, Sevilla, Cádiz and Córdoba. EEE records based on tsunami waves allow to estimate a preliminary maximum local intensity X ESI-07 in Huelva and VIII ESI-07 in the Cádiz-Tarifa zone. On the other hand, the areal extension of significant secondary effects (>$10x10^3$ km²) indicate a maximum epicentral intensity of XI ESI-07. In this 2nd Edition of the Catalogue has been only compiled the data extracted from Martínez Solares (2001), but numerous geological data are available from recent tsunami and earthquake research (will be updated in following editions).

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *Offshore rupture hundreds kilometres length of the sea floor has been proposed by several authors in the different seismic sources considered for this event (Gorringe Bank; Marqués de Pombal Fault; Gulf of Cádiz subduction), but no conclusive geological evidence to the date.*

☒ ***1 Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *Evidence of coseismic subsidence at the Montegordo Beach (Portugal), near the town of Ayamonte (Spain). The epoch report said: "The sea-level seems very high in this beach since 1st November, the ground seems to be moved in this place, no recognizable and lower". The description indicate probable local, but noticeable tectonic subsidence. Impossible to quantify due to the lack of more detailed data, but maybe of metric scale.*

☒ ***15 Ground cracks (GK):*** *Significant to noticeable ground cracking was observed between 200 and 300 km of epicentral distance along the littoral of Huelva at nine localities, within the intensity zones VII and VIII EMS. The larger ones of centimetric width, metric-decametric length and very deep were recorded at La Antilla beach zone in Lepe (264 km away). Centimetre-scale ground cracks were observed at far away localities such as Arcos de la Frontera (Cádiz) 377 km away, Luque and Cañete de las Torres (Córdoba) 523 km away or even Cartagena (Murcia) 812 km away.*

☒ ***18 Slope movements (SM):*** *Environmental damage in an area of $35x10^3$ km² for landslides. Scattered rock falls and minor earth avalanches mainly occurred in Andalucía (11 records), especially in the mountain zones of Cádiz and Jaén, (along the Betic front area) located at 350 -650 km of epicentral distance, where the intensity was felt with an intensity of VI-VII EMS. However, large rockfalls where recorded at locations located as far as 770 km in Albacete (Argamón, Tolmo de Minateda) where slope vulnerability was important. Only and isolated large-scale (> 5 km²) landslide event was recorded during this event in Spain. This corresponds with the locality of Güevéjar (Granada) located at 578 km of epicentral distance, where the earthquake was felt with an intensity of V-VI EMS. The landslides was and slow-moving event damaging the ancient village of Güevéjar, and destroying about the 93% of the buildings of the village (63 of 70 existing houses were destroyed). Landslide occurred about 20-24 hours after the main shock and a large ground crack of 2.5 m wide and 3-4 m depth was generated in the landslide head. The marly nature and steep slope on which the city was this locality founded favoured site effect. The landslide was catastrophically reactivated during the Arenas del Rey 1884 AD earthquake triggering the complete destruction of the village, which was to be rebuilt in other different zone.*

☒ ***19 Liquefaction processes (LQ):*** *Environmental damage for liquefaction processes occurred in an area about 10,000 km². Liquefaction processes (at least 12 records) where widely observed along the Huelva coastal zone, the Doñana Marshlands and the Lower Guadalquivir valley (around, Coria, Sevilla, Brenes, etc.), between 250 and 350 km of epicentral distance, where the earthquake was felt with an intensity of VII-VIII EMS (Huelva coast) or VII (Guadalquivir and Doñana). In most of the cases, liquefaction originated sand volcanoes and open craterlets of few meters of diameter and in some points, large open ground cracks triggered the ejection of water and sands linked to lateral-spreading processes. In Huelva (Cartuja Convent) explosive liquefaction occurred with the occurrence of water fountains about 7 metres high (c. eight "varas").*

☒ ***370 Hydrogeological anomalies (153 HD; 217 HA):*** *Hydrological anomalies were observed in the whole Iberian peninsula (c. $600x10^3$ km²). Changes in the water-level of wells (75 records) were reported for ¾ parts of Spain at epicentral distances between 260 and 925 km. In 81% of the cases the effects consisted in the elevation of the water-table, in few cases accompanied by turbidity of water. The maximum frequency of this hydrological anomaly is associated with the VI EMS intensity zone. Hydrogeological anomalies in springs were widely observed in the whole Spain, even at very far away zones (1270 km of epicentral distance), where the earthquake was not felt (Pyrenees). The most observed effect was the turbidity of water (83 records) in about the 60% of the cases, always in intensity zones ≤ VI EMS Intensity. Increases and decreases in spring flow-rates (88 records) was observed in about the 35 % of the cases, concentrated in the V to VII EMS Intensity zones. The rest 5% of the cases were associated with drying of springs (24 records), concentrated in the VI and VII EMS Intensity zones.*

☒ ***191 Anomalous waves and tsunamis (125 AW; 66 TS):*** *Large Tsunami event, with at least five relevant tsunami waves travelling between 735 and 300 km/h (decreasing with the distance) with minimum wave lengths of 25-50 km. In the Cabo de San Vicente, nearest terrestrial point to the macroseismic epicentre (110 km away), the height of the first wave reached 15 m. In the Spanish coast the tsunami waves reached heights between 11-9 m (Ayamonte -Huelva) and 3-5 m (Cádiz) causing significant destruction along the coast. About 2000 km of shoreline affected by large tsunami waves between Huelva and Gibraltar. 5 localities affected by the tsunami in the province of Huelva and 15 localities in Cádiz. Important environmental effects occurred in the estuarine areas of the zone, with the record of the breaching of spit bars (Punta Umbría, El Rompido, Valdelagrana), generation of washover fans, an large inundated zones even 9-10 km inland. The tsunami didn't trespass the Gibraltar Strait and the last locality with relevant tsunami damage is Conil de la Frontera (about 350 km away). In the Canary Islands, the effects of the tsunami were recorded in Fuerteventura, Lanzarote, Las Palmas de Gran Canaria and Santa Cruz de Tenerife. There are documentary record of tsunamis and/or anomalous sea-waves for 37 Spanish localities, mostly in the Atlantic coastal of the Gulf of Cádiz, but also in Canary Islands, Galicia and several localities in the Cantabrian Sea. The IGN Tsunami Catalogue assigns a Grade 6 (Ambraseys scale; Disastrous) to this event. Alteration of rivers (waves, flow and turbidity) was observed in most of the Spanish territory. Anomalous waves (47 records) and variations in the flow-rate (26 records), accompanied by turbidity in 15 of the cases, were the most observed effects, especially in the large Iberian rivers, such as the Guadiana, Guadalquivir, Duero, Tajo and Miño, but concentrated in the Guadalquivir basin. Overflows in river courses were the most numerous effect within the Guadalquivir river basin downstream Córdoba.*

☒ ***> 350 Other effects:*** *Long period waves on standing waters were recorded at several thousands of kilometres of epicentral distance as far as the River Aurasoki (Finland), Portsmouth (England), The Hague, Amsterdam, Utrecht (Netherlands), Hamburg, Berlin (Germany) and several large lakes in the Swiss Alps (Lemans, Geneve). 29 records were observed in Spain, mostly in Central Castilla (Segovia and Ávila provinces), but also in Cataluña, 1200 km away (Pyrenees zone) where the earthquake was not felt. Perception of an underground noise occurred almost simultaneously to ground shacking in 285 locations covering the whole of mainland Spain, except the north and northeast zones. Perception of ground waving at Andújar and Bailén (Jaén). Anomalous tree shaking observed in the Guadalquivir valley. Luminous effects were observed in the sky (33 records) 5 hours before the earthquake, along western sector of Spain, interpreted as the possible occurrence of a comet or meteor passing through the atmosphere. Alteration of wine (changes in colour and substance) caused by ground shaking in some villages of La Mancha (3 records). Perception of unusual behaviour in animals from the previous day until a few minutes before the earthquake.*

☒ ***> 350 Archaeoseismic damage:*** *Record of numerous EAEs in monumental buildings and churches (> 350 records) over the entire western sector of Spain (Andalucía, Extremadura, Castilla y León, Galicia) and in the Guadalquivir valley (Sevilla, Carmona, Córdoba). Many churches and cathedrals suffered damage ≥ VII EMS, such as in Sevilla, Carmona, Córdoba, Andújar, Coria, Salamanca, Tuy, etc. Some of these sites (i.e. Sevilla and Coria) have been subject of archeoseismological analyses on oriented damage, but are not included in this second edition of the catalogue.*

☒ ***Geological Data:*** *Event extensively documented, in both vintage documents and recent studies. Martínez Solares (2001) presents an important synthesis which provides extensive data and analysis of the natural effects triggered by the earthquake and tsunami under the light of the EMS-98 Intensity scale, and constitutes the basis for the initial cataloguing of earthquake environmental effects (EEEs) sumarized in this file. The Lisbon Earthquake-Tsunami is considered to be generated around the Gorringe Bank (Atlantic Ocean) by the rupture of a reverse fault segment of about 180 – 200 km length (Marqués de Pombal Fault or Horseshoe Fault), with an estimated minimum slip of 10 m, considering the event as a subduction zone-like earthquake (Zitellini* et al., *2001). However later modeling of the tsunami event indicated that a single source was not enough to explain intensity distribution and tsunami damage, and a composite source including the Marqués de Pombal Fault and the Gorringe Bank has to be considered (Baptista* et al., *2003). Similar results are obtained by Gómez-Diego (2016) by means of the obtention of ShakeMaps for this event based in ESI-07 intensity data and empirical relationships for subduction zone events. This author consider a composite triple seismic source, including the Gulf of Cádiz zone, with a total rupture length of c. 700 km and a maximum magnitude of 9.0 Mw as the minimum dimensions to obtain a seismic scenario matching with the existing intensity data. Recent geological studies identify tsunamites, turbidites and geological anomalies produced by this event in offshore and onshore analysis carried out along the coastal zones of Portugal, SW Spain and the Gulf of Cádiz. Some specific onshore analysis has been developed for the most relevant slope movements (Güevéjar, Granada), but there is an overall lack of geological analysis of the other EEEs included in this summary-file. Only the work of Gómez-Diego (2016) accomplishes the classification of EEEs described in Martínez Solares (2001) using the ESI-07 Scale.* ***Quality of Geological Information: Class A.***

Research / Data compilation by: *Pablo. G. Silva (USAL), Pedro V. Gómez-Diego (USAL), Begoña Bautista (USAL). Updated and extended 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 17551101 SW Cabo de San Vicente, O.AT.	10º00' O	36º30' N	8,5 M*	XI-XII	XII	XI	A	**Océano Atlántico; Banco de Gorringe (Zona 50)**
EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN. Ref.: Galbis (1932, 1940); Martínez Solares (2001); Martínez Solares y López Arroyo (2004)								**Tipo de Evento** / **HISTÓRICO**

DAÑOS GENERALES: El Terremoto-Tsunami de Lisboa es el mayor terremoto que ha afectado a la Península Ibérica que se encuentre documentado históricamente. El área afectada con daños de mayor o menor importancia fue de unos 100.000 km² (≥ VI EMS), y la intensidad local máxima se registró en el litoral de Huelva con un valor de VIII EMS (IX MSK) a distancias epicentrales de 250-300 km. La intensidad epicentral máxima se estima en XI-XII EMS. El terremoto se sintió con una intensidad máxima de VIII EMS a lo largo de la costa de Huelva, donde causó 66 muertes, y aproximadamente1.214 víctimas como consecuencia del tsunami a lo largo del Golfo de Cádiz (desde Huelva a Tarifa). Los mayores daños se concentraron en la costa atlántica de Portugal, con mayor impacto en la región del Algarve y Lisboa. En Portugal causó unas 12.000 muertes, 10.000 de ellas por la destrucción catastrófica e inundación de Lisboa. Los efectos del tsunami también llegaron a la costa atlántica de Marruecos e Islas Canarias, y fueron registrados por los mareógrafos al otro lado del Atlántico (México y Brasil), aproximadamente entre 8-9 h más tarde. La cantidad total de víctimas mortales causadas por el terremoto y el posterior tsunami ascenderían a entre 15.000 y 20.000 personas, concentradas en el litoral de Portugal, Marruecos y España. Las pérdidas económicas se han evaluado en un importe total de alrededor de 536k M€ (Martínez Solares y López Arroyo, 2004). El terremoto fue sentido en una extensa área de c.10x106km², con efectos secundarios (ondas de largo periodo y oleaje anómalo) en localidades lejanas (c.2400 km) situadas en el norte de Europa y el Mar del Caribe (Barbados), tales como Finlandia, Hamburgo, Berlín, Sur de Inglaterra, como queda reflejado en los volúmenes de 1755 y 1756 de las Phil. Transc. De la Royal Society of London recopilados en el volumen X de Hutton *et al.* (1809).

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Los daños ambientales producidos por los efectos secundarios abarcaron una superficie de c. 600x10³ km² (la totalidad de la Península Ibérica) para las anomalías hidrológicas (HA) e hidrogeológicas (HD); el área afectada por procesos de ladera (SM) fue de 35x10³ km²; y en un área de aproximadamente 10x10³ km² se registraron procesos de licuefacción (LQ) y agrietamiento del terreno (GK) significativos. Cerca de 2.000 kilómetros de costa resultaron afectados por las grandes olas del tsunami entre Huelva (10-11 m) y el Arco de Gibraltar (3-5 m). Los EEEs más relevantes se produjeron en las zonas de intensidad ≥ VII EMS, en un área de c. 23.500 km², afectando a las provincias de Huelva, Sevilla, Cádiz y Córdoba principalmente. Los registros EEEs del tsunami permiten estimar una intensidad local máxima preliminar de X ESI-07 para la zona de Huelva, y de VIII ESI-07 para la zona de Cádiz-Cabo de Trafalgar. Por otro lado, la extensión de la zona máxima afectada por efectos ambientales significativos (>10x10³ km²) permite asignar una intensidad máxima epicentral de XI ESI-07. En esta 2ª Edición del Catálogo solo se han incluido los datos extraídos de la obra de Martínez Solares (2001) completándose 673 EEEs. De ellos se han catalogado y analizado 49 de los más representativos, pero existen ya numerosos datos geológicos que se incluirán en posteriores ediciones.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *La ruptura mar adentro a lo largo de cientos de kilómetros del fondo marino ha sido propuesta por varios autores en las distintas fuentes sísmicas consideradas para este evento (Gorringe Bank, falla del Marqués de Pombal, subducción del Golfo de Cádiz), pero no hay evidencia geológica concluyente hasta la fecha.*

☒ ***1 Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *Existen indicios de subsidencia cosísmica en la playa de Montegordo (Portugal), cercana a la localidad de Ayamonte (España). En el informe remitido desde esa localidad se dice "*que la mar se halla muy alta, o con más agua desde el día primero a acá, y que la tierra les parece se ha amudado, y está desconocida, y más baja*", parece pues un posible efecto de subsidencia que no se puede cuantificar debido a la falta de datos o detalles.*

☒ ***15 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Existen 15 registros de agrietamientos del terreno significativos entre 200 y 300 km de distancia epicentral a lo largo del litoral de Huelva, donde se sintió el terremoto con una intensidad de VII-VIII EMS. Los más importantes, de anchura centimétrica, longitud mètrica-decamétrica y de gran profundidad, se registraron en la zona playa de La Antilla en Lepe (264 km). Agrietamientos milimétricos y centimétricos se registraron en lugares lejanos al epicentro como en Arcos de la Frontera (Cádiz) a 377 km de distancia epicentral, Luque y Cañete de las Torres (Córdoba) (523 km), Murcia (802 km) o Cartagena (Murcia) (812 km).*

☒ ***18 Movimientos de ladera (SM):*** *Se produjeron procesos de ladera en un área de 35x10³ km². Desprendimientos de rocas y avalanchas de tierra de menor importancia se produjeron principalmente en Andalucía (11 registros), especialmente en las zonas montañosas de Cádiz (350 km) y Jaén (650 km), donde se sintió con una intensidad de VI-VII EMS. Se documentan caídas de grandes bloques en Albacete (Argamón, Tolmo de Minateda) a unos 770 km de distancia, donde la vulnerabilidad de las laderas era significativa. Se documenta un único gran deslizamiento (>5 km²) asociado a este evento en España. Sucedió en la localidad de Güevéjar (Granada), ubicada a 578 km de distancia epicentral, donde el terremoto se sintió con una intensidad de V-VI EMS. El deslizamiento de movimiento lento, pero continuo, afectó gravemente a la antigua localidad de Güevéjar, con la destrucción de aproximadamente el 93% de sus edificios (63 de las 70 casas existentes fueron destruidas). El deslizamiento se produjo entre 20 y 24 h después del sismo principal, generando una gran grieta en la cabecera del deslizamiento de 2,5 m de ancho y 3-4 m de profundidad. La naturaleza margosa y fuerte pendiente sobre la que se localizaba la antigua población favorecieron el efecto sitio. El deslizamiento se reactivaría catastróficamente durante el terremoto de Arenas del Rey de 1884 AD destruyendo enteramente la ciudad que tuvo que ser reconstruida en otro lugar.*

☒ ***19 Procesos de licuefacción (LQ):*** *Se observaron procesos de licuefacción en un área de aproximadamente 10x10³ km². Numerosos procesos de licuefacción relevantes (mínimo 12 registros) en el litoral de Huelva, zona de Doñana y el valle del Guadalquivir en la provincia de Sevilla, entre 250 y 350 km de distancia epicentral, donde se registró intensidad VII-VIII EMS (costa de Huelva) o VI-VII EMS (Guadalquivir y Doñana). Los más importantes originaron volcanes de arena y cráteres abiertos de varios metros de diámetro y, en algunos puntos, se abrieron grandes grietas en el terreno por las que manaban aguas y lodos. En el Convento de La Cartuja (Huelva) tuvieron lugar procesos de licuefacción explosivos, dando lugar a la generación de columnas de agua de hasta unos 7 metros de altura (c. ocho varas) que eyectaron lodo, agua y arena en gran cantidad.*

Continúa...

☒ ***370 Anomalías Hidrogeológicas (153 HD; 217 HA):*** *Se observaron anomalías hidrológicas en todo el territorio peninsular (c. 600x10³ km²). Se registraron cambios en el nivel del agua de los pozos (al menos 75 registros) en las¾ partes de nuestro territorio a distancias epicentrales de entre 260 y 925 km. En el 81% de los casos, los efectos consistieron en el aumento del nivel freático, en algunos casos acompañados por turbidez del agua. La máxima frecuencia de este tipo de anomalías hidrológicas se concentra en la zona de intensidad VI EMS. Las alteraciones en fuentes y manantiales también afectaron a todo el territorio, incluso en zonas muy alejadas del epicentro (campo lejano) a unos 1.300 km (Pirineos), donde el terremoto no se había sentido. Los efectos más abundantes fueron los procesos de turbidez del agua (83 registros; aprox. el 60% de los casos), todos ellos en zonas de intensidad inferior a VI EMS. Se observó variación en el caudal de manantiales (88 registros; aprox. el 35% de los casos), concentrándose en las zonas de intensidad V a VII EMS. El 5% de los casos restantes se refieren a la desaparición de manantiales (24 registros), concentrados en las zonas de intensidad VI y VII EMS.*

☒ ***191 Oleaje Anómalo y Tsunamis (125 AW; 66 TS):*** *Se produjo un gran Tsunami, con al menos cinco olas principales que se desplazaron a una velocidad entre 735 a 300 km/h, con longitudes de onda mínimas de 25 a 50 km. En el Cabo de San Vicente, el punto terrestre más cercano al epicentro submarino (110 km), la altura de la primera ola alcanzó los 15 m. En las costas españolas las olas del tsunami llegaron a alturas de entre 10 a 9 m en Huelva, y entre 3-5 m en la zona de Cádiz, originando una importante destrucción en todo el litoral. Cerca de 2000 kilómetros de costa se vieron afectados por grandes olas de tsunami entre Huelva y el Arco de Gibraltar. En la provincia de Huelva resultaron afectadas por el tsunami 5 poblaciones, y en la de Cádiz, 14. Se tiene constancia documental expresa de tsunami y oleaje anómalo para 37 localidades españolas, en su mayoría en el litoral atlántico del Golfo de Cádiz. Los efectos ambientales más importantes se registraron en las numerosas áreas estuarinas de la zona (Guadiana, Piedras, Tinto-Odiel, Guadalquivir y Guadalete) dando lugar a la rotura de los sistemas de barras litorales e isla-barrera (Punta Umbría, El Rompido, Doñana, Valdelagrana), generación de washover fans, cheniers e inundación extensiva de grandes zonas incluso hasta 9-10 km tierra adentro. El Tsunami no traspasó el Estrecho de Gibraltar, y los daños materiales más importantes de la zona se registran en Conil de La Frontera (unos 350 km de distancia), aunque los efectos ambientales llegan a registrarse hasta el Cabo de Trafalgar e incluso el Peñón de Gibraltar con run-ups de entre 3 y 5 m., en las Islas Canarias, Galicia y poblaciones del Cantábrico. El catálogo de tsunamis del IGN le asigna un grado 6 (Desastroso) en la Escala Ambraseys (1962) y que alcanzaría el grado X en la nueva escala sobre efectos ambientales de los tsunamis TEE-16 que complementa la ESI-07 (Lario et al., 2016). También se registraron alteraciones en cuerpos de agua continentales (oleaje anómalo, desbordamientos y turbidez en ríos) afectando a las cuencas del Guadiana, Guadalquivir, Duero, Tajo, e incluso Miño. Dentro de esta categoría los efectos más documentados fueron el oleaje anómalo y las variaciones en el caudal, acompañados además de turbidez en algunos casos. Los casos de desbordamiento fueron los más numerosos y significativos en la cuenca del Guadalquivir, aguas abajo de Córdoba.*

☒ ***> 350 Otros efectos:*** *Oleaje anómalo (ondas de largo período) en aguas estancadas o pequeñas variaciones del nivel del mar se registraron hasta varios miles de kilómetros de distancia epicentral, como en el río Aurasoki (Finlandia), Portsmouth (UK), La Haya, Ámsterdam, Utrecht (Holanda), Hamburgo, Berlín (Alemania) y varios lagos alpinos. Se documentan 29 registros en territorio español, la mayoría en el interior de Castilla y Cataluña (1200 km del epicentro) donde no fue sentido el terremoto. Percepción de ruido subterráneo que se producía casi simultáneamente al movimiento del terreno en 285 lugares que cubren la totalidad de la España peninsular, exceptuando el norte y nordeste. Percepción visual de ondas moviéndose sobre la superficie terrestre en Andújar y Bailén (Jaén). Agitación anómala de árboles en varias localidades. Efectos luminosos en el cielo (33 registros) a lo largo del oeste de nuestro territorio, 5 h antes del sismo, por el posible paso de un cometa o un meteoro. Alteración del vino (variación de color y de sustancia), causada por la vibración, en algunos pueblos de La Mancha (3 registros).*

☒ ***> 350 Efectos Arqueosismológicos:*** *Registro de numerosos EAEs en edificios monumentales e iglesias (> 350 casos) a lo largo de toda la zona occidental de España (Andalucía, Extremadura, Castilla y León, Galicia) y en el valle del Guadalquivir (principalmente Sevilla y Córdoba). Muchas de las catedrales y principales iglesias de multitud de poblaciones sufrieron daños. Los casos más significativos ocurrieron en Sevilla, Carmona, Córdoba, Andújar, Coria, Salamanca y Tuy.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Evento extensamente documentado, tanto por documentos de la época, como por estudios recientes. El trabajo de Martínez Solares (2001) constituye una importante síntesis y análisis de datos bajo la luz de la escala de intensidades EMS-98, constituyendo la base de la catalogación preliminar resumida en esta ficha. El terremoto-tsunami de Lisboa se considera que fue generado en las inmediaciones del Banco de Gorringe (Océano Atlántico) por la ruptura de un segmento de falla de unos 180 – 200 km de longitud (Falla Marqués de Pombal o Falla de Horseshoe), con un desplazamiento mínimo de 10 m, estimándose ser un evento de características similares a los grandes terremotos de zonas de subducción (Zitellini et al., 2001). Modelizaciones del tsunami sugieren que está única fuente sísmica no es suficiente para explicar la distribución de intensidades y el daño provocado por el tsunami en el sector SW de la Península Ibérica. Baptista et al. (2003), sugieren una fuente sísmica compuesta que incluye la Falla del Marqués de Pombal y la zona de falla inversa del Gorringe Bank para generar un terremoto 8,7 Mw. Resultados similares han sido obtenidos por Gómez-Diego (2016) mediante el desarrollo de escenarios sísmicos (ShakeMaps) basados en datos macrosísmicos ESI-07 y relaciones empíricas entre área de ruptura – magnitud para eventos de zona de subducción. Este autor considera una triple fuente sísmica compuesta que también incluye la zona de subducción del Golfo de Cádiz, completando una longitud de ruptura de c. 700 km y una magnitud de 9,0 Mw como las dimensiones mínimas para explicar el nivel y distribución de daños indicados por los datos de intensidades (ESI-07 y EMS-98) existentes. Estudios geológicos recientes identifican niveles de turbiditas (offshore), tsunamitas (onshore), así como diversas anomalías geológicas (desplazamiento e imbricaciones de grandes bloques) en los litorales de Portugal y SW de España. Como contraste a los numerosos estudios existentes sobre los efectos y registro geológico del tsunami tanto en la costa Española, como la portuguesa o la marroquí, son muy escasos los trabajos relacionados con otros efectos geológicos del terremoto. Algunos trabajos específicos se han realizado en relación con los procesos de ladera más significativos documentados (Güevéjar, Granada), pero no existe ningún trabajo de índole geológica sobre el resto de EEEs incluidos en la presente ficha-resumen del evento. Tan solo el estudio realizado por Gómez-Diego (2016) en el marco del desarrollo del presente catálogo aborda la clasificación y análisis mediante la escala ESI-07 del conjunto de efectos ambientales listados en Martínez Solares (2001).* ***Calidad de la Información Geológica: Clase A.***

Investigación / Compilación de la información: *Pablo. G. Silva (USAL), Pedro V. Gómez-Diego (USAL), Begoña Bautista (USAL). Actualizado y completado 2017.*



HST 18040113: MAR DE ALBORÁN. 1804 AD											HISTÓRICO	
FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO	
18040113*AD*	17:53	3°35' O	36°05' N	6,7 M*	VII-VIII	-	VIII	C	A	B	Mar de Alborán.	
Método de datación:		CATALOGADO Ref. Bibliográfica: De Prado (1863)									**Tipo Evento:**	HST
Prof. km	-	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**M_o**	-	**Eventos asociados**		RÉPLICAS	**Agencia:**	IGN
EEE Primarios		NO		**Longitud Falla**		-		**Desplazamiento**		-	**Tipo Desp.:**	-
EEE Secundarios		SÍ		**Categoría ESI07**		☐GK ☐SM ☐LQ ☐HD ☐HA ☐WA ☒TS					**Área afectada:**	>1000 km²
Otros EEE Ambientales		NO		☐ OTROS EFECTOS (OT): No registrados.								
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ		☒ EAEs: Colapsos parciales de algunas iglesias, agrietamientos severos en fachadas y hasta cimientos de muchas iglesias a lo largo de la costa desde Málaga hasta Dalías. Agrietamientos severos en muchas de las casas con colapsos de algunas al menos en Málaga y Motril. Daños en la Catedral de Granada, Almería y en la torre de Vigía de Melilla.						

Documentación IGN 2002: 60, 162, 165, 166, 167, 222, 231, 263, 273, 280, 285, 309, 312, 315, 317, 335, 366, 405, 421, 431, 435, 439, 504, 516, 522, 528, 545, 571, 600, 623, 667, 687, 784, 785, 791, 800, 1059

Referencias bibliográficas básicas:

Galbis, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5° E y 20° W de Greenwich y los paralelos 45° y 25° Norte, Tomo I. Inst. Geográfico Catastral y Estadística, Madrid.
Martínez Solares, J.M. y Mezcua, J. (2002): Catálogo sísmico de la Península Ibérica (880 a. C. – 1900). Monografía nº 18, Instituto Geográfico Nacional (IGN).
Periódico El Correo de Sevilla de 25 de enero de 1804.
Prado, C. de (1863): Los terremotos de la Provincia de Almería. Revista Minera, 14 (322 - 325), 180 pp.
Sempere, J. (1807): Reflexiones sobre los terremotos de Granada. Real Acad. Historia, Ref. 9/5210, pp. 416-453.
Vidal Sánchez, F. (1986): Sismotectónica de la región Béticas-Mar de Alborán. Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 457 pp.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 18040113 Mar de Alborán	3°35' W	36°05' N	6.7 M*	VII-VIII	-	VIII	B	**Western Alborán Sea (Zone 40)**
EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Galbis (1932); De Prado (1863); Vidal Sánchez (1986)							**Event Type:**	**HISTORIC**

GENERAL DAMAGE: This event affect an area greater than 1000 km² within the isoseismal zone of intensity VIII, in any case not the intensity of the epicentral area as this event is thought to have its epicentre offshore, in the Alborán Sea. This earthquake caused a tsunami with a sea retreat of 17 m in Motril. This event caused extensive damages in churches and building, some destroyed, all along the coast from Málaga to Dalías. Motril and Málaga were the more affected cities, VIII EMS-98 and two casualties in Motril. The main event occurred at 17:53 of the 13th of January (1804) with a duration of 42 seconds. There were several and important aftershocks (none of them is known of have caused significant damages) and the total seismic series lasted more than three months. This event was felt with intensity VII in Berja, Dalías and Adra and with intensity VI in the cities of Almería and Granada. It was felt too in distant localities such as Aranjuez and Madrid (>350 km away of the epicentral area).

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. The only notified environmental effect is that of a tsunami causing a sea retreat of 17 m in the Motril area (VIII ESI-07 and TEE-16). The record of environmental damage by secondary effects is quite poor despite the importance of the few recorded of Archaeoseismological effects, this indicating that this event should had a more important record of environmental damages than those reported in the literature.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *Not reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *Not reported.*
☐ ***Ground cracks (GK):*** *Not reported.*
☐ ***Slope movements (SM):*** *Not reported.*
☐ ***Liquefaction processes (LQ):*** *Not reported.*
☐ ***Hydrogeological anomalies (HD; HA):*** *Not reported.*
☒ ***1 Anomalous waves and tsunamis (1 TS):*** *Sea retreat of 17 m ("20 varas") in the Motril area.*
☐ ***Other effects:*** *Not reported.*
☒ ***3 Archaeoseismic damage:*** *Strong damage in houses and churches in Motril and Málaga, but maximum EMS intensities (VII-VIII EMS-98) were recorded at the eastern littoral of the Almería province in the localities of Adra, Dalías and Bejar. Similar damage would probably occur in Vélez-Málaga and Salobreña. Moderate damage in houses and churches in Almería, Granada, and Guadix (VI EMS-98).*

☒ ***Geological Data:*** *Earthquake report produced near 60 years after the event by Casiano de Prado (1863). It is probably an offshore event with different proposed epicentral locations and the seismic source is difficult to identify. Maybe this event was produced by the.NE-SW fault system (Trans-Alborán shear zone) crossing the Alborán sea and responsible for the seismic crisis at Melilla (North Africa) of January 2016, with earthquakes of maximum magnitude 6.3 Mw.* ***Quality of Geological Information: Class B.***

Research / Data compilation by: *Javier Élez (USAL), Pablo G. Silva (USAL). Newly Published 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 18040113 Mar de Alborán	3°35' O	36°05' N	6,7 M*	VII-VIII	-	VIII	B	**Mar Occidental de Alborán (Zona 40)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN Ref.: Galbis (1932); De Prado (1863); Vidal Sánchez (1986)	**Tipo de Evento**	**HISTÓRICO**

DAÑOS GENERALES: Este terremoto afectó a un área de más de 1000 km² dentro de la zona de isosistas de intensidad VIII, en cualquier caso, esta no es el área epicentral ya que el epicentro de este terremoto se interpreta que está en algún punto del Mar de Alborán. Este evento causó un tsunami que supuso una retirada del mar de más de 17 m en Motril. Además, produjo daños importantes en iglesias y resto de edificaciones, algunos de estos edificios colapsaron a lo largo de toda la costa, al menos desde la ciudad de Málaga hasta Dalías. Motril y Málaga fueron las poblaciones más afectadas, VIII EMS-98 con dos víctimas mortales en Motril. El evento principal fue a las 17:35 del 13 de enero de 1804 y tuvo una duración de 42 segundos. A este le siguieron importantes réplicas (aparentemente ninguna de ellas causo daños de relevancia) y la serie sísmica se prolongó al menos durante más de tres meses. Este evento se sintió con intensidad VII en Berja, Dalías y Adra y con intensidad VI en las ciudades de Almería y Granada. También se sintió en localidades como Aranjuez y Madrid, a más de 350 km de distancia de la zona epicentral.

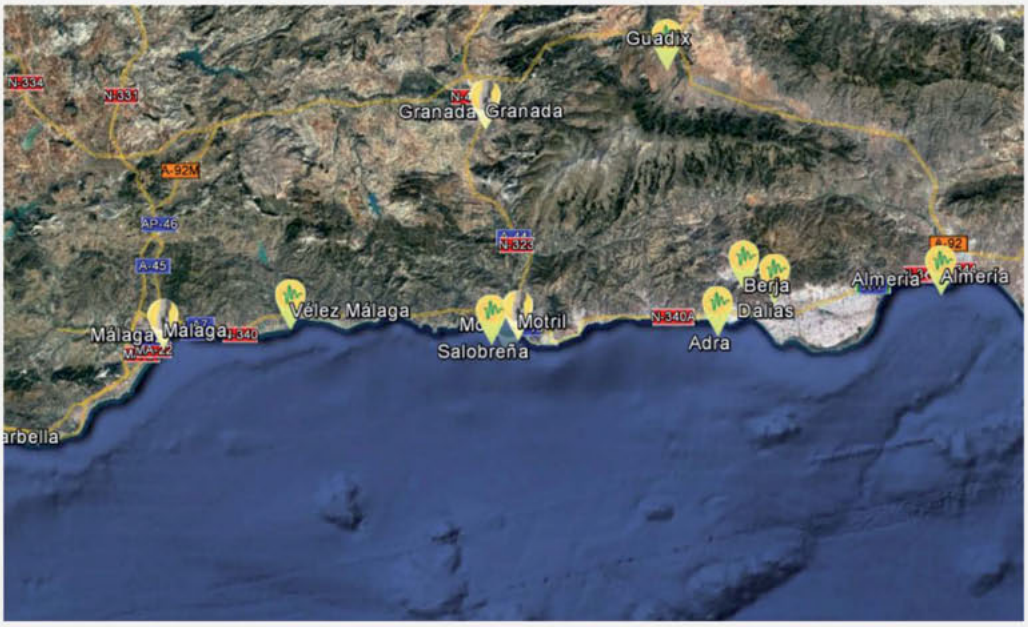
DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Solamente se ha notificado el tsunami asociado que supuso una retirada del nivel del mar de 17 m en el área de Motril (VIII ESI-07 and TEE-16). El registro de EEEs secundarios es bastante pobre en comparación con el de EAEs, lo que apunta a que los primeros debieron ser más abundantes y que no fueron registrados en la literatura de la época. Se han recopilado un total de 3 registros EAE.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No registradas.*
☐ ***Agrietamientos del Terreno (GK):*** *No registrados.*
☐ ***Movimientos de ladera (SM):*** *No registrados.*
☐ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *No registrados.*
☐ ***Anomalías Hidrogeológicas (HD; HA):*** *No registradas.*
☒ ***1 Oleaje Anómalo y Tsunamis (1 TS):*** *Retirada del nivel del mar de 17 m ("20 varas").*
☐ ***Otros efectos:*** *No registrados.*
☒ ***3 Efectos arqueosismológicos:*** *Daños importantes en casas e iglesias en Motril y Málaga, pero las intensidades máximas se registraron en la costa oriental de la provincia de Almería en las localidades de Adra, Dalias y Berja (VII-VIII EMS-98). Daños similares se produjeron probablemente también en Vélez-Málaga y Salobreña. Daños moderados con agrietamientos importantes y colapsos parciales en iglesias y casas se consignaron en las ciudades de Almería, Granada y Guadix (VI EMS-98).*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Informe del terremoto por Casiano del Prado en 1863, casi 60 años después del evento. Se trata probablemente de un evento offshore al que se le proponen diferentes localizaciones epicentrales en el mar de Alborán y se encuentra incluido en el catálogo de tsunamis de las costas españolas del IGN. La fuente sísmica es por tanto difícil de identificar, aunque probablemente este terremoto pueda estar asociado al sistema de fallas NE-SO (Zona de Cizalla de Trans-Alborán) que dieron lugar a la crisis sísmica de Melilla de Enero de 2016. Durante esta última se produjeron terremotos de magnitud máxima 6,3 Mw.* ***Calidad de la Información Geológica: Clase B.***

Investigación / Compilación de la información: *Javier Élez (USAL), Pablo G. Silva (USAL). Nueva publicación 2017.*

IMAGEN EVENTO



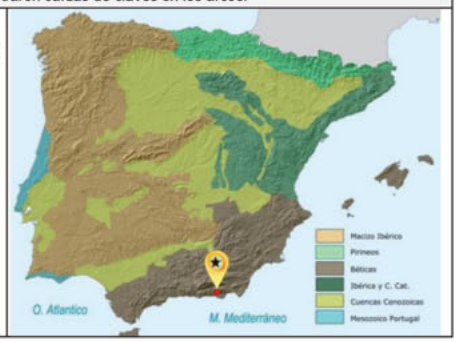
Efectos en la zona epicentral.

HST 18040825: DALÍAS – BERJA (Almería). 1804 AD											HISTÓRICO	
FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO	
18040825*AD*	08:25	2°50' O	36°46' N	6,4 M*	VIII-IX	IX	IX	B	A	B	Dalías. AL	
Método de datación:		CATALOGADO Ref. Bibliográfica: De Prado (1863); Galbis (1932)									**Tipo Evento:**	HST
Prof. km	-	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**Mo**	-	**Eventos asociados**		RÉPLICAS	**Agencia:**	IGN
EEE Primarios		NO	**Longitud Falla**		-			**Desplazamiento**		-	**Tipo Desp.:**	SIN DATOS
EEE Secundarios		SÍ	**Categoría ESI07**		☒GK ☒SM ☒LQ ☐HD ☒HA ☐WA ☐TS						**Área afectada:**	1000 km²
Otros EEE Ambientales		SÍ	☒ OTROS EFECTOS (OT): Ruido sísmico en la zona epicentral.									
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ	☒ EAEs: Colapsos parciales y totales en las torres y muchas casas de Dalías, Berja, Albuñol, Roquetas y Turón. Entre éstas, la Casa Consistorial de Berja. En Albuñol se registraron caídas de claves en los arcos.									

Documentación IGN 2002: 29, 60, 87, 165, 166, 185, 222, 231, 263, 267, 273, 280, 309, 312, 315, 317, 335, 405, 421, 426, 431, 504, 522, 545, 571, 583, 600, 623, 681, 687, 784, 785, 791, 800, 1039

Referencias bibliográficas básicas:

Galbis, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5ºE y 20ºW de Greenwich y los paralelos 45º y 25º Norte, Tomo I. Instituto Geográfico Catastral y Estadística, Madrid.
López Marinas, J.M. (1977): Estudio de periodo sísmico de 1804 en Almería. Hidroeléctrica Española, Informe interno, p. 30.
Martínez Solares, J.M., Mezcua, J. (2002): Catálogo Sísmico de la Península Ibérica (880 a. C. – 1900). Monografías IGN, 18. IGN, Madrid (Spain), 253 pp
Martínez Díaz, J.J. (2000): Neotectónica y Tectónica Activa del sector centro-occidental de Murcia y Sur de Almería, Cordillera Bética (España). PhD Thesis, Universidad Complutense de Madrid 466 pp.
Prado, C. (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. Rev. Minera, t. XIV, núms. 322 a 325, pp. 549-562, 581-597, 613-630, 657-661, 178-180, 378-380.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 18040825 Dalías - Berja. AL	2°50' W	36°46' N	6.4 M*	VIII-IX	IX	IX	B	**Eastern Betic Cordillera (Zone 55)**
EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: De Prado (1863); Galbis (1932); Espinar Moreno (1998)							**Event Type:**	**HISTORIC**

GENERAL DAMAGE: Severe damage in churches and houses with partial and total collapses in the epicentral area (Dalías, Berja) and more than 407 deaths. 267 persons died in Dalías (IX EMS) during the earthquake. In Berja (VIII-IX EMS) the houses located in the floodplain suffered more damages than those located in the Cerro Plomero and other hills close to Berja. 45 persons died. In Roquetas de Mar (VII EMS), 60 houses were destroyed, 120 had to be demolished after the earthquake and 162 deaths. The village of Canjáyar (VIII-IX EMS) several houses collapsed and much more were demolished. 4 persons died. Several houses were destroyed in Adra (VIII EMS) and the upper sections of the church towers were demolished because of their important damages. In Almería (VII EMS) the Santa María Magdalena hospital, the prison and several houses suffered moderate damage. The village of Cherín was totally destroyed and Turón (VIII EMS) suffered important damages in houses. In Albuñol (VI EMS) the key stone of the church fell of and the towers cracked.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Earthquake secondary effects cover an area of 1000 km² within the intensity zone VIII ESI-07, but most significant effects of intensity IX only occurred within an area down to 200 km² between the localities of Dalías and Berja. The springs in Dalías – Berja area increased their discharge notably and new springs appeared. A large landslide associated with ground cracks developed in a place called Las Quiebras. In Alcolea important ground cracks with liquefactions occurred within the village and in the olive fields of the vicinities. Landslides were also common, but among these environmental effects is highlighted the one occurred in the place called Iniza which disappeared by a landslide and a debris-avalanche. In Albuñol ground cracks with liquefactions and landslides occurred in the mountains close to the Village. In Cherín a landslide occurred in front of the village at the other side of the river. In Roquetas de Mar ground cracks appeared in the village.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported, but Martínez Díaz (2000), considers that Las Quiebras landslide could be part of the surface rupture of this event.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☒ ***3 Ground cracks (GK):*** *Ground cracks are one of the most common environmental effects of this event. The widest developed in Alcolea, which was 4 m long. In the area of Las Quiebras, (3.2 km away from Dalías) a ground crack occurred with a length of 250 m and a width between 10-100 cm. In Albuñol presumed ground cracks associated with a slope movement were identified, and in Roquetas de Mar presumed centimetric ground cracks are described.*
☒ ***4 Slope movements (SM):*** *Landslides and rock falls occurred in the region even in distances around 30 km, away from the macroseismic epicentre (Iniza Landslide). In Las Quiebras (7.5 km away from the epicentre) a big landslide (around 10^5 m³) occurred. In Albuñol, Alcolea and Cherín the landslides affected the villages or the areas close to them. In Cherín a landslide broke the pathway to Laujar.*
☒ ***1 Liquefaction processes (LQ):*** *In an olive field close to Alcolea (Alcolea river) liquefaction processes have been described in historical reports or letters as: "the ground started to boil". These documents describe how the water started to flow from different points and cracks.*
☒ ***2 Hydrogeological anomalies (2 HA):*** *In Dalías and Berja area, the springs increased notably their discharge and new springs appeared.*
☐ ***Anomalous waves and tsunamis (WA; TS):*** *No Reported.*
☒ ***Other effects:*** *Seismic noise in the epicentral area.*
☒ ***Archaeoseismic damage:*** *Important to moderate damage in houses, churches and castles not mentioned due to the absence of directional data.*

☒ ***Geological Data:*** *This earthquake was documented in letters, sent by observers (some summarized in Espinar Moreno, 1994): Authors as Casiano De Prado (1863) collected the testimonies in the region. Neotectonic studies have been developed in the zone by Martínez Díaz, (2000).* ***Quality of Geological Information: Class B.***

Research / Data compilation by: *Pedro Huerta (USAL). Newly Published 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_d	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 18040825 Dalías - Berja. AL	2°50' O	36°46' N	6,4 M*	VIII-IX	IX	IX	B	**Cordillera Bética Oriental (Zona 55)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN
Ref.: De Prado (1863); Galbis Rodríguez (1932); Espinar Moreno (1998)

Tipo de Evento: **HISTÓRICO**

DAÑOS GENERALES: En la zona epicentral (Dalías - Berja) se produjeron daños severos en las iglesias y casas. Estas últimas sufrieron colapsos parciales o totales, y más de 407 personas murieron en la zona. Solo en Dalías (IX EMS) murieron 267 personas durante el terremoto. En Berja (VIII-IX EMS), las casas situadas en la llanura sufrieron más daños que aquellas emplazadas en las colinas próximas, como el Cerro Plomero. Se contabilizaron 45 personas muertas. En Roquetas de Mar (VII EMS), 60 casas fueron destruidas, 120 tuvieron que ser destruidas después del terremoto y murieron 162 personas. En Canjáyar (VIII-IX EMS), se derrumbaron varias casas y muchas más tuvieron que ser demolidas. Murieron 4 personas. En Adra (VIII EMS), varias casas se destruyeron y la parte superior de las torres de la iglesia fueron demolidas con posterioridad al terremoto debido a los fuertes daños. En Almería (VII EMS), el hospital de Santa María Magdalena, la cárcel y varias casas sufrieron daños moderados. Cherín fue destruido totalmente y Turón sufrió daños importantes en las casas (VIII EMS). En Albuñol (VI EMS), la clave de un arco de la iglesia se cayó y las torres se quebraron.

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios NO REGISTRADOS. Los efectos geológicos secundarios cubren un área de unos 1000 km² definidos por la zona de intensidad VIII ESI-07, aunque los efectos más relevantes de intensidad IX quedan encuadrados en un área inferior a los 200 km² entre las localidades de Dalías – Berja. En esta zona los manantiales aumentaron notablemente su caudal y aparecieron otros nuevos. En las proximidades de Dalías y de la Rambla de Balanegra se encuentra un paraje conocido como Las Quiebras, donde se registran un importante deslizamiento y grietas superficiales de dimensiones decimétricas a métricas. En Alcolea y en los campos de olivos próximos, se produjeron grietas de gran tamaño asociadas algunas de ellas con procesos de licuefacción y otras con deslizamientos. En las proximidades de Alcolea, destaca un gran deslizamiento y avalancha de rocas que hizo desaparecer un lugar conocido como Iniza. En Albuñol y en la montaña próxima, se registraron grietas en el terreno asociadas a deslizamientos y procesos de licuefacción relacionados con los deslizamientos. En Cherín se produjo un deslizamiento en las laderas situadas en frente de este pueblo, al otro lado del río. En Roquetas de Mar se produjeron grietas en el terreno.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas, pero Martínez Díaz (2000), considera que el deslizamiento de las Quiebras y alguna de las grietas asociadas podría ser parte de la ruptura superficial de este evento.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☒ ***3 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Los agrietamientos del terreno son uno de los efectos ambientales más comunes de este evento. Los agrietamientos más anchos se registraron en Alcolea con grietas de 4 m de largo. En la zona de Las Quiebras (a 3,2 km de Dalías) aparece una grieta con una longitud de 250 m y anchuras entre 10 y 100 cm. En Albuñol se describen grietas presumiblemente asociadas a un deslizamiento. En Roquetas de Mar se produjeron grietas que se cree que eran centimétricas.*
☒ ***4 Movimientos de ladera (SM):*** *Los deslizamientos y caídas de rocas fueron comunes en la región, incluso a distancias de unos 30 km (deslizamiento de Iniza) del epicentro macrosísmico. En Las Quiebras (a 7,5 km del epicentro) se produjo un gran deslizamiento (alrededor de 10^3-10^5 m³). En Albuñol, Alcolea y Cherín, los deslizamientos afectaron a estas localidades o las zonas próximas. En Cherín, un deslizamiento destruyó el camino a Laujar.*
☒ ***1 Procesos de licuefacción (LQ):*** *En un campo de olivos próximo a Alcolea, situado probablemente en la vega del río, se describen procesos de licuefacción en cartas o informes históricos indicando que "el suelo comenzó a hervir" y el agua comenzó a salir desde diversos puntos y grietas.*
☒ ***2 Anomalías Hidrogeológicas (2 HA):*** *En la zona de Dalías y Berja, los manantiales aumentaron de manera notable su caudal y aparecieron otros nuevos.*
☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (WA; TS):*** *No Registradas.*
☒ ***Otros efectos:*** *Ruido sísmico en la zona epicentral.*
☒ ***Efectos Arqueosismológicos:*** *Daños importantes y moderados en casas, iglesias y castillos. No se indican al no existir evidencias direccionales.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Este terremoto fue documentado a través de cartas, enviadas por observadores, así como por los informes de autores como Casiano De Prado (1863), quien coleccionó testimonios en la región. Los estudios neotectónicos en la zona están encabezados por el trabajo realizado por Martínez Díaz (2000).* ***Calidad de la información geológica: Clase B.***

Investigación / Compilación de la información: *Pedro Huerta (USAL). Nueva Publicación 2017.*

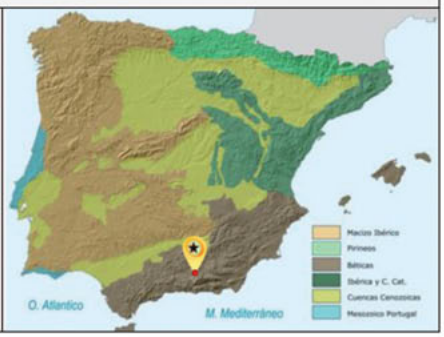
IMAGEN EVENTO



Fotografía y esquema del deslizamiento de Las Quiebras producido por el colapso de dolomías triásicas. Tomada de Martínez-Díaz (2000)

HST18061027: PINOS PUENTE (Granada). 1806 AD											HISTÓRICO	
FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO	
18061027*AD*	12:10	3°44' O	37°14' N	5,3 M*	VIII	VIII-IX	VIII	A	B	B	Pinos Puente. GR	
Método de datación:		CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Galbis (1932)									**Tipo Evento:**	HST
Prof. km	-	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**Mo**	-	**Eventos asociados**		RÉPLICAS	**Agencia:**	IGN / IAG
EEE Primarios		NO		**Longitud Falla**	-			**Desplazamiento**		-	**Tipo Desp.:**	-
EEE Secundarios		SÍ		**Categoría ESI07**	☒GK ☐SM ☒LQ ☒HD ☒HA ☐WA ☐TS						**Área afectada:**	> 50 km²
Otros EEE Ambientales		SÍ		☒ OTROS EFECTOS (OT): Ruido importante generalizado, emisión sistemática de humos (vapor o gases) por los agrietamientos del terreno y colapsos kársticos pequeños en la zona epicentral al pie de Sierra Elvira (entre Pinos Puente y Atarfe).								
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ		☒ EAEs: Colapsos parciales de Iglesias y agrietamientos en edificios singulares, fundamentalmente en Pinos Puente y Santa Fe. Agrietamientos importantes en la mayor parte de las viviendas existentes en la zona epicentral y colapso de un 5% de ellas.								

Documentación IGN 2002:29, 49, 165, 166, 267, 273, 280, 285, 312, 315, 317, 405, 421, 431, 435, 437, 439, 504, 522, 545, 583, 585, 587, 600, 623, 681, 687, 721, 747, 784, 785, 791, 1039, 1058



Referencias bibliográficas básicas:

Galbis, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5° E y 20° W de Greenwich y los paralelos 45° y 25° Norte, Tomo I. Inst. Geográfico Catastral y Estadística, Madrid.
Garrido, N. (1806): Memoria que con motivo de los temblores de tierra sentidos en Granada y sus contornos, desde el 27 de Octubre de 1806. Granada, 115 p.
Martínez Solares, J.M. y Mezcua, J. (2002): Catálogo sísmico de la Península Ibérica (880 a. C. – 1900). Monografía nº 18, Instituto Geográfico Nacional (IGN).
Ponce de León, J. (1806): Memoria sobre los terremotos. Herederas de D. Nicolás Moreno. Granada, 36 p
Sanz de Galdeano, C. *et al.* (2012): Main active faults in the Granada and Guadix-Baza Basins (Betic Cordillera). Journal of Iberian Geology 38 (1), 209-223.
Sempere, J. (1807): Reflexiones sobre los terremotos de Granada. Real Acad. Historia, 9/5210, 416-453.
Vidal Sánchez, F. (1986): Sismotectónica de la región Béticas-Mar de Alborán. Tesis Doctoral, UGR, 457 p

EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 18061027 Pinos Puente, GR	3°44' W	37°14' N	5.3 M*	VIII	VIII-IX	VIII	B	**Granada basin (Zona 35)**
EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Galbis (1932)							**Event Type:**	**HISTORIC**

GENERAL DAMAGE: The macroseismic area of this event is near 60 km² (VIII ESI-07) and was felt in an area of c. 400 km² (≥ V EMS). In distant localities (Almuñécar, Guadix) located c. 55 km away seismic shaking was IV EMS. The macroseismic area was centred in the fluvial plain of the Genil river and the most damaged localities (VIII EMS) were Soto de Roma, Pinos Puente, Valderrubio and Santa Fe, all them located within a radius of 5-6 km around the epicenter. In this zone 84% of the houses (of a total of 1,118 buildings) suffered strong damages, cracks, collapses of walls, etc. and 94 (c. 7%) were completely ruined. 13 people died, mainly due to roof collapses. Pinos Puente was de most damaged population, even showing partial collapses of its main church (La Consolación) and others. Some authors consider intensity VIII-IX MSK for the localities of Pinos Puente and Soto de Roma.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Widespread occurrence of ground cracks (up to 50 m long and 12 cm wide) in the macroseismic zone accompanied by ejections of muddy waters and gas emissions. It can be considered that ground cracking and water ejection processes were interlinked, favoured by site effect in the fluvial plain of the Genil and mainly related to lateral spreading cases along the margins of the existing river channels. In Pinos Puente was recorded the more significant ground cracks. The hypocentral depth is interpreted as very shallow, reinforcing this interpretation of the amplification of the environmental damage in the epicentral area. The total macroseismic area affected by environmental damage is about 60 km² indicating a minimum intensity of VII ESI-07. There are some other secondary EEEs as probable small karstic collapses at Sierra Elvira, as well as hydrogeological anomalies in the thermal karstic spring of Sierra Elvira (present thermal baths) and the spring of La Malahá, about 16 km away.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☒ ***4 Ground cracks (GK):*** *Generalized in the soft sedimentary alluvial ground of the epicentral area with up to 50 m long and 12 cm wide in the localities of Pinos Puente, Valderrubio, Soto de Roma and Santa Fe. All them at 5-6 km of epicentral distance, except Pinos Puente (2.5 km) where were recorded the most relevant ground cracks linked to ejection of muddy waters and gas emissions.*
☐ ***Slope movements (SM):*** *No Reported.*
☒ ***4 Liquefaction processes (LQ):*** *Associated to ground cracks in the alluvial plain of the Genil river. In most of the cases can be explained as processes of lateral spreading along channel margins.*
☒ ***3 Hydrogeological anomalies (1 HD; 2 HA):*** *Temporal change in the water-level (c. 50 cm) of the thermal water spring of the Sierra Elvira Cave (Baths) and increase in flow rate and turbidity in the spring of La Malahá (c. 16 km away). Anomalies linked to gas emissions (HD) in Pinos Puente and Sierra Elvira are considered from intensity VIII in the ESI-07 scale.*
☐ ***Anomalous waves and Tsunamis (AW; TS):*** *No Reported.*
☒ ***>1 Other effects:*** *Small karstic collapses along the SW slope of Sierra Elvira (probably karst vault collapses).*
☒ ***3 Archaeoseismic damage:*** *Strong damage in the La Consolación church of Pinos Puente, with partial collapses, and moderate in the church of La Encarnación. Reported damage in the monastery of the Padres Agustinos in Santa Fe.*

☒ ***Geological Data:*** *Earthquake reports from 1807 (Garrido, 1807; Sempere, 1807; Ponce de León, 1807) and preliminary studies by Vidal Sánchez (1986) don't provide more detailed geological information than those summarized in this file. The earthquake epicenter was located in the SW slope of Sierra Elvira, very probably linked to the Pinos-Puente segment (c. 10 km length) of the NW-S Sierra Elvira-Dilhar Fault (33 km length). This fault is presently associated to important low-magnitude instrumental seismicity and holds a seismic potential to produce an event 6.3 Mw (Sanz de Galdeano et al., 2012) .* ***Quality of Geological Information: Class B.***

Research / Data compilation by: *Javier Elez and Pablo G. Silva (USAL). Newly Published 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 18061027 Pinos Puente, GR	3°44' O	37°14' N	5,3 M*	VIII	VIII–IX	VIII	B	**Cuenca de Granada (Zona 35)**
EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN Ref.: Galbis (1932)								**Tipo de Evento** **HISTÓRICO**

DAÑOS GENERALES: El área macrosísmica (VIII ESI-07) de este evento está cerca de 60 km², ocupando toda la Vega del Río Genil al pie de Sierra Elvira. Fue sentido en un área cercana a los 400 km², y en localidades distantes unos 55 km (Almuñécar o Guadix) se sintió con intensidad IV EMS-98. En la vega del Genil (zona epicentral) afectó principalmente al área delimitada por las poblaciones de Pinos Puente, Valderrubio, Santa Fe y el Soto de Roma. En esta zona, el 84% de las casas existentes en el momento del terremoto (una cantidad de 1110) sufrieron daños importantes, agrietamientos fuertes y colapso de paredes, etc. y 94 de ellas (7%) colapsaron completamente. Murieron 13 personas, fundamentalmente debido a colapsos de los tejados de las viviendas. En Pinos Puente, la población más afectada por el evento, la Iglesia de la Consolación presentó colapsos parciales importantes. Algunos autores atribuyen intensidad máxima de VIII-IX MSK a las poblaciones de Pinos Puente y Soto de Roma.

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. De los efectos secundarios destaca en la zona epicentral el profuso desarrollo de grietas (de hasta 50 m de longitud y 12 cm de ancho) acompañadas por eyección de fangos, aguas cenagosas (licuefacción), humos o vapores (gases). Se puede interpretar que la mayor parte de estos efectos secundarios están amplificados al desarrollarse en la llanura de inundación del río Genil, con una potente serie de materiales cuaternarios no consolidados y que la mayor parte de los agrietamientos representan procesos de "lateral spreading" a lo largo de los márgenes del Genil. En Pinos Puente uno de los agrietamientos más importantes parece que atravesó perpendicularmente el valle del Genil dirigiéndose desde el Puente hacia poniente (por mucho trecho). En esta línea, la profundidad del evento se interpreta como muy somera, lo que también contribuye a reforzar esta interpretación relativa a la amplificación de los daños ambientales en la zona epicentral. El área macrosísmica afectada está en torno a los 60 km². Así pues, agrietamientos del terreno acompañados de eyecciones de aguas cenagosas y vapores fueron los EEEs más relevantes. También se registraron más puntualmente anomalías hidrogeológicas e hidrológicas en las cuevas termales de Sierra Elvira (actual Balneario) y manantiales (La Malahá).

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☒ ***4 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Generalizados en la zona epicentral con hasta 50 metros de longitud y 12 cm de anchura en las localidades de Pinos Puente, Valderrubio, Soto de Roma y Santa Fe. Todas ellas en la Vega del Genil (y afluentes) situadas a unos 5-6 km de distancia epicentral, menos Pinos Puente (2,5 km) donde se registran las más importantes, asociadas además a la importante eyección de aguas cenagosas.*
☐ ***Movimientos de ladera (SM):*** *No Registrados.*
☒ ***4 Procesos de licuefacción (LQ):*** *Generalizados y asociados a los agrietamientos en la llanura del río Genil. Aunque es difícil su clasificación, parece que en la mayor parte de los casos, todos estos procesos se encuentran asociados y que agrietamientos del terreno (GK), eyección de fangos (LQ) y vapores son todos consecuencia de procesos de "Lateral Spreading" a lo largo de los márgenes del Genil, afluentes y canales.*
☒ ***3 Anomalías Hidrogeológicas (1 HD; 2 HA):*** *Cambio temporal (elevación de unos 50 cm) en el nivel del lago subterráneo de la cueva que alimenta el manantial termal (33ºC) del Balneario de Sierra Elvira, a c. 1 km de distancia. Incremento en el caudal y turbidez del manantial del Nacimiento en La Malahá (c. 16 km). La emanación de gases (Pinos Puente y agrietamientos al pie de Sierra Elvira) se considera una anomalía característica de grado VIII (HD) en la escala ESI-07.*
☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (AW; TS):*** *No Registrados.*
☒ ***>1 Otros efectos:*** *probables procesos de pequeños colapsos kársticos a lo largo del pie de Sierra Elvira en la vertiente en la que se produjo el terremoto. Ruido sísmico.*
☒ ***3 Efectos arqueosismológicos:*** *Daños importantes en la Iglesia de Pinos Puente, presentado colapsos parciales, y daños moderados en la Iglesia de la Encarnación, así como en el monasterio de los Padres Agustinos en Santa Fe. No obstante, no se poseen datos fiables sobre orientación de daños para estos EAEs.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Los Informes del terremoto en 1807 (Garrido, 1807; Sempere, 1807; Ponce de León 1807) y el estudio preliminar del mismo por Vidal Sánchez (1986) presentan datos geológicos sin mayor detalle de lo resumido en esta ficha sumario. Lo que sí parece claro es que el epicentro del terremoto se localizó al pie de Sierra Elvira, indicando que la posible fuente sísmica del mismo sea el segmento occidental (Pinos Puente) de la Falla de Sierra Elvira-Dilhar (NO-SE) identificada por Sanz de Galdeano et al. (2012), que posee un potencial sísmico para producir un evento 6,3 Mw y se encuentra asociada a sismicidad instrumental de baja magnitud.* ***Calidad de la Información Geológica: Clase B.***

Investigación / Compilación de la información: *Javier Élez y Pablo G. Silva (USAL). Nueva Publicación 2017.*

IMAGEN EVENTO



Puente Nazarí de Pinos Puente sobre el Río Genil (http://www.iguadix.es/): Lugar donde se consignan los procesos de agrietamiento del terreno y ejección de aguas más importantes ocurridos durante el terremoto de 1806. A la derecha, gruta termal del Balneario de Sierra Elvira donde se documenta la elevación del nivel del agua de cinco palmos, unos 50 cm (http://paisajesdelagua.es/las-misteriosas-aguas-termales-de-sierra-elvira/)

HST 18290321: TORREVIEJA (Alicante). 1829 AD											HISTÓRICO	
FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO	
18290321*AD*	18:39	0°41' O	38°05' N	6,6 – 6,9 M*	IX-X	X	X	B	A	A	Torrevieja. A.	
Método de datación:		CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Larramendi, M.J. (1829); De Prado (1863)									**Tipo Evento:**	HST
Prof. km	-	**±EZ**	-	**±EH**	-	**Mo**	-	**Eventos asociados**		RÉPLICAS	**Agencia:**	IGN
EEE Primarios		SÍ		**Longitud Falla**		-		**Desplazamiento**		20 cm	**Tipo Desp.:**	ELEVACIÓN COSÍSMICA
EEE Secundarios		SÍ		**Categoría ESI07**		☒GK ☒SM ☒LQ ☒HD ☒HA ☒WA ☒TS					**Área afectada:**	474 km²
Otros EEE Ambientales		SÍ		☒ OTROS EFECTOS (OT): Movimiento ondulatorio del terreno como consecuencia de procesos de licuefacción superficiales en toda la zona sur de la Depresión del Bajo Segura (Orihuela – Guardamar).								
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ		☒ EAEs: Destrucción total de cuatro poblaciones y daños en decenas de otras. Colapsos parciales de torres, bóvedas y elementos ornamentales en iglesias y templos de Murcia, Orihuela y Elche con caídas orientadas documentadas.								

Documentación IGN 2002: 29, 56, 160, 165, 166, 180, 211, 217, 231,263, 267, 273, 312, 317, 331, 332, 335, 344, 367, 382, 385, 400, 405, 426, 431, 496, 504, 507, 518, 524, 552, 556, 558, 571, 585, 598, 600, 623, 635, 640, 647, 666, 667, 681, 687, 738, 784, 785, 805, 1039, 1053

Referencias bibliográficas básicas:

Delgado, J. *et al.* (1998): Liquefaction potential in the Lower Segura river basin (southeast Spain). Engineering Geology 49, 61-79.

Larramendi, M.J. (1829): Memoria, relación de circunstancias y estado general de pérdidas causadas por la terrible catástrofe de los terremotos de 21 de marzo y siguientes han causado en Torrevieja y Gobernación de Orihuela. Imprenta Real, Madrid.

Martínez Solares, J.M., Mezcua, J. (2002): Catálogo Sísmico de la Península Ibérica (880 a. C. – 1900). Monografías IGN, 18. IGN, Madrid (Spain), 253 pp.

Rodríguez de la Torre, F. (1984):Los terremotos alicantinos de 1829. Pub. Instituto de Estudios Alicantinos. Alicante, España. 322 pp.

Silva, P.G. *et al.* (2015): Seismic paleogeography of coastal zones in the Iberian Peninsula: Understanding ancient and historic earthquakes in Spain. Cuaternario y Geomorfología. 29 (1-2), 31-56

Prado, C. de, (1863): Los terremotos de la Provincia de Almería. Revista Minera, 14 (322 - 325), 180 pp.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST18290321 Torrevieja, A	0°41' W	38°05' N	6.6 – 6.9 M*	IX-X	X	X	A	**Eastern Betic Cordillera (Zone 55)**
EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: De Prado (1863); Larramendi (1829); Rodríguez de la Torre (1984); Martínez Solares & Mezcua (2002); Silva *et al.* (2015)							**Event Type:**	**HISTORIC**

GENERAL DAMAGE: 389 deaths and 375 injuries. About 3000 houses destroyed and around 2300 ones damaged. 4 villages totally destroyed and other 14 ones needed a serious rebuilding arround the southern zone of the Lower Segura Basin affected by intensity IX-X EMS (X MSK). Three bridges over the Segura river where damaged. Distant localities at about 40 km the epicentre (e.g. Murcia) underwent intensity VII EMS, 50-60 km away (e.g. Cartagena, Jijona) VI EMS and even 100 km away (Lorca) V EMS.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects PRESENT, documented as permanent tectonic uplift (c. 20 cm) in lagoons and coast-line around Torrevieja on the upthrown block of the E-W Lower Segura blind fault (suspect seismic source). Environmental damage by secondary effects over an area of 474 km² included within the VIII ESI-07 intensity zone, affecting to the southern half of the Lower Segura Basin and the Torrevieja-Guardamar littoral zone, where extensive liquefaction processes occurred. The VII ESI-07 Intensity zone (c. 1500 km²) and intensity VI, mainly HA and HD records (c. 5500 km²).47 EEE records for primary (2) and secondary (45) effects and 4 EAE records.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*

☒ ***2 Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *Permanent uplift of c. 20 cm recorded in harbours, lagoons and rocky littoral cliffs over a coastal length of c. 4 km north of Torrevieja, but probably over the entire coastal sector of c.14 km separating Torrevieja and Guardamar located on the upthrown block of the Lower Segura Fault.*

☒ ***7 Ground cracks (GK):*** *Open ground cracks linked to liquefaction and lateral spreading processes on the banks of the Segura river and the extensive system of irrigation canals of the zone, most of them follwing levees and paleochanels of the ancient Segura river-delta developed in the zone from roman times (*Sinus Ilicitanus*). The larger crack (different in nature) occurred in Cabo Cervera, along the rocky cliff north of Torrevieja. No accurate descriptions avaliable, but the fracture was significant, probably of decamentric length and metric width.*

☒ ***3 Slope movements (SM):*** *Multiple rockfalls on the anticline ranges and hills bounding the southern margin of the Lower Segura Depression, especially in the Hurchillo range (21 km away from the epicentre) opposite to Orihuela. Localized, but significant, rockfalls in Los Garres (Murcia) 35 km away, in the Carrascoy range.*

☒ ***23 Liquefaction processes (LQ):*** *Liquefaction and sand-volcanoes in the epicentral zone affecting to individual areas between 0.1 to 400 ha at 23 different localities within the intensity zones IX and X ESI-07 (e.g. Almoradí, Las Dayas, Catral, Los Dolores, San Fulgencio, Benijófar and Benejúzar) in a radius of c. 13-10 km around the epicentre, but also common at distances of 19-20 km away (e.g. Callosa) within the intensity zone VIII. Thousands of vents of 7-10 cm in diameter opened along the pervasive ground cracks developed in the area.*

☒ ***8 Hydrogeological anomalies (2 HD; 6 HA):*** *Overflow of an artesian well (12 m depth) during a month in Montesinos (9 km away). Apparent water fountains one meter high in shallow lagoons (10-12 km away). Some of them were intermittently actives 3 years after the event in the Lagoon of Torrevieja (11.5 km away) generating craterlets between 3 to 30 meters of diameter and 1.5 m depth. Temporary changes of the flow rates and temperature in springs (45-68 km away).*

☒ ***4 Anomalous waves and tsunamis (2 WA; 2 TS):*** *Anomalous waves causing violent crashing of boats in the harbours of Torrevieja (12 km away) and Alicante (33 km away). Temporal sea-level drop of cm-scale in Torrevieja. The earthquake was felt in a boat, about 33 km SE of the epicentre offshore Torrevieja.*

☒ ***Other effects:*** *Noticeable ground waving in the area affected by liquefaction processes; saltwater and/or probable gas emissions accompanying liquefaction phenomena in the epicentral area causing the death of the surrounding vegetation and development of spontaneous flames (not catalogued in this edition).*

☒ ***4 Archaeoseismic damage:*** *Only catalogued oriented falls or damage in Elche and Murcia (VI-VII EMS).*

☒ ***Geological Data:*** *Earthquake report produced by Larramendi (1829), also investigated by Casiano de Prado (1863) and Rodríguez de la Torre (1984). Recent research on the Lower Segura Fault, an E-W blind thrust, generating anticline reliefs at surface, identify this structure as the more probable seismogenic source for this event (Alfaro et al., 2012). These authors identified at least 7 palaeoseismic events over the last 8000 years in the Bajo Segura Basin based on the recognition and dating of near-surface seismites in the upper 40m of the sedimentary record of the zone. The event holds similar features than the 2012 Emiglia-Romana earthquake (Mw 6.2), also generated by a blind thrust of the northern Apennines, triggering widespread liquefaction in ancient paleochannels of the Pianura Padanna. Earthquake paleogeography developed by Silva et al. (2015) indicate that most significant liquefaction processes in 1829 AD occurred on ancient paleochannels and levees of the ancient Segura delta developed in the zone from roman times filling the ancient estuarine zone occupied by the Ibero-Roman "Sinus ilicitanus". **Quality of Geological Information: Class A.***

Research / Data compilation by: *Pablo G. Silva (USAL); Teresa Bardají (UAH); Jorge Cuadrado (USAL). Updated in 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST18290321 Torrevieja, A	0°41' O	38°05' N	6,6 – 6,9 M*	IX-X	X	X	A	**Cordillera Bética Oriental (Zona 55)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN — **Tipo de Evento**: **HISTÓRICO**

Ref.: De Prado (1863); Larramendi (1829); Rodríguez de la Torre (1984); Martínez Solares & Mezcua (2002); Silva *et al.* (2015)

DAÑOS GENERALES: 389 muertes y 375 heridos. Alrededor de 3000 casas destruidas y unas 2300 con daños graves. 4 poblaciones fueron totalmente asoladas y otras 14 más necesitaron una importante reconstrucción. Todas ellas localizadas en el sector meridional de la Depresión del Bajo Segura afectadas por intensidad IX-X EMS (X MSK). Cuatro puentes sobre el río Segura sufrieron graves daños. Localidades distantes a 40 km del epicentro macrosísmico (p.ej. Murcia) sufrieron intensidad VII EMS, a 50-60 km (p.ej. Cartagena, Jijona) VI EMS e incluso a 100 km de distancia (Lorca) se experimentó una sacudida V EMS.

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios PRESENTES, documentados como elevación tectónica permanente del terreno de c. 20 cm en las Salinas y la zona litoral de Torrevieja, localizada en el bloque levantado de la Falla Ciega del Bajo Segura (E-W), que se considera la fuente sísmica probable. Los efectos ambientales ocasionados por efectos secundarios cubren un área de 474 km² dentro de la zona de intensidad VIII ESI-07, que afectó al sector meridional de la Depresión del Bajo Segura y el sector litoral de Torrevieja-Guardamar. Estas zonas fueron afectadas por procesos de licuefacción significativos. La zona de intensidad VII ESI-07 cubre un área aproximada de 1500 m², y la correspondiente a intensidad VI (fundamentalmente anomalías hidrogeológicas), un área total de 5500 km². 47 registros, EEEs primarios (2) y secundarios (45) y 4 EAEs.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*

☒ ***2 Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *Elevación tectónica permanente del terreno de c. 20 cm (1 Palmo) registrada en las Salinas de Torrevieja, puerto y zona litoral sobre una distancia de unos 4 km hacia el Norte, pero probablemente afectó al sector de costa de 14 km entre Torrevieja y Guardamar que define el bloque levantado de la Falla del Bajo Segura.*

☒ ***7 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Grietas abiertas en materiales aluviales ligadas a los procesos de licuefacción y desplazamiento lateral que afectaron a los márgenes del río Segura y el importante sistema de acequias de la zona, la mayoría de ellas construidas a favor de paleocanales y levees del antiguo delta del Segura desarrollado desde tiempos romanos y que rellenó parcialmente la bahía del* Sinus Ilicitanus. *La grieta más grande se abrió en el acantilado rocoso del Cabo Cervera al norte de Torrevieja. No existen descripciones detalladas, pero la fractura era significativa, probablemente de dimensiones decamétricas y anchura métrica.*

☒ ***3 Movimientos de Ladera (SM):*** *Múltiples caídas de rocas a lo largo de las pequeñas sierras y relieves anticlinales localizados en el borde sur de la Depresión del Bajo Segura, especialmente en la Sierra de Hurchillo (a 21 km del epicentro) frente Orihuela. Caídas de rocas significativas en Los Garres (Murcia) a 35 km de distancia.*

☒ ***23 Procesos de licuefacción (LQ):*** *Procesos de licuefacción y aparición de volcanes de arena en la zona epicentral afectando a áreas individuales entre 0,1 y 400 ha en 23 diferentes localidades dentro de las zonas de intensidad IX y X ESI-07 (p.ej. Almoradí, Las Dayas, Catral, Los Dolores, San Fulgencio, Benijófar, Benejúzar) en un radio de 13-10 km alrededor del epicentro macrosísmico, pero también comunes y significantes a distancias epicentrales de 19-20 km (Callosa) dentro de la zona de intensidad VIII. Millares de "respiraderos" de 7-10 cm de diámetro se abrieron en la vega del Segura a favor de los múltiples agrietamientos del terreno registrados.*

☒ ***8 Anomalías Hidrogeológicas (2 HD; 6 HA):*** *Un pozo artesiano (12 m prof.) se desbordó durante algo más de un mes en Montesinos (7,5 km). Chorros y borboteos de aguas de hasta 1m de altura en las Salinas de Torrevieja (10-12 km) se produjeron intermitentemente hasta 3 años después del terremoto, generándose craterlets de 3 a 30 m de diámetro en la costra salina (1,5 m espesor) del fondo de la laguna. Cambios temporales del caudal de fuentes y manantiales (45-55 km) y pequeños cambios en la turbidez y temperatura de fuentes termales (55-65 km).*

☒ ***4 Oleaje Anómalo y Tsunamis (2 WA; 2 TS):*** *Oleaje anómalo que provocó el choque violento y desperfectos de embarcaciones en los puertos de Torrevieja (12 km) y Alicante (33 km). Retirada temporal de escala centimétrica en Torrevieja. El terremoto fue sentido en una embarcación que navegaba a c. 33 km al SE de Torrevieja.*

☒ ***Otros Efectos:*** *Evidente ondulamiento del terreno como consecuencia de los procesos de licuefacción; probable emanación de aguas saladas y/o gases en los procesos de licuefacción provocando la muerte de la vegetación circundante; llamaradas espontáneas por combustión de gases (No catalogados en esta edición).*

☒ ***4 Efectos Arqueosismológicos:*** *Daños graves y destructivos en la zona epicentral. Solo se han catalogado caídas o daños orientados en Elche y Murcia (VI-VII EMS).*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Informe del terremoto por Larramendi (1829) que visitó inmediatamente después del evento. También ha sido investigado por De Prado (1863) y Rodríguez de la Torre (1984). Datos recientes de la Falla del Bajo Segura (E-O), una falla inversa ciega que genera relieves anticlinales en superficie, la identifican como la más probable fuente sismogenética del evento (Alfaro et al., 2012). Estos autores identifican un mínimo de 7 eventos paleosísmicos durante los últimos 8000 años en los primeros 40m del relleno sedimentario de la zona en base a la identificación y datación de niveles de sismitas. El evento catalogado posee características similares al de Emilia-Romana 2012 (Mw 6,2), también generado por una falla inversa ciega (cabalgamiento frontal de los Apeninos), que provocó importantes fenómenos de licuefacción a lo largo de antiguos paleocanales de la Llanura Padanna. El análisis paleogeográfico sísmico desarrollado por Silva et al. (2015) indica que los procesos de licuefacción más importantes ocurridos en 1829 AD se desarrollaron en antiguos paleocanales y levees del antiguo delta del Segura, que desde época romana ha ido creciendo hacia el NNE invadiendo la antigua zona de Bahía del* Sinus Ilicitanus. ***Calidad de la Información Geológica: Clase A.***

Investigación / Compilación de la información: *Pablo G. Silva (USAL); Teresa Bardají (UAH); Jorge Cuadrado (USAL). Actualizado en 2017.*

IMAGEN EVENTO



Imagen del evento reproducida en un diario de la época de Barcelona, se observan las ciudades de Almoradí, Benejúzar, Guardamar y Torrevieja que quedaron completamente destruidas. También se observan las ciudades más importantes de la zona (Orihuela, Murcia y Elche) donde también se sufrieron daños de grado VII EMS.

HST 18451007: TIVISSA (Tarragona). 1845 AD												HISTÓRICO	
FECHA AMD	**HORA Y MIN.**	**LONGITUD**	**LATITUD**	**MAG (Mw/Ms/M*)**	**EMS 98**	**MSK 64**	**ESI 07**	**Q_e**	**Q_i**	**Q_g**	**LOCALIZACIÓN TERREMOTO**		
18451007AD	6:30	0°45' E	41°02' N	5,1 Mw	VI-VII	VII	VII	B	C	B	**Tivissa. T.**		
Método de datación:		CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Jardí, R. y Brú, F.M. (1921), Galbis (1932), Font, E. *et al.* (2010)									**Tipo Evento:**	HST	
Prof. km	5 -10 Km	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**Mo**	-	**Eventos asociados**		PREMONITORES y RÉPLICAS	**Agencia:**	IGN	
EEE Primarios		NO		**Longitud Falla**		-		**Desplazamiento**		-	**Tipo Desp.:**	-	
EEE Secundarios		SÍ		**Categoría ESI07**		☒GK ☒SM ☐LQ ☐HD ☒HA ☐WA ☐TS					**Área afectada:**	< 10 km²	
Otros EEE Ambientales		SÍ		☒ OTROS EFECTOS (OT): Se percibió ruido sísmico en Falset. Presencia de piedras negras con hedor a azufre en una grieta de la finca del Manou.									
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ		☒ EAEs: Daños registrados en varias poblaciones correspondientes a caídas de chimeneas y aleros de los tejados, formación de grietas en las paredes de las casas y templos, siendo necesario apuntalar algunas edificaciones nuevas para evitar su desplome.									

Documentación IGN 2002: 36, 51, 89, 137, 155, 160, 165, 206, 263, 310, 312, 400, 426, 504, 545, 550, 572, 687, 784, 785, 1051

Referencias bibliográficas básicas:

Font, E. *et al.* (2010): La serie sísmica de Tivissa, 1845 (Cadenas costeras catalanas): Los deslizamientos del Barranco del Manou. Revista de la Sociedad Geológica de España, 23(1-2), 69-80
Galbis, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5° E y 20° W de Greenwich y los paralelos 45° y 25° Norte, Tomo I. Instituto Geográfico Catastral y de Estadística, Madrid.
Jardí, R. y Brú, F.M. (1921): Terremoto catalán del año 1845. Revista Ibérica, vol. XV, pp. 60-62
Martínez Solares, J.M., Mezcua, J. (2002): Catálogo Sísmico de la Península Ibérica (880 a. C. – 1900). Monografías IGN, 18. IGN, Madrid (Spain), 253 pp.
Rodríguez de la Torre, (1997). Revisión del catálogo sísmico ibérico. Años 1801-1850. Instituto Geográfico Nacional. Informe interno.
Roset Piñol, J. (2008): El terratrèmol de Tivissa de l'any 1845. Miscel·lània del CERE, vol. 19, pp. 255-264



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 18451007 Tivissa, T.	0°45' E	41°02' N	5,1 Mw	VI-VII	VII	VII	B	**Central Catalan Coastal Zone (Zone 23)**
EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Jardí, R. y Brú, F.M. (1921), Galbis (1932), Font, E. *et al.* (2010)								**Event Type:** **HISTORIC**

GENERAL DAMAGE: Damage affecting an area <10 km² (≥ V EMS), with maximum local intensity of VII EMS. No deaths are reported. Damages were reported in buildings and churches. In Pratdip, Vandellòs and in the Hermitage of Santa Marina (10 km from Tivissa), walls collapsed and cracks opened in several houses, some of which had to be rebuilt; cracks were also opened on the walls of the temples. In Tivissa, many chimneys and some rooftops collapsed; a stone block fell from the church tower and a crack opened in the main facade; "*in the narrow streets almost touched the walls*"; a roof fell and several new houses had to be propped up to avoid their fall. The people abandoned the houses for some days. The main event with epicenter near Tivissa (VI-VII EMS), which occurred on October 7, 1845, was preceded by minor foreshocks. The seismic series began on September 9 (Rodríguez de la Torre, 1997), coinciding with a rainfall with important precipitations that, probably, influenced the ground stability, amplifying some of the recorded environmental effects (GK, SM). Aftershocks continued until October 14. The main earthquake was felt in Barcelona (III EMS), Cornudella del Montsant (IV-V EMS), Falset (IV-V EMS), Tortosa (IV-V EMS), Sta. Pratdip (V-VI EMS) and Vandellòs (VI EMS).

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Environmental damage by secondary effects over an area of c. 5 km², with a maximum local intensity VII ESI-07. The available data are not sufficient to assign the catalogued effects to a specific event, as they are the result of a seismic series with two important events recorded on 3 (VI EMS) and 7 October (VI-VII EMS). Four ground cracks (GK) are documented in the Barranco del Manou as consequence of important large landslides (tension cracks in the crown scarps), favored by a local effect of the topography, the climatic conditions and the type of materials (interbedded limestones and marls). There are also documented large rockfalls in the area of Les Meliques (2 km) and in the Coma de la Fena valley (3 km from the epicenter).

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☒ ***4 Ground cracks (GK):*** *Ground cracks in the Barranco del Manou (4 km south of Tivissa) that correspond to upper tension cracks (crown scarps)of the multiple landslides occurred in the area.*
☒ ***6 Slope movements (SM):*** *4 landslides in the Barranco del Manou (2 km from the epicenter): One mass movement of 70 m length, 40 m of average width and more than 10 m depth, in which the detached block moved downslope and collapsed; One semi-circular landslide of 70 m length, 8 m width and more than 10 m depth, which moved without collapsing; and two smaller (no quantified) landslides that plunged into the valley. Fall of calcareous blocks of variable dimensions in the Les Meliques valley (2 km from the epicenter). Rockfalls of large blocks in unstable equilibrium in the Coma de la Fena valley (3 km epicenter).*
☐ ***Liquefaction processes (LQ):*** *No Reported.*
☒ ***1 Hydrogeological anomalies (1 HA):*** *Rock collapses at the Coma de la Fena valley (3 km from the epicenter) triggered the appearance of a new spring.*
☐ ***Anomalous waves and tsunamis (AW; TS):*** *No Reported.*
☒ ***Other effects:*** *Seismic noise was perceived in Falset. Appearance of black stones linked to suspect sulfur gas emissions from a crack in the Barranco del Manou.*
☒ ***Archaeoseismic damage:*** *Several damages in Pratdip, Vandellòs and in the Hermitage of Sta. Marina (13 km from Tivissa). Walls collapsed and cracks opened in several houses, being necessary to prop up some new buildings to avoid their collapse, others had to be rebuilt. However, it is not possible to catalog archaeological damages due to lack of data in the orientation of damages.*

☒ ***Geological Data:*** *The study of this event is mainly based on the data provided by Jardí and Brú (1921). Recently, Font, E.* et al. *(2010) present a study on the important landslides that occurred as a consequence of the seismic series, proposing as a probable seismic source a movement in normal fault above the NE-SW Vandellòs thrust or some normal fault branch of the Priorat Fault. These authors assign to the main event a moment magnitude of 5.1 Mw, with a rupture area of 46.3 km² based on the Wells and Coppersmith (1994) empirical relationships. Finally, Roset Piñol (2008) incorporates in his study a field report of D. Enrique Bayo (Engineer Inspector of Mines) produced on October of 1845 after the inspection of the area.* ***Quality of Geological Information: Class B.***

Research / Data compilation by: *Begoña Bautista (USAL), Pablo G. Silva (USAL). Newly Published 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 18451007 Tivissa, T.	0º45' E	41º02' N	5,1 Mw	VI-VII	VII	VII	B	**Zona Costero-Catalana Central (Zona 23)**
EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN Ref.: Jardí, R. y Brú, F.M. (1921), Galbis (1932), Font, E. *et al.* (2010)								**Tipo de Evento** **HISTÓRICO**

DAÑOS GENERALES: Daños que afectaron un área < 10 km² (≥ V EMS), con intensidad local máxima de VII EMS. No se consignan víctimas mortales. Se registraron daños en edificaciones e iglesias. En Pratdip, Vandellòs y en la Ermita de Sta. Marina (10 km de Tivissa) se desplomaron tabiques y se abrieron grietas en varias casas, algunas de ellas que tuvieron que ser nuevamente edificadas; también se abrieron grietas en las paredes de los templos. En Tivissa se derrumbaron multitud de chimeneas y algunos aleros de los tejados; cayó una piedra de la torre de la iglesia y se abrió una grieta en la fachada principal; "*en las calles estrechas casi se tocaban las paredes*", se desplomó un terrado y varias casas nuevas tuvieron que ser apuntaladas para evitar su caída. Los habitantes de estas poblaciones abandonaron sus casas durante algunos días. El evento principal con epicentro en Tivissa (VI-VII EMS), ocurrido el 7 de octubre de 1845, fue precedido por otros eventos de menor intensidad. La serie sísmica dio comienzo el día 9 de septiembre (Rodríguez de la Torre, 1997), coincidiendo con un temporal con importantes precipitaciones que, probablemente, hayan influido en el estado del terreno, potenciando algunos de los efectos ambientales registrados (GK, SM). Las réplicas se prolongaron hasta el 14 de octubre. El terremoto principal fue sentido en Barcelona (III EMS), Comudella del Montsant (IV-V EMS), Falset (IV-V EMS), Tortosa (IV-V EMS), Ermita de Sta. Marina (V-VI EMS), Pratdip (V-VI EMS) y Vandellòs (VI EMS).

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Los daños ambientales producidos por efectos secundarios cubren un área de unos 5 km², con intensidad local máxima de VII ESI-07. La documentación de que se dispone no permite asignar los efectos valorados a un evento concreto, puesto que son resultado de una serie sísmica con dos eventos importantes registrados los días 3 y 7 de octubre. Se documentan 4 agrietamientos del terreno (GK) en el Barranco del Manou (grietas de tensión en cabecera de deslizamientos) relacionados con importantes deslizamientos de grandes dimensiones, favorecidos por un "efecto sitio" relacionado con la topografía local y, a su vez, por las condiciones climatológicas sufridas y el tipo de materiales (calizas y margas). También se documenta desprendimientos de rocas en equilibrio inestable en el Barranco de Les Meliques (2 km) y en el valle Coma de la Fena (3 km del epicentro).

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☒ ***4 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Agrietamientos del terreno en el Barranco del Manou (4 km al Sur de Tivissa) que se corresponden con grietas de tensión en las cabeceras de los diferentes deslizamientos registrados en la zona.*
☒ ***6 Movimientos de ladera (SM):*** *Se registran 4 deslizamientos en el Barranco del Manou: Un deslizamiento de 70 m. de longitud, 40 m. de anchura media y profundidad superior a los 10 m, en el que la parte separada se desplazó derrumbándose parcialmente; Otro deslizamiento de geometría semicircular de 70 m de longitud, 8 m de anchura y una profundidad superior a los 10 m, que se desplazó sin llegar a derrumbarse; y Dos deslizamientos de dimensiones más pequeñas (sin cuantificar) que se precipitaron hacia el valle. Desprendimiento de bloques calcáreos de dimensiones variables en la zona de Les Meliques. Desprendimiento de rocas en equilibrio inestable en el valle Coma de la Fena (3 km epicentro).*
☐ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *No Registrados.*
☒ ***1 Anomalías Hidrogeológicas (1 HA):*** *Uno de los desprendimientos ocurridos en el valle Coma de la Fena (3 km) dio origen a una fuente que aún mana hoy día.*
☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (AW; TS):*** *No Registrados.*
☒ ***Otros efectos:*** *Se percibió ruido sísmico en Falset. Presencia de piedras negras con hedor a azufre a partir de una grieta de la finca del Manou.*
☒ ***Efectos arqueosismológicos:*** *Numerosos daños en Pratdip, Vandellòs y en la Ermita de Sta. Marina (13 km de Tivissa). Se desplomaron tabiques y se abrieron grietas en varias casas, siendo necesario apuntalar algunas edificaciones nuevas para evitar su desplome, otras tuvieron que ser nuevamente edificadas. Sin embargo, no se puede realizar una catalogación de los daños arqueosismológicos por carecer de datos en la orientación de los daños.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *El estudio de este evento está basado principalmente en los datos aportados por Jardí y Brú (1921). Recientemente Font et al. (2010) presentan un estudio sobre los importantes deslizamientos ocurridos en la zona del Manou como consecuencia de la serie sísmica, proponiendo como fuente sísmica probable el movimiento de alguna falla normal situada en la zona superior del cabalgamiento NE-SO de Vandellòs o alguna ramificación meridional de la Falla del Priorat. Estos autores asignan al evento principal una magnitud momento de 5,1 Mw con una superficie de ruptura de 46,3 km² (relaciones de Wells y Coppersmith, 1994). Por último, Roset Piñol (2008) incorpora en su estudio un informe de D. Enrique Bayo (Ingeniero Inspector de Minas) realizado el 29 de octubre de 1845 sobre el terreno.* ***Calidad de la Información Geológica: Clase B.***

Investigación / Compilación de la información: *Begoña Bautista (USAL), Pablo G. Silva (USAL). Nueva publicación 2017.*

IMAGEN EVENTO



Vista lateral de un bloque calcáreo de grandes dimensiones desplazado unos 30 metros de su posición inicial en la finca del Manou. (Modificado de Roset Piñol, 2008).

HST 18510515: NE. PALMA DE MALLORCA (Mallorca). 1851 AD — HISTÓRICO

FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
18510515*AD*	01:47	2°40' E	39°38' N	≥ 4,5 M	VII	VIII	VIII	B	C	A	**Palma de Mallorca. PM.**

Método de datación:	CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Bouvy (1851; 1853), Galbis (1932), Pujó (1851), Silva *et al.* (1999; 2001; 2016)							**Tipo Evento:**	HST
Prof. km	-	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**Mo**	-	**Eventos asociados**	RÉPLICAS	**Agencia:**	IGN
EEE Primarios	SÍ	**Longitud Falla**	-	**Desplazamiento**	-			**Tipo Desp.:**	-		
EEE Secundarios	SÍ	**Categoría ESI07**	☒GK ☒SM ☒LQ ☒HD ☒HA ☐WA ☐TS					**Área afectada:**	110 km²		
Otros EEE Ambientales	NO	☐ OTROS EFECTOS (OT): No registrados.									
EAE Efectos Arqueosismológicos	SÍ	☒ EAEs: Colapso parcial de torres y naves dela mayoría de iglesias (incluida la Catedral) en Palma. Daño severo y colapso parcial de unos pocos cientos de casas. Rotación por inercia de columnas y cúpulas, con un máximo de 56° en la ciudad de Palma. Colapso total de la Iglesia de Sant Marçal (Marratxi) tras una importante réplica 20 días después.									

Documentación IGN 2002: 142, 160, 165, 166, 267, 273, 280, 400, 405, 431, 504, 572, 583, 600, 635, 642, 687, 721, 731

Referencias bibliográficas básicas:

Bouvy, P. (1851): Sobre el Terremoto ocurrido en la Isla de Mallorca el 15 de mayo último. Rev. Minera, 2 (26), 375-378.
Bouvy, P. (1853): Notice sur le tremblement de terre du 15 mai 1851, de l'ile de Mayorque. Bol. Soc. Geol. France, 10, 359-364.
Galbis, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5° E y 20° W de Greenwich y los paralelos 45° y 25° Norte, Tomo I. Inst. Geográfico Catastral y Estadística, Madrid.
Pujó, M. (1851): Le tremblement de terre du 15 mai 1851 de l'ile de Mayorque. Comp. Rend. Acad. Sci. Paris, 2. p.23
Silva, P.G. *et al.* (1999): Quaternary reverse surface faulting in Mallorca Island (Baleares, Spain). Geogaceta, 26, 99-102.
Silva. P.G. *et al* (2001): Paleoseismicity and historical seismicity in the Mallorca Island (Baleares, Spain): A preliminary approach. Acta Geológica Hispánica, 36, 245-266.
Silva. P.G. *et al.* (2016): Geochronology of the Sencelles fault scarp and its relationships with the AD 1851 Mallorca Earthquake (Baleares Islands, Spain). Geotemas, 12, 653 – 656.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 18510515 NE. Palma de Mallorca, PM	2°40' E	39°38' N	≥ 4,5 M	VII	VIII	VIII	A	**Balearic Islands (Zone 32)**

EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Bouvy (1851; 1853), Galbis (1932), Pujó (1851), Silva *et al.* (1999; 2001; 2016)	**Event Type:**	**HISTORIC**

GENERAL DAMAGE: 1 death by heart-attack at Sóller and about 50 injuries (Palma) as indicated in the epoch newspapers (Silva *et al.*, 2001). Partial collapses of many churches, including the Cathedral in Palma de Mallorca. Severe damage and partial collapse of a few hundred of houses and public buildings (Almudaina Palace; Palma Prison). Inertial rotation of columns, buttresses and cupolas with a maximum of 56° at the city of Palma de Mallorca. Total collapse of the previously damaged Sant Marçal Church at Marratxi (epicentral area) due to a relevant aftershock (V EMS) 20 days later.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects REPORTED. Maximum environmental damage by secondary effects affecting an area over 110 km², comprised within the range of intensity VI ESI-07, between the towns of Palma de Mallorca, Marratxi-El Porto I (East) and the mountain passes of Sóller and Valldemosa where the most noticeable effects were recorded. They respond to large rockfalls in the mountain passes of Sóller (12 km) and Valldemosa (10km), the first was closed for a few days, as stated in the epoch newspapers (Silva *et al.*2001). The epicentral area, near the town of Marratxi (Bouvy, 1851; Pujó, 1851) suffered the greatest damage with the total collapse of the Marratxi Church due to relevant aftershock (V EMS) 20 days later. In Portol, Silva *et al.* (2001) document karstic subsidence processes affecting to the ground surface and almond groves probably associated with this earthquake. Numerous springs flowed turbid waters in the epicentral area. NE of Palma, the Font de la Vila (4 km) increased its flow-rate for 48 hours, and at Campos (c. 38km away) the thermal spring of Font Santa recorded increase of both flow-rate and temperature accompanied by sulphurous gas emissions. The trench excavated in Sencelles fault (Sta. Eugenia) published by Silva *et al.* (2005) did not provide revealing data, except for a probable event before 1948 AD dated by the occurrence of car-oil cans (ERTOIL) in the last unaffected sedimentary layer (anthropic). The probable reactivation of the fault is also documented by differentially colonised fault scarp lichen ribbons, which has been dated by lichenometry in 1853 ± 18 AD (*A. radiosa*) y 1855 ± 59 AD (*A. calcarea*), although it's probably a secondary (but recurrent) effect of ground differential subsidence (Silva *et al.*, 2001).

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☒ ***2 Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *Subsidence in the El Portol Doline at the epicentral area (<1 km away) producing apparent surface reverse faulting of about 1.2 m high. Many trees distorted along the fault scarp and associated collapse of stone fences. Reactivation of previous rock-fault scarps along the Sta. Eugenia segment (2.8 km length) of the Sencelles fault at Sta. Eugenia, with basal fault scarp lichen-free ribbons of 23-47 cm along the last 840 m of the fault scarp.*
☒ ***3 Ground cracks (GK):*** *Numerous ground fissures and cracks occurred in the localities of Marratxi, Sa Cabaneta, El Portol in the epicentral area.*
☒ ***2 Slope movements (SM):*** *Multiple small rockfalls and Landslides in Mountain pass within the Tramuntana range NE of Palma de Mallorca, (Valldemosa, Sóller, Banyalbufar) about 20-25 km from the epicentre.*
☒ ***1 Liquefaction processes (LQ):*** *Limited liquefaction in swamped areas of the Palma Bay (site effect). This place corresponds to the present Sant Jordi Plain, an ancient lagoon artificially drained immediately after the earthquake, being the responsible of the draining works the Dutch engineer Paul Bouvy.*
☒ ***3 Hydrogeological anomalies (1 HD; 2 HA):*** *Numerous springs flowed turbid waters. Increase of flow rate and temperature accompanied by emission of sulphurous gases, at the thermal spring of Campos (38 km of epicentral distance). Change in the flow rate of Font de la Vila spring NE of Palma de Mallorca lasted for 48h.*
☐ ***Anomalous waves and tsunamis (AW; TS):*** *No Reported.*
☐ ***Other effects:*** *No Reported.*
☒ ***Archaeoseismic damage:*** *Partial collapse of churches. Severe damage and partial collapse of a few hundred of houses. Inertial rotation of columns and cupolas with a maximum of 56° at the city of Palma de Mallorca. Total collapse of the Marratxi Church due to relevant aftershocks 20 days later.*
☒ ***Geological Data:*** *Event extensively documented by epoch reports (Bouvy 1851; 1853: Puyó, 1851) an recent geological research (Silva* et al., *1999; 2001; 2005; 2016).* ***Quality of Geological Information: Class A.***

Research / Data compilation by: *Pablo G. Silva (USAL). Newly published 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 18510515 NE. Palma de Mallorca, PM	2º40' E	39º38' N	≥ 4,5 M	VII	VIII	VIII	A	**Archipiélago Balear (Zona 32)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN
Ref.: Bouvy (1851; 1853), Galbis (1932), Pujó (1851), Silva *et al.* (1999; 2001; 2016)

Tipo de Evento | **HISTÓRICO**

DAÑOS GENERALES: 1 muerto en Sóller por paro cardiaco y alrededor de 50 heridos en Palma. Colapso parcial de las iglesias (Catedral, San Justo, Sta. Eulalia, Convento de Las Clarisas). Daño severo y colapso parcial de unos pocos cientos de casas y edificios públicos (Alcázar de La Almudaina, Prisión) de las que muchas tuvieron que ser demolidas. La Catedral sufrió graves daños en su fachada sur, perdiendo una de sus torres, y tuvo que ser reconstruida a partir de 1860. Rotación por inercia de columnas, contrafuertes (Catedral) y cúpulas (edificio particular), con un máximo de 56º en la ciudad de Palma de Mallorca indicativo de importantes aceleraciones verticales del terreno. Colapso total de la Iglesia de Sant Marçal (Marratxi) debido a la importante réplica (V EMS) ocurrida a los 20 días del evento principal.

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios REGISTRADOS. Los daños ambientales por efectos secundarios más importantes abarcan un área algo superior a los 100 km² comprendida dentro de la zona de intensidad VI ESI-07, entre las localidades de Palma de Mallorca, Marratxi-El Portol (Este) y los pasos montañosos de Sóller y Valldemosa donde se registran los efectos más notorios. Estos responden a grandes desprendimientos de rocas en los pasos montañosos de Sóller (12 km) y Valldemosa (10 km), el primero estuvo cerrado durante algunos días, como recogen los diarios de la época (Silva *et al.*, 2001). La zona epicentral en las cercanías de las poblaciones de Marratxi y Sa Cabaneta (Bouvy, 1851; Pujó, 1851) fue la que sufrió los mayores daños, desplomándose la iglesia de Sant Marçal (Marratxi) a consecuencia de una importante réplica (V EMS) a los 20 días. En el Portol, Silva *et al.* (2001) documentan procesos de subsidencia kárstica afectando al terreno y arboleda (almendros) probablemente asociados a este terremoto. Se enturbiaron multitud de fuentes en la zona epicentral. Al NE de Palma, la Font de la Vila (4 km) aumentó su caudal durante 48 horas, y en Campos, a unos 38 km de distancia epicentral, la fuente termal de la Font Santa registró aumento de caudal y temperatura acompañado por emanaciones de gas sulfúrico. La trinchera realizada en la Falla de Sencelles (Sta. Eugenia) publicada por Silva *et al.* (2005) no aportó datos reveladores, a excepción de un probable evento anterior a 1948 AD. Este también se encuentra documentado por las distintas bandas de colonización de líquenes (*Aspicilia calcarea* y *A. radiosa*) a lo largo de la base del escarpe de falla entre Sencelles y Sta. Eugenia. En esta zona una banda basal de c. 23 cm de ancho documenta una reactivación del escarpe de falla a lo largo de los últimos 840 m de la misma, datado mediante liquenometría en 1853 ± 18 AD (*A. radiosa*) y 1855 ± 59 AD (*A. calcarea*). Aunque las fechas lo relacionan directamente con el terremoto de 1851, la intensidad máxima del mismo (VII) probablemente se trate de una ruptura secundaria, pero recurrente, de hundimiento diferencial del terreno (Silva *et al.*, 2016).

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*

☒ ***2 Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *Reactivación del Escarpe de Falla de Sencelles en el segmento de Sta Eugenia (2.8 km de longitud) que afecta a sus últimos 840 m, documentado bandas con diversas poblaciones de líquenes de 23-47 cm de ancho a lo largo de la base de su escarpe de falla en roca, siendo la banda de 10-14 cm la correspondiente al terremoto. Subsidencia en la Dolina de El Portol en la zona epicentral (<1 km) produciendo un visible escarpe de falla inversa de aproximadamente 1,2m de altura. Muchos árboles inclinados a lo largo del escarpe de falla y colapso asociado de muros de piedra.*

☒ ***3 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Fisuras y grietas en el terreno sin determinar en las poblaciones de Marratxi, Sa Cabaneta y el Portol.*

☒ ***3 Movimientos de ladera (SM):*** *Múltiples desprendimientos de rocas y deslizamientos de tierra en los pasos de montaña de la Sierra de Tramuntana que conectan con Valldemosa, Sóller, Banyalbufar al NE de Palma de Mallorca, a unos 10 a 12 kilómetros del epicentro. No se determinan sus dimensiones pero suficientes para cortar tales pasos de montaña durante algunos días, según documenta la prensa de la época.*

☒ ***1 Procesos de licuefacción (LQ):*** *Licuefacción limitada en zonas inundadas de la Bahía de Palma (efecto-sitio). Este lugar corresponde a la actual llanura de Sant Jordi, una antigua laguna drenada artificialmente inmediatamente después del terremoto. De hecho, el ingeniero holandés Paul Bouvy, que documenta el terremoto, era el encargado de las obras de drenaje del Pla de Sant Jordi.*

☒ ***3 Anomalías Hidrogeológicas (1 HD; 2 HA):*** *Numerosos manantiales manaron aguas turbias. Aumento del caudal y la temperatura acompañada de la emisión de gases sulfurosos en la fuente termal de Campos (Font Santa a 38 km). Desecación temporal (c. 48 h) del manantial kárstico de La Font de la Vila (4 km) que surte a la ciudad de Palma de Mallorca.*

☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (AW; TS):*** *No Registrados.*

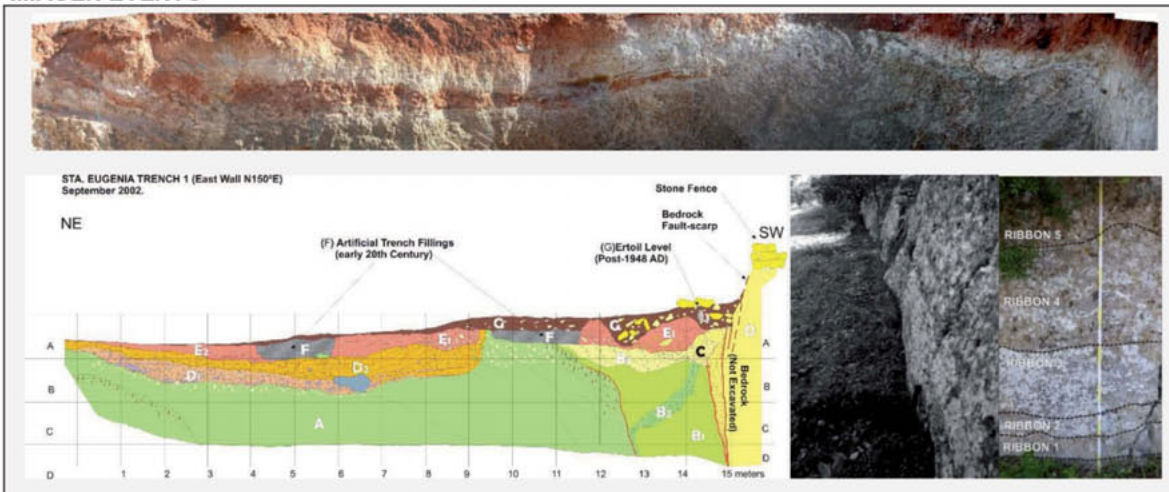
☐ ***Otros efectos:*** *No Registrados.*

☒ ***3 Efectos arqueosismológicos:*** *Colapso parcial de la torre sur de la portada de la Catedral de Palma y rotación por inercia de dos de sus contrafuertes de su esquina SE con un máximo de 56º. Toda la fachada Sur se vio muy afectada por numerosas fracturas. Colapso total de la Iglesia de Sant Marçal en Marratxi debido a la importante réplica ocurrida 20 días después.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Evento documentado por informes o artículos científicos de la época (Bouvy, 1851; 1853; Pujó, 1851), así como extensamente investigado en trabajos recientes por Silva* et al. *(1999; 2001; 2005; 2016) incluyendo la realización de prospección geofísica y una trinchera de falla en la Falla de Sencelles en el entorno del Cementerio de Sta. Eugenia. La Falla de Sencelles parece ser la fuente sísmica más probable de este evento, aunque los desplazamientos decimétricos que se registran a lo largo de su segmento más occidental (Sta. Eugenia) podrían interpretarse no como una ruptura primaria a lo largo del mismo, sino como rupturas secundarias o reactivaciones.* ***Calidad de la Información Geológica: Clase A.***

Investigación / Compilación de la información: *Pablo G. Silva (USAL). Nueva Publicación 2017.*

IMAGEN EVENTO



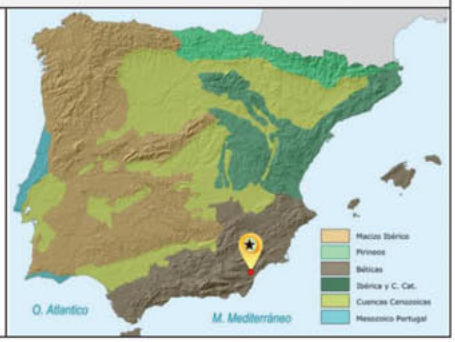
Fotocomposición de la cara Este de la trinchera de falla realizada en la falla de Sencelles (Arriba) e interpretación de la misma (abajo izquierda). A la derecha vista del escarpe de falla en roca de la Falla de Sencelles y de su colonización diferencial por líquenes. El Ribbon 1 corresponde a trabajos artificiales posteriores a 1950. El Ribbon 2 corresponde con la reactivación del escarpe de falla coetáneo al terremoto de 1851 AD.

HST 18630610: HUÉRCAL – OVERA (Almería). 1863 AD											HISTÓRICO	
FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO	
18630610*AD*	11:10	1°56' O	37°22' N	4,2– 4,6 M*	VI-VII	VII	VIII	B	B	A	Huércal-Overa. AL.	
Método de datación:		CATALOGADO Ref. Bibliográfica: De Prado (1863)									Tipo Evento:	HST
Prof. km	-	±EZ	-	±EH-	-	Mo	-	Eventos asociados		RÉPLICAS	Agencia:	IGN
EEE Primarios		NO	Longitud Falla		-	Desplazamiento		-			Tipo Desp.:	Sin datos
EEE Secundarios		SÍ	Categoría ESI07		☒GK ☒SM ☐LQ ☒HD ☒HA ☒WA ☐TS						Área afectada:	98 km²
Otros EEE Ambientales		SÍ	☒ OTROS EFECTOS (OT): Movimiento de la vegetación en torno a Huércal-Overa; Expulsión de gases (CO_2) a través de grietas y fracturas en Huércal-Overa y Vera; Ventilación espontánea de pozos mineros en Sierra Almagrera.									
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ	☒ EAEs: Colapsos parciales en las torres y agrietamiento de fachadas de muchas iglesias en Huércal-Overa, Obera y Cuevas. Daños en el Castillo de Cuevas, en el Palacio del Marqués de Villafranca en Almanzora (Arboleas) y en el Convento de los Padres Mínimos de Vera.									

Documentación IGN 2002: 56, 165, 166, 223, 231, 263, 267, 280, 317, 405, 426, 431, 439, 504, 545, 584, 600, 623, 635, 639, 687, 731, 739, 800

Referencias bibliográficas básicas:

Fernández Bolea, E. (2009): Los terremotos de 1863 en la comarca del Levante almeriense. Espiral, Cuadernos del Profesorado, 2 (3), 27-40.
García Asensio, E. (1908): Historia de la Villa de Huércal-Overa y su comarca precedida de un estudio físico-geológico de la cuenca del río Almanzora. Murcia, 295 pp.
Martínez Solares, J.M., Mezcua, J. (2002): Catálogo Sísmico de la Península Ibérica (880 a. C. – 1900). Monografías IGN, 18. IGN, Madrid (Spain), 253 pp.
Masana, E. *et al.* (2005): Large Holocene morphogenic earthquakes along the Albox fault, Betic Cordillera, Spain. Journal of Geodynamics, 40, 119–133.
Prado, C. de, (1863): Los terremotos de la Provincia de Almería. Revista Minera, 14 (322 - 325), 180 pp.
Silva, P.G. *et al.* (2014): Anatomy of an Earthquake: Geological analysis of the Huércal-Overa AD 1863 event (Almería, SE Spain). Resúmenes 2ª Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, IBERFAULT II. Lorca, España. Octubre, 2014.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)	
HST 18630610 Huércal-Overa AL	1°56' W	37°22' N	4.2– 4.6 M*	VI-VII	VII	VIII	A	Eastern Betic Cordillera (Zone 36)	
EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: De Prado (1863); Fernández Bolea (2009); García Asensio (1908); Martínez Solares & Mezcua (2002); Silva *et al.* (2014)								Event Type:	HISTORIC

GENERAL DAMAGE: Moderate damage in houses and severe damage on churches, with partial collapses in the epicentral area (Huércal-Overa, Obera, Arboleas, Cuevas de Almanzora and Vera). No deaths. Seismic series lasted for nearly four months until 23th September 1863, including several important aftershocks of intensity VI-V EMS at Huércal-Overa, Serón, Cuevas and Vera. In the locality of Serón about 50 km to the East of Huércal-Overa an event V-VI EMS occurred on 9th July 1863 causing severe damage on buildings (churches, houses and city council) of this locality by the collapse of the western wall of the Castle over the city centre. The Main Event on 10th June 1863 was felt in Huércal-Overa (V-VI EMS), Cuevas de Almanzora, Arboleas and Vera (VI EMS), Albox, Cantoria and Sierra de Almagrera (V EMS); and felt at distant localities such as in Águilas (33 km); Lorca (39 km), Almería (73 km) and Cartagena (80 km). Previous estimations assigned a maximum intensity of VII MSK.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Environmental damage by secondary effects over an area of 80-98 km² included within the isoseismal zone VI EMS, affecting to the localities of Huércal-Overa, Cuevas de Almanzora, Vera, Caserío de Los Oribes and the ancient Obera in the vicinity of the present locality of Santa Bárbara. Maximum damage of intensity VIII ESI-07 cover an area of near 10 km² along the Almanzora Valley south of Huércal-Overa, where EMS intensities were not established. 19 EEE records for secondary effects and 5 EAE records.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No reported.*
☒ ***3 Ground cracks (GK):*** *Ground cracks of decametric length and decimetric width, with gas emission causing the death of small domestic animals in Huércal-Overa (2.6 km away) and Cuevas de Almanzora (8.9 km away). In the last locality the largest one of the cracks was 30 m length and 10 cm wide. In Los Oribes (3.5 km away) larger cracks of presumed hectometric length caused the desiccation of the Albojaira Lake.*
☒ ***7 Slope movements (SM):*** *Multiple rockfalls of loose material in step valley slopes and cliffs in the Almanzora Valley and around the ramblas of Saltador, Grande and Guzmaina around Huércal-Overa. All sites located less than 3.5 km away from the epicentre, except two cases in the vicinity of Cuevas de Almanzora about 8.5-9.0 km away. More than eleven sites identified seven of them catalogued.*
☐ ***Liquefaction processes (LQ):*** *No reported.*
☒ ***5 Hydrogeological anomalies (3HD; 2HA):*** *One spring temporally run dry and moved 400 m after the even in the Almanzora Valley (3.2 km away). One spring in Huércal-Overa (2.6 km away) increased significantly the flow-rate. New springs with high water turbidity appeared around el Retablo hill in the Almagro Range (4.1 km away). Near the Tres Pacos Mine (6.5 km away) one thermal spring underwent suspect changes in temperature.*
☒ ***2 Anomalous waves and tsunamis (1WA):*** *Significant decrease on the flow-rate of the Almanzora river during several minutes (1.5-2.5 km away) inducing the temporary stop of the existing water-mills around the ancient Obera. The Albojaira Lake (3.5 km away) disappeared.*
☒ ***5 Other effects:*** *Spontaneous ventilation of underground mines in Sierra Almagrera (La Jarosa Creek, 18 km away); increase of discharge rate (x8) on wells around this mining district; Vigorous tree shaking and gas emissions around Huércal-Overa (2.5 km away). Unidentified EMS Natural Effects in El Taberno (17 km away), probably observable hydrological anomalies in the spring of this town.*
☒ ***7 Archaeoseismic damage:*** *Moderate to strong damage in houses, churches and castles in Huércal-Overa, Obera (VII EMS), Cuevas y Vera (VI EMS).*

☒ ***Geological Data:*** *Earthquake report produced two months after the event by Casiano de Prado (1863). Fault trenching in the Albox Fault (7 km North of Huércal-Overa) by Masana et al (2005) documenting several Late Holocene events, but any related to the studied one. Recent geological analysis of the earthquake by Silva et al. (2014) indicate that the earthquake was related to Eastern termination the E-W Betic thrust front developed along the Almanzora Tectonic Corridor.* ***Quality of Geological Information Class A.***

Research / Data compilation by: *P.G. Silva (USAL), A. Fernández (USAL). Published 2014.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 18630610 Huércal-Overa, AL	1°56' O	37°22' N	4,2– 4,6 M*	VI-VII	VII	VIII	A	**Cordillera Bética Oriental (Zona 36)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN — **Tipo de Evento**: **HISTÓRICO**

Ref.: De Prado (1863); Fernández Bolea (2009); García Asensio (1908); Martínez Solares & Mezcua (2002); Silva *et al.* (2014)

DAÑOS GENERALES: Daños moderados en edificaciones y más dañino en iglesias y castillos, con colapsos parciales en la zona epicentral (Huércal-Overa, Obera, Arboleas, Cuevas de Almanzora and Vera). No se consignaron víctimas mortales. Forma parte de una serie sísmica que duró aproximadamente cuatro meses hasta el 23 de Septiembre de 1863, que incluyó importantes réplicas de intensidad V-VI EMS en Huércal-Overa, Cuevas, Vera y Serón. En esta última localidad (50 km al Oeste de Huércal) un evento de intensidad V-VI EMS ocurrido el 9 de Julio de 1863 causó importantes daños en diferentes edificaciones (iglesia, Ayuntamiento y casas) como consecuencia del colapso del lienzo occidental de la muralla del antiguo Castillo Nazarí de la localidad. El evento principal, ocurrido el 10 de Junio de 1863 fue sentido con intensidad VI-VII EMS en Huércal-Overa, VI en Arboleas, Cuevas de Almanzora y Vera, y con intensidad V en Albox, Cantoria y el distrito minero de la Sierra de Almagrera a unos 18 km de distancia epicentral. Fue sentido con intensidad III EMS en localidades tan distantes como Águilas (33 km); Lorca (39 km), Almería (73 km) y Cartagena (80 km). Estimaciones previas asignan a este terremoto una intensidad máxima de VII MSK (Espinar Moreno, 1998).

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Los daños ambientales por efectos secundarios abarcan un área de 80-98km² incluida dentro de la isosista de intensidad VI afectando a las localidades de Huércal-Overa, Cuevas de Almanzora, Vera, Caserío de Los Oribes y al antiguo despoblado de Obera, localizado en el Valle del Almanzora e incluyendo las actuales barriadas de La Concepción, Santa Bárbara y Los Menas. Los efectos geológicos más severos indican una intensidad VIII ESI-07 cubriendo un área de aproximadamente 10 km² a lo largo del recorrido del Cañón del Almanzora en la Sierra de Almagro, donde las intensidades EMS no han sido establecidas por estudios previos. 19 registros EEE (efectos secundarios) y 5 registros EAE.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No registradas*
☒ ***3 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Grietas en materiales aluviales de longitud decamétrica y anchura decimétrica, acompañadas de emisiones de gas carbónico que causaron la muerte de pequeños animales domésticos (gatos y gallinas) en Huércal-Overa (2,6 km) y Cuevas de Almanzora (8,9 km). En esta última localidad se registró el agrietamiento del terreno de mayores dimensiones con una longitud de 30 m y una anchura de 30 cm. En la zona de los Oribes (3,5 km) se abrieron grietas de mayores dimensiones, presumiblemente de longitud hectométrica, causando la desecación permanente de la antigua Laguna de Albojaira que ocupaba una extensión de 30.000 m².*
☒ ***7 Movimientos de Ladera (SM):*** *Múltiples caídas de rocas en materiales rocosos sueltos en laderas abruptas y cantiles de los valles de Almanzora (Obera y Los Oribes) y ramblas de El Saltador, Guzmaina y Grande en el entorno de Huércal-Overa. Todas las localidades afectadas se sitúan a menos de 3,5 km de distancia epicentral, excepto los registrados en los cantiles y cerros en el entorno de Cuevas de Almanzora (8,5-9 km). Más de 11 sitios localizados, 7 de ellos catalogados.*
☐ ***Procesos de Licuefacción (LQ):*** *No registrados.*
☒ ***5 Anomalías Hidrogeológicas (3HD; 2HA):*** *Una fuente se secó temporalmente por espacio de 15 días, apareciendo de nuevo a 40 m de distancia en el Valle de Almanzora (1,2 km). La única fuente de Huércal-Overa se enturbió temporalmente incrementando significativamente su caudal (2,6 km). Aparecieron nuevas fuentes con aguas turbias y sulfurosas en la Sierra de Almagro, especialmente en el Cerro de El Retablo (4,1 km). En el entorno de la Mina de los Tres Pacos (6,5 km) un manantial experimentó termalidad. La máquina de desagüe del distrito minero de Sierra de Almagro, en el Bco. de El Jaroso (17 km) experimentó un incremento de caudal de entre seis a ocho veces lo habitual.*
☒ ***2 Oleaje Anómalo y Tsunamis (1WA):*** *El río Almanzora disminuyó o paró su flujo durante algunos minutos haciendo que se pararan los molinos harineros del Valle del Almanzora en Obera (1,5-2,5 km). La antigua Laguna de Albojaira (3,5 km) desapareció como consecuencia de la apertura de grandes grietas en su lecho.*
☒ ***5 Otros Efectos:*** *Ventilación espontánea de los pozos mineros de la Sierra Almagrera (Bco. La Jarosa, 18 km); Agitación vigorosa de la vegetación en la vega de Huércal-Overa (Rambla Grande); emisiones de gas carbónico a través de las grietas abiertas en el terreno en Huércal-Overa y Vera.*
☒ ***7 Daños Arqueosísmicos:*** *Daños moderados a graves en edificaciones, iglesias y castillos de Huércal-Overa, Antigua Obera, (VII EMS), Cueva y Vera (VI EMS). colapsos parciales y agrietamientos de torres de iglesias en la Antigua Obera, Huércal-Overa y Vera; caídas orientadas de elementos arquitectónicos en los castillos de los Vélez (Cuevas) y Palacio de Villafranca (Barriada de Almanzora).*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Informe del terremoto por Casiano del Prado (1863) que visitó la zona dos meses después del evento. Trinchera de falla en la Falla de Albox, 7 km al Norte de Huércal-Overa (Masana et al., 2005) documenta algunos terremotos holocenos, pero ninguno relacionado con el que aquí se trata. El análisis geológico de la serie sísmica de Huércal-Overa realizado recientemente por Silva et al. (2014) indica que el terremoto estuvo relacionado con la terminación oriental del frente de cabalgamiento Bético E-O de la Sierra de Almagro que condiciona el Corredor Tectónico del Almanzora.* ***Calidad de la información geológica de Clase A.***

Investigación / Compilación de la información: *P.G. Silva (USAL), A. Fernández (USAL). Publicado en 2014.*

IMAGEN EVENTO

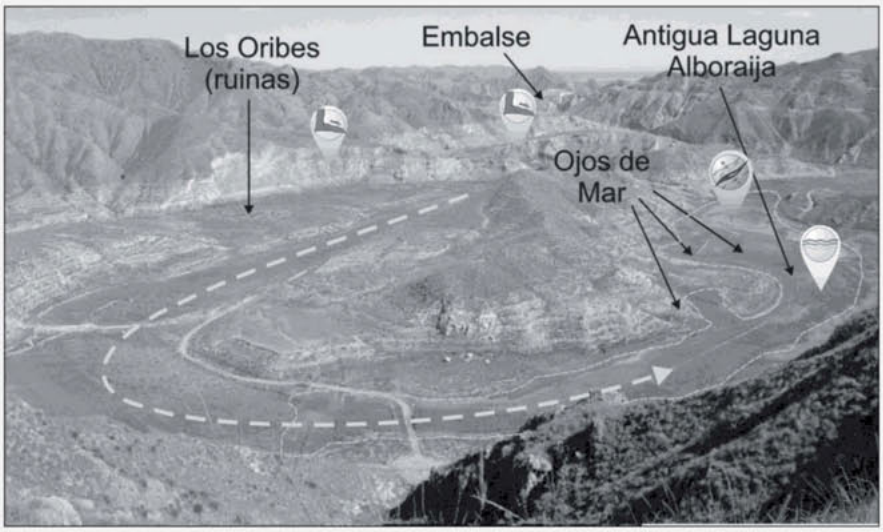
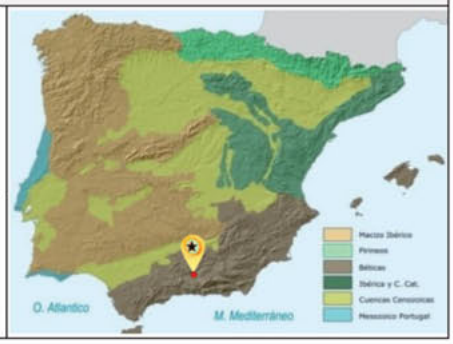


Imagen del meandro abandonado del río Almanzora (Sierra de Almagro) en la zona de Los Oribes, donde se localizaba la antigua Laguna de Albojaira, desecada durante el terremoto por la aparición de grandes grietas en su lecho. Foto original cedida por Martin Stokes (Plymouth University, UK).

HST 18841225: ARENAS DEL REY (Granada). 1884 AD												HISTÓRICO	
FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO		
18841225*AD*	21:08	3°59' O	37°00' N	6,5 – 6,7 M*	IX-X	X	X	A	A	A	Arenas del Rey.GR		
Método de datación:		CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Galbis (1932)									Tipo Evento:	HST	
Prof. km	-	±EZ	-	±EH-	-	M_o	-	Eventos asociados		RÉPLICAS	Agencia:	IGN	
EEE Primarios		SÍ	Longitud Falla		16 km	Desplazamiento		1,3 -1,0 m			Tipo Desp.:	Normal- Dextral	
EEE Secundarios		SÍ	Categoría ESI07		☒GK ☒SM ☒LQ ☒HD ☒HA ☒WA ☒TS						Área afectada:	14.000 km²	
Otros EEE Ambientales		SÍ	☒ OTROS EFECTOS (OT): Numerosos casos de emisión de gases asociados principalmente a cambios en el caudal y quimismo de fuentes, pozos y manantiales. Aparición de nubes de polvo/gas y efectos luminosos asociados.										
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ	☒ EAEs: Los datos de las diferentes comisiones que realizaron un estudio de campo sobre el terremoto permiten identificar numerosos datos sobre daños orientados en la zona epicentral (en estudio).										

Documentación IGN 2002: 24, 29, 50, 85, 87, 88, 91, 119, 161, 162, 165, 166, 167, 191, 212, 213, 244, 254, 263, 267, 273, 280, 285, 293, 325, 366, 405, 407, 420, 426, 431, 435, 439, 457, 458, 459, 460, 461, 465, 469, 472, 477, 478, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 491, 494, 500, 501, 504, 508, 509, 510, 524, 570, 571, 583, 598, 600, 618, 623, 627, 629, 635, 639, 647, 664, 665, 666, 667, 681, 682, 683, 684, 685, 687, 731, 753, 785, 786, 787, 791, 792, 799, 1039, 1048, 1053



Referencias bibliográficas básicas:

Comisión del Mapa Geológico de España (1885): Terremotos de Andalucía. Informe dando cuenta del estado de los trabajos. Bol. Com. Map. Geol. T. XII. Madrid.

Galbis Rodríguez, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5ºE y 20ºW de Greenwich y los paralelos 45º y 25ºN. Dirección General del Instituto Geográfico, Catastral y de Estadística. Tomo I.

Grützner, C. *et al.*, (2013): Late Holocene rupture history of the Ventas de Zafarraya Fault (Southern Spain). Cuaternario y Geomorfología, 27 (3-4), 51-61.

Reicherter, K. *et al.* (2003): Repeated palaeoseismic activity of the Ventas de Zafarraya fault (South Spain) and its relation with the 1884 Andalusian earthquake. Int. Journal Earth Science, 92 (6), 912-922.

EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 18841225 Arenas del Rey. GR	3°59' W	37°00' N	6.5 – 6.7 M*	IX-X	X	X	A	**Betic Cordillera; Internal Zones (Zone 35)**
EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Galbis (1932), Comisión del Mapa Geológico de España (1885), Reicherter *et al.* (2003), Grützner *et al.* (2013)							**Event Type:**	**HISTORIC**

GENERAL DAMAGE: Complete or almost complete destruction of the localities of Arenas del Rey, Alhama de Granada, Albuñuelas, Santa Cruz del Comercio, Zafarraya, Jayena and Periana. Significant damage to populations Canillas de Aceituno, Zafarraya, Salares, Cacín, Alcaucín and Játar. In total there was total collapse of 1,000 houses and more than 17,000 were damaged over the affected area. 900 deaths and more than 2000 injured were produced. The main event (IX-X EMS / X MSK), occurred on December 25th 1884, was felt with X EMS intensity in Arenas del Rey, and with IX EMS intensity in Zafarraya, Alhama de Granada, Santa Cruz del Comercio, Cacín, Fornes, Jayena, Játar, Periana, Alcaucín and Albuñuelas. According to data and epoch's reports, the earthquake was felt as far away localities, such as Ciudad Real (213 km; III-IV EMS), Huelva (253 km; IV EMS), Madrid (355 km; IV EMS) and Alcoy (371 km; III-IV EMS).

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects REPORTED. The set of multiple WNW-ESE earthquake fractures and bedrock fault-scarps (c. 1 m of slip) developed along the piedmont of the Sierras de Alhama and Tejeda on Ventas de Zafarraya fault-trace (c. 17 km in length) has been interpreted as the fault surface rupture produced by the 1884 AD event (Reicherter *et al.*, 2003). The environmental damage produced by secondary effects (EEEs) cover a maximum area of about 14,000 km². Most of the documented EEE are in a radius of about 35 km around the epicenter, covering an area of about 7,800 km². More severe geological effects indicate intensity X ESI-07 covering an area of about 25 km² covering from population Zafarraya to the town of Alhama de Granada, covering part of the Sierra de Almijara. IGN epicentral location is located in the area defined as maximum intensity (ESI X-07). 34 EEE records (2 primary and 32 secondary effects) and 14 EAEs.

☒ ***2 Surface ruptures (SR):*** *Surface rupture (discontinuous) of about 16 km in length on the trace of the WNW-ESE Ventas Zafarraya, with maximum coseismic slip of 1.3 - 1.0 m documented in fault-trench studies carried out in the zone (Reicherter* et al., *2003).*

☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*

☒ ***6 Ground cracks (GK):*** *Major cracks in the vicinity of the Llano de Zafarraya, describing cracks in both Quaternary materials (alluvial deposits) and the bedrock materials of Sierra de Alhama, Sierra de Enmedio and Sierra Tejeda. Most of the cracks have lengths of several hundred meters and decimetric to metric width. All major cracks described in earthquake field-surveys are located less than 20 km away from the IGN epicenter location.*

☒ ***14 Slope movements (SM):*** *Significant gravitational processes are located within the IX ESI-07 intensity zone (Sierras of Alhama, de Enmedio and Tejeda). Some of them dammed small stream-valleys in the epicentral area. Important complex landslides processes occurred in the localities of Guaro (18 km) and Güevéjar (55 km), the latter mobilizing a volume of more than 500,000 m³, triggering the abandonment and relocation of the village of Güevéjar.*

☒ ***1 Liquefaction processes (LQ):*** *liquefaction processes described in Vélez-Málaga.*

☒ ***10 Hydrogeological anomalies (1HD, 9HA):*** *Variation of chemical properties, temperature and flow-rates in fountains, springs and wells, in numerous localities in a radius of about 50 km around the epicentre. Hydrogeological anomalies were also produced in more distant places, the farthest about 120 km east of the epicentre.*

☒ ***9 Anomalous waves and tsunamis (2TS, 7AW):*** *Small anomalous waves and sea-level repeated oscillations in the harbours of Vélez-Málaga (29 km) and Salobreña (45 km). Temporal variations of, location, flow-rate and direction are described for small streams in the epicentral area (20-25 km away from the epicentre) (in study).*

☒ ***2 Other effects:*** *Numerous references to gas emissions. The occurrence of apparent dust clouds and "steam-like" emissions are described in the fault rupture zone.*

☒ ***14 Archaeoseismic damage:*** *There are numerous references to oriented damage in photographs and sketches from the different earthquake reports.*

☒ ***Geological Data:*** *Earthquake field-reports produced by different national and international committees immediately after the event, such as Comm. Geological Map of Spain (1885); Italian Comm. (Taramelli and Mercalli, 1886); French Comm. (Mission d'Andalousie, 1889); Orueta and Duarte (1885). Fault-trenching and geophysical studies in the Ventas de Zafarraya Fault record the AD 1884 event as well as previous Holocene events of similar magnitude especially between. BC 2000 and BC 500, but the oldest with a minimum age of c. 9500 BP (Reicherter* et al., *2003; Grützner* et al., *2013).* ***Quality of Geological Information Class A.***

Research / Data compilation by: *M.A. Rodríguez-Pascua (IGME); M.A. Perucha; J.L. Giner Robles (UAM), Updated 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 18841225 Arenas del Rey. GR	3°59' O	37°00' N	6,5 – 6,7 M*	IX-X	X	X	A	**Cordillera Bética; Zonas interiores (Zona 35)**
EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN Ref.: Galbis (1932), Comisión del Mapa Geológico de España (1885), Reicherter *et al.* (2003), Grützner *et al.* (2013)								**Tipo de Evento** **HISTÓRICO**

DAÑOS GENERALES: Destrucción completa o casi completa de las poblaciones de Arenas del Rey, Alhama de Granada, Albuñuelas, Santa Cruz del Comercio, Ventas de Zafarraya, Jayena y Periana; importantes daños en poblaciones como Canillas de Aceituno, Zafarraya, Salares, Cacín, Alcaucín y Játar. En total se produjo el colapso total de 1.000 casas y más de 17.000 sufrieron daños de diversa consideración. Se consignó un total de 900 víctimas mortales y más de 2000 heridos. El evento principal (IX-X EMS / X MSK), ocurrido el 25 de diciembre de 1884, fue el evento principal de una serie que duró algo más de un año y que tuvo numerosas réplicas: 2 eventos de intensidad VII EMS, 2 de VI-VII EMS, 16 de V EMS y más de 30 de intensidad IV EMS. El terremoto principal fue sentido con intensidad X EMS en Arenas del Rey, y con intensidad IX EMS en Zafarraya, Ventas de Zafarraya, Alhama de Granada, Santa Cruz del Comercio, Cacín, Fornes, Jayena, Játar, Periana, Alcaucín y Albuñuelas; con intensidad VIII EMS en numerosas poblaciones como Canillas de Aceituno, Sedella, Salares y Vélez-Málaga entre otras. Según los datos e informes de la época se sintió en poblaciones tan distantes como Ciudad Real (213 km; III-IV EMS), Huelva (253 km; IV EMS), Madrid (355 km; IV EMS) y Alcoy (371 km; III-IV EMS).

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios REGISTRADOS. Se interpreta como ruptura superficial de la falla que produjo el terremoto, el conjunto de grietas orientadas según ONO-ESE que se desarrollaron sobre la Falla de Ventas de Zafarraya (aproximadamente 7 km de longitud) a los pies de las Sierras de Alhama y de la Tejeda (Reicherter *et al.*, 2003). Los daños ambientales por efectos secundarios documentados abarcan un área algo mayor de 14.000 km², aunque muy dispersos hacia el este. La mayor parte de estos efectos se sitúa en un radio de unos 35 km alrededor del epicentro, abarcando una extensión aproximada de unos 7.800 km². Los efectos geológicos más severos indican una intensidad X ESI-07 cubriendo un área de aproximadamente 25 km² abarcando desde la población de Ventas de Zafarraya hasta la población de Alhama de Granada, cubriendo en parte la Sierra de Almijara. La localización epicentral del IGN se localiza en la zona definida como de intensidad máxima (X ESI-07). 34 registros EEE (2 primarios y 32 secundarios) y 14 EAEs.

☒ ***2 Rupturas de Falla (SR):*** *Ruptura superficial de unos 7 km sobre la traza de la Falla de Ventas de Zafarraya orientada según ONO-ESE a los pies de las Sierras de Alhama y de la Tejeda.*

☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*

☒ ***6 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Importantes agrietamientos en la zona del Llano de Zafarraya, describiéndose grietas tanto en los materiales cuaternarios como en los materiales competentes de las Sierra de Alhama, Sierra de Enmedio y en la Sierra de la Tejeda, la mayoría de ellas con longitudes de varias centenas de metros y aperturas de decimétricas a métricas. Todas las grietas mayores descritas en la documentación se localizan a menos de 20 km de la situación del epicentro definida por el IGN.*

☒ ***14 Movimientos de ladera (SM):*** *Se describen numerosos desprendimientos en la zona englobada en la isosista de IX ESI-07 las Sierras de Alhama, de Enmedio y de la Tejeda. Algunos de ellos llegaron a represar pequeños arroyos en los barrancos de la zona más cercana al epicentro. Importantes procesos de deslizamiento en poblaciones de Guaro (18 km) y Güevéjar (55 km), este último movilizando un volumen de más de 500.000 m³ y que tuvo como resultado el abandono y cambio de localización de la población.*

☒ ***1 Procesos de licuefacción (LQ):*** *Se describen procesos de licuefacción en Vélez-Málaga. En la documentación se hace referencia a más localidades pero sin especificar cuáles.*

☒ ***10 Anomalías Hidrogeológicas (1HD, 9HA):*** *Se refieren numerosos efectos de variación de quimismo, temperatura y caudal en fuentes, manantiales y pozos de poblaciones situadas en un radio de aproximadamente 50 km con respecto al epicentro, aunque se refieren efectos en poblaciones mucho más distantes, las más alejadas a unos 120 km al este del epicentro del terremoto.*

☒ ***9 Oleaje Anómalo y Tsunamis (2TS, 7AW):*** *Pequeñas perturbaciones con ligeras subidas y bajadas del nivel del mar en las localidades de Vélez-Málaga (29 km) y Salobreña (45 km). Se describen también variaciones temporales en pequeños cursos de agua, tanto en su localización, como en la velocidad y dirección de flujo de las aguas.*

☒ ***2 Otros efectos:*** *Numerosos efectos inventariados de emisiones de gases sulfurosos muchos de ellos asociados a anomalías hidrogeológicas en pozos y manantiales. Se describen también la aparición de nubes de polvo y aparentemente "vapor de agua" en la zona de la ruptura de falla y en las zonas de sierra en las que se producen grandes agrietamientos (sierras de la Umbría y de la Tejeda), algunas de ellas con fenómenos de luminiscencia.*

☒ ***14 Efectos arqueosismológicos:*** *Los datos de las diferentes comisiones que realizaron un estudio de campo sobre el terremoto permiten identificar numerosos datos sobre daños orientados en la zona epicentral*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Informes del terremoto por diferentes comisiones nacionales e internacionales que visitaron la zona inmediatamente después del evento (Comisión del Mapa Geológico de España, 1885; Comisión Italiana, Taramelli y Mercalli, 1886; Comisión Francesa "Mission d'Andalousie", 1889), además de otros informes realizados en esas fechas por otros investigadores (Orueta y Duarte, 1885). Estudios paleosísmicos (trincheras de falla) y geofísicos realizados a lo largo de la traza de la Falla de Ventas de Zafarraya, registran el evento de 1884 AD, así como eventos de edad Holoceno previos, especialmente entre el 2000 y el 500 AC, el paleosismo más antiguo registrado posee una edad mínima de c. 9500 BP (Reicherter* et al., *2003; Grützner* et al., *2013).* ***Calidad de la Información Geológica: Clase A.***

Investigación / Compilación de la información: *J.L. Giner Robles (UAM), M.A. Rodríguez-Pascua (IGME). Actualizada 2017.*

IMAGEN EVENTO



Vista de los desprendimientos de roca en Alhama y de los grandes agrietamientos del terreno asociados al deslizamiento de Güevéjar (*Mission d'Andalousie", 1889).*

PRE 19110321: TORRES DE COTILLA (Murcia). 1911 AD											PRE-INSTRUMENTAL
FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
19110321*AD*	14:15	1°15' O	38°01' N	5,7 M*	VII-VIII	VIII	-	A	I	C	Torres de Cotilla. MU

Método de datación:		CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Galbis (1932), Buforn, E. *et al.* (2005)									**Tipo Evento:**	PRE
Prof. km	-	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**Mo**	-	**Eventos asociados**		RÉPLICAS	**Agencia:**	IGN
EEE Primarios		NO		**Longitud Falla**		-		**Desplazamiento**		-	**Tipo Desp.:**	SIN DATOS
EEE Secundarios		NO		**Categoría ESI07**		☐GK ☐SM ☐LQ ☐HD ☐HA ☐WA ☐TS					**Área afectada:**	-
Otros EEE Ambientales		NO		☐ OTROS EFECTOS (OT): No registrados.								
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ		☒ EAEs: Daños importantes en las poblaciones de Torres de Cotilla, Alguazas, Ceutí, Molina, Archenay, Lorquí, con colapso de algunos edificios, caída de chimeneas y aparición de grietas en iglesias, escuelas y otros edificios públicos.								

Referencias bibliográficas básicas:

Baena, J. *et al.* (1993): Mapas Neotectónico, Sismotectónico y de Actividad de Fallas de la Región de Murcia (Escala 1:200.000 y 1:100.000). ITGE-CARM, Madrid.

Buforn, E. *et al.* (2005): Study of the Damaging Earthquakes of 1911, 1999, and 2002 in the Murcia, Southeastern Spain Region: Seismotectonic and Seismic-Risk Implications. Bulletin of the Seismological Society of America, 95, 2, 549-567.

Galbis, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5ºE y 20ºW de Greenwich y los paralelos 45° y 25°N. Tomo I. Dirección General del Instituto Geográfico, Catastral y de Estadística.

Mather, A.E. *et al.*, (1995): Tectonics versus climate: An example from Late Quaternary aggradational and dissectional sequences of the Mula Basin (Murcia, SE Spain). En: Mediterranean Quaternary Rivers Environments (J. Lewin, M. Macklin & J. Woodward Eds.). Balkema, Rotterdam. pp. 77-88.

Sánchez Lozano, R., Marín, A. (1912): Estudio relativo a los terremotos ocurridos en la provincia de Murcia en 1911 por los ingenieros del Cuerpo de Minas D. Rafael Sánchez Lozano y D. Agustín Marín. Instituto geológico de España, 36 pp.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
PRE 19110321 Torres de Cotilla. MU	1°15' W	38°01' N	5.7 M*	VII-VIII	VIII	-	C	**Eastern Betic Cordillera (Zone 37)**

EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Galbis (1932), Sánchez & Marín (1912), Buforn *et al.* (2005).	**Event Type:**	**PRE-INSTRUMENTAL**

GENERAL DAMAGE: Major damage in the locality of Torres de Cotilla (VII-VIII) where four houses in the country side were totally destroyed and the Palace of Pastrana was seriously damaged. Significant damage to buildings and churches in the localities of Alguazas, Lorquí and Campos del Río where intensity also reached VII-VIII EMS. No fatalities were recorded. This event is the first shock of a seismic serie that lasted about 15 days, preceding the VIII EMS earthquake of Lorquí on 3th April (PRE19110403) and aftershocks continued during nearly a year. Some authors consider that this earthquake (March) and the Lorquí one (April) as the main events of a unique seismic serie affecting the middle Segura river-valley.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. No environmental damage is described, although some of the effects assigned to Lorquí, 1911 AD event (PRE19110403), could have been produced by this earthquake. The consulted reports (Sánchez & Marín, 1912) do not clearly distinguish the damage produced by these two events so close in time (13 days) and in space (c. 9 km apart). ESI-07 Scale no applicable for this event. No geological or environmental data has been found in the consulted documents, but several EAEs to perform analyses on oriented damage (in study). No EEE records, 4 records EAE.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☐ ***Ground cracks (GK):*** *No Reported.*
☐ ***Slope movements (SM):*** *No Reported.*
☐ ***Liquefaction processes (LQ):*** *No Reported.*
☐ ***Hydrogeological anomalies (HD; HA):*** *No Reported.*
☐ ***Anomalous waves and tsunamis (WA; TS):*** *No Reported.*
☐ ***Other effects:*** *No Reported.*

☒ ***4 Archaeoseismic damage:*** *Major damage in the town of Torres de Cotilla; fall of chimneys and cracks in the church in the village of Alguazas; in Lorquí numerous cracks and some walls collapses, in Campos del Rio major damage to the school and church tower (oriented damage in these localities in study).*

☒ ***Geological Data:*** *There is no specific geological study on this earthquake. Many relevant NE-SW strike-slip faults (i.e. North-Betic Fault and Alhama de Murcia Fault) occur in the zone, but the seismicity in the middle sector of the Segura valley seems to be related to the NW-SE prolongation of the Socovos Fault, which also is conditioning the orientation and development of the valley during the Pleistocene (Baena et al., 1993). On the contrary than in the April event (PRE19110403), in this case most significant damage (VII-VIII EMS) is aligned in a E-W orientation along the Mula river-valley, where several ENE-WSW Quaternary faults (Campos del Rio and Los Tollos faults). These faults are linked to the Baños de Mula thermal springs and display significant deformations in Late Pleistocene deposits, inducing valley damming and widespread lacustrine deposits between Los Tollos (downstream Campos) and Albuidete, separated 6 km (Mather et al., 1995).*

Research / Data compilation by: *Jorge L. Giner Robles (UAM); Pablo G. Silva (USAL). Published in 2014.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
PRE 19110321 Torres de Cotilla. MU	1º15' O	38º01' N	5,7 M*	VII-VIII	VIII	-	C	**Cordillera Bética Oriental (Zona 37)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN
Ref.: Galbis (1932), Sánchez y Marín (1912), Bufom *et al.* (2005).

Tipo de Evento: **PRE-INSTRUMENTAL**

DAÑOS GENERALES: Daños importantes en la población de Torres de Cotilla en donde se produjo el hundimiento de cuatro casas de campo y daños graves en el Palacio del Duque de Pastrana. Daños graves en edificaciones e iglesias en poblaciones como Campos del Río, Alguazas y Lorquí. No se consignaron víctimas mortales. Este evento es el sismo principal de una serie sísmica que duró aproximadamente 15 días, precediendo al evento de Lorquí del 3 de abril (PRE19110403) que afectó aproximadamente a la misma zona. Por este hecho, algunos autores consideran que estos dos terremotos pueden considerarse como los eventos principales de una misma serie sísmica que afectó al valle medio del Segura y en la que las réplicas se continuaron a lo largo de aproximadamente un año.

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. No se describen daños ambientales por efectos secundarios, aunque algunos de los efectos asignados al evento de Abril de 1911 (PRE19110403), como agrietamientos del terreno y roturas de acequias, podrían haber sido producidos por este terremoto, ya que los informes consultados (Sánchez y Marín, 1912) no distinguen los daños de estos dos eventos tan próximos en el tiempo (13 días), y en el espacio (c. 9 km entre epicentros). La escala ESI-07 no puede aplicarse a este evento. No se han encontrado efectos geológicos documentos consultados, pero sí efectos arqueosismológicos susceptibles de análisis (en estudio). Sin registros EEE (efectos secundarios), 4 registros EAE.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☐ ***Agrietamientos del Terreno (GK):*** *No Registrados.*
☐ ***Movimientos de ladera (SM):*** *No Registrados.*
☐ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *No Registrados.*
☐ ***Anomalías Hidrogeológicas (HD; HA):*** *No Registradas.*
☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (WA; TS):*** *No Registrados.*
☐ ***Otros efectos:*** *No Registrados.*

☒ ***4 Efectos arqueosismológicos:*** *Daños importantes en la población de Torres de Cotilla; caída de chimeneas y grietas en la iglesia en el pueblo de Alguazas; en Lorquí numerosas grietas y algunos colapsos de muros; en Campos del Río daños importantes en la escuela y en la torre de la iglesia (Análisis de orientaciones de daños en estudio).*

☒ ***Datos Geológicos:*** *No existe ningún trabajo específico sobre el análisis geológico de este terremoto. Muchas de las fallas de desgarre sinestral NE-SO más importantes de las béticas orientales atraviesan la zona (p. ej. Falla Norbética y Falla de Alhama de Murcia), pero la sismicidad del valle medio del Segura parece estar más relacionada con la prolongación NO-SE de la Falla de Socovos, que condiciona la dirección del valle y su evolución durante el Pleistoceno (Baena et al., 1993), como ocurre en el terremoto de abril que afectó a Lorquí (PRE19110403). Sin embargo, en el evento que aquí se cataloga, las zonas más dañadas presentan una dirección general E-O a lo largo del Río Mula, donde se desarrollan distintas fallas con actividad cuaternaria (p. ej. Fallas de Campos del Río y Los Tollos). Estas fallas están ligadas a las fuentes termales de los Baños de Mula y presentan importantes procesos de deformación en depósitos del Pleistoceno Superior, incluyendo la obturación del valle del río Mula y el desarrollo de un volumen importante de sedimentos lacustres entre la zona de Los Tollos (aguas debajo de Campos) y Albuidete a lo largo de unos 6 km (Mather et al., 1995).*

Investigación / Compilación de la información: *Jorge L. Giner Robles (UAM); Pablo G. Silva (USAL). Publicado en 2014.*

IMAGEN EVENTO



Imagen de los daños sufridos en la plaza de la localidad de Lorquí. Muchos de los daños inventariados y registrados por este terremoto fueron aumentados considerablemente por el evento posterior PRE19110403 (Lorquí 1911). Foto: Ayuntamiento de Lorquí.

PRE 19110403: LORQUÍ (Murcia). 1911 AD — PRE-INSTRUMENTAL

FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
19110403*AD*	11:11	1°12' O	38°06' N	5,3 M*	VIII	VIII	VIII	A	I	C	Lorquí. MU

Método de datación:	CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Galbis (1932)							**Tipo Evento:**	PRE
Prof. km -	**±EZ** -	**±EH-** -	**Mo** -		**Eventos asociados**	RÉPLICAS		**Agencia:**	IGN
EEE Primarios	NO	**Longitud Falla**	-		**Desplazamiento**	-		**Tipo Desp.:**	SIN DATOS
EEE Secundarios	SÍ	**Categoría ESI07**	☒GK ☐SM ☒LQ ☐HD ☒HA ☐WA ☐TS					**Área afectada:**	c.100 km²
Otros EEE Ambientales	NO	☐ OTROS EFECTOS (OT): No registrados.							
EAE Efectos Arqueosismológicos	SÍ	☒ EAEs: Daños importantes en la población de Lorquí, con daños en la iglesia y en diferentes edificios de construcción más moderna. Se registraron algunos colapsos de edificios, y se vieron afectadas la práctica totalidad de las casas de la población. Aparición de importantes grietas, con algunos colapsos de muros y estructuras en poblaciones como Ceutí, Torres de Cotilla y Alguazas.							

Referencias bibliográficas básicas:

Baena, J. *et al.* (1993): Mapas Neotectónico, Sismotectónico y de Actividad de Fallas de la Región de Murcia (Escala 1:200.000 y 1:100.000). ITGE-CARM, Madrid.

Buforn, E. *et al* (2005): Study of the Damaging Earthquakes of 1911, 1999, and 2002 in the Murcia, Southeastern Spain Region: Seismotectonic and Seismic-Risk Implications. Bulletin of the Seismological Society of America, 95, 2, 549-567.

Galbis, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5ºE y 20ºW de Greenwich y los paralelos 45º y 25ºN. Instituto Geográfico, Catastral y de Estadística. Tomo I.

Sánchez Lozano, R., Marín, A. (1912): Estudio relativo a los terremotos ocurridos en la provincia de Murcia en 1911 por los ingenieros del Cuerpo de Minas D. Rafael Sánchez Lozano y D. Agustín Marín. Instituto Geológico de España, 36 pp.

Sánchez Navarro-Neumann, M. (1921): Lista de los terremotos más notables sentidos en la península Ibérica desde los tiempos más remotos, hasta 1917, inclusive, con ensayo de agrupación en regiones y períodos sísmicos. La Estación Sismológica y el Observatorio Astronómico y Meteorológico de Cartuja (Granada). Memorias y trabajos de vulgarización científica. pp. 11-65.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
PRE 19110403 Lorquí. MU	1°12' W	38°06' N	5.3 M*	VIII	VIII	VIII	C	**Eastern Betic Cordillera (Zone 37)**

EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Galbis (1932), Sánchez & Marín (1912), Buforn *et al.* (2005).	**Event Type:**	**PRE-INSTRUMENTAL**

GENERAL DAMAGE: Extensive damage to buildings and church in the locality of Lorquí (VIII EMS), with significant damage to almost all houses in the population (233 ones affected by the earthquake). The lower zone of the village, founded on the alluvial deposits of the Segura river, suffered the most important damage (site-effect). Also was significant the damage in the localities of Ceutí (VII EMS), Torres de Cotilla and Alguazas (VI EMS), all them located within the Segura river-valley. In other localities, such as Archena, Campos del Río and Murcia (13 km away) the earthquake was felt with intensity V EMS. No casualties were recorded, but several injuries. Damage produced by this earthquake is difficult to be clearly differentiated than those produced by the previous event (VII-VIII EMS), occurred in this same area two weeks before on 21st March at Torres de Cotilla (PRRE19110321). Macroseismic re-evaluations of this event (Buforn *et al.*, 2005) suggest that many houses were already affected for the previous event and the intensity value is maybe over-estimated. The event is part of a seismic serie that lasted for about one year, which included two major aftershocks of intensity VII EMS (10th and 16th May) and six ones with intensity VI EMS during the two first months (April and May).

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Were listed very few secondary effects documented for an area of 80-100 km² along the middle sector of the Segura river-valley between the localities of Molina de Segura and Ricote (20 km apart). Only have been catalogued the occurrence of ground cracks (GK) around the epicentral area (Lorquí), triggering the breakdown of many acequias (irrigation channels) in the zone which produced limited inundations. Ground-cracks, linked to lateral-spread processes (LQ) in the Segura river banks, were probably responsible of the damage documented in the main bridge (Madrid route) at Molina de Segura (5.5 km away). Hydrological anomalies in springs occurred in the vicinity of Ricote (15 km away). The affected area (c. 100 km²) fit with a maximum intensity VIII ESI-07. Archaeoseismological effects inventory several effects, the most important ones in Lorquí (Church) and near of the town of Molina. 3 EEE records for secondary effects and 5 EAE records.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☒ ***1 Ground cracks (GK):*** *Numerous ground cracks occurred in the epicentral area, most of them causing the breakdown of irrigation channels. The specific locations of the cracks, as well as their dimensions, are no specified in the consulted reports.*
☐ ***Slope movements (SM):*** *No Reported.*
☒ ***1 Liquefaction processes (LQ):*** *Lateral-spread processes suspect linked to the damage of the bridge over the Segura river in the locality of Molina de Segura.*
☒ ***1 Hydrogeological anomalies (1 HA):*** *In the vicinity of the village of Ricote (15 km away), located in a karstic massif over the Segura valley, may springs experienced a significant increase in their flow-rates.*
☐ ***Anomalous waves and tsunamis (WA; TS):*** *No Reported.*
☐ ***Other effects:*** *No Reported.*
☒ ***5 Archaeoseismic damage:*** *Major damage in the Lorquí Church, which was affected by significant cracks with NE and SW orientations; and the tower was cracked and tilted towards de NE. Other EAEs are documented in Ceutí, Torres de Cotilla and Molina de Segura (linked to the damage of the bridge; in study).*

☒ ***Geological Data:*** *There is no specific geological study on this earthquake, but the most important damage is clearly linked to the alluvial deposits of the Segura river-valley. Many relevant NE-SW strike-slip faults (i.e. North-Betic Fault and Alhama de Murcia Fault) occur in the zone, but the seismicity in the middle sector of the Segura valley seems to be related to the NW-SE prolongation of the Socovos Fault, which also is conditioning the orientation and development of the valley during the Pleistocene (Baena et al., 1993).*

Research / Data compilation by: *Jorge L. Giner Robles (UAM); Pablo G. Silva (USAL). Published in 2014.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
PRE 19110403 Lorquí. MU	1º12' O	38º06' N	5,3 M*	VIII	VIII	VIII	C	**Cordillera Bética Oriental (Zona 37)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN
Ref.: Buforn *et al.* (2005), Galbis (1932), Sánchez y Marín (1912)

Tipo de Evento: **PRE-INSTRUMENTAL**

DAÑOS GENERALES: Daños muy importantes en edificaciones e iglesia de la localidad de Lorquí (VIII EMS), con daños importantes en la práctica totalidad de las casas de la población (233 dañadas). La zona baja de la población, asentada sobre los aluviones del Segura sufrió el mayor daño (efecto sitio). También fueron importantes los daños en Ceutí (VII EMS), Torres de Cotilla y Alguazas (VI EMS), todas ellas localizadas a lo largo del valle del Segura. En otras localidades, como Archena, Campos del Río y Murcia (13 km) el terremoto se sintió con intensidad V EMS, aunque también produjo daños en edificaciones. No se consignaron víctimas mortales, pero sí algunos heridos. Los daños producidos por este terremoto son difíciles de diferenciar de los producidos por el terremoto previo (VII-VIII EMS) que se produjo en la zona apenas dos semanas antes el 21 Marzo en Torres de Cotilla (PRRE19110321). La re-evaluación macrosísmica del evento aquí catalogado (Buforn *et al.*, 2005) indica que muchas de las edificaciones de la zona ya se vieron afectadas por el terremoto previo y que el valor de intensidad EMS que se le asigna podría haber sido sobre-estimado. El evento forma parte de una serie sísmica que prolongó durante prácticamente un año, y que incluyó dos importantes réplicas de intensidad VII EMS (10 y 16 de mayo) y seis de intensidad VI EMS entre los meses de abril y mayo.

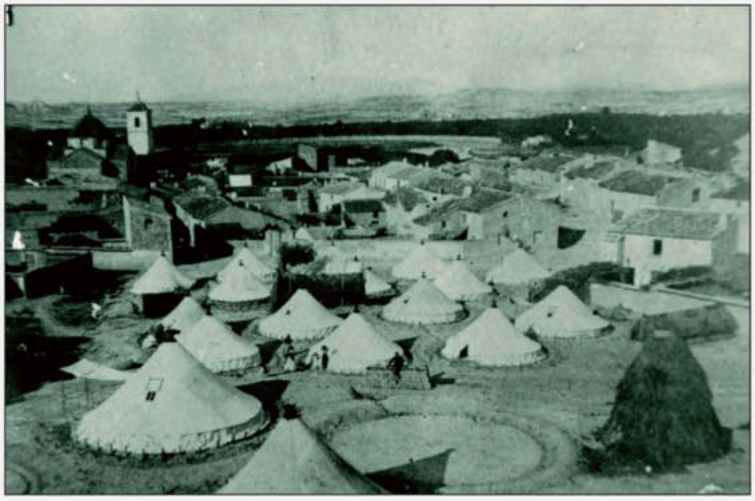
DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Se han catalogado muy pocos efectos secundarios localizados en un área de 80 – 100 km² a lo largo del valle medio del Segura entre las localidades de Molina de Segura y Ricote, separadas unos 20 km. Únicamente se han catalogado agrietamientos del terreno (GK) en la zona epicentral (Lorquí) que provocaron la rotura de muchas de las acequias de la zona, dando lugar a inundaciones limitadas. Agrietamientos del terreno, ligados a fenómenos de lateral-spreading a lo largo del cauce del Segura, posiblemente estén ligados a los daños producidos en el puente de Molina de Segura (5, 5 km). Anomalías hidrológicas (HA) por aumento del caudal en manantiales se documentan en las cercanías de Ricote (15 km). El área afectada (c. 100 km²) indica una intensidad máxima de VIII ESI-07. Se han inventariado varios efectos arqueosismológicos, los más importantes en Lorquí (Iglesia) y en las proximidades de la población de Molina. 3 registros EEE (efectos secundarios) y 5 registros EAE.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☒ ***1 Agrietamiento del Terreno (GK):*** *Según Galbis (1932) se produjeron numerosas grietas en el terreno en la zona epicentral (Lorquí). Algunas de ellas provocaron la rotura de acequias, produciéndose inundaciones limitadas. Los documentos consultados no precisan más datos sobre la localización de las grietas ni sobre sus dimensiones.*
☐ ***Movimientos de ladera (SM):*** *No Registrados.*
☒ ***1 Procesos de licuefacción (LQ):*** *Procesos de expansión lateral (lateral-spreading) en el cauce del Segura, se encuentran posiblemente ligados a los daños ocasionados en el puente de Molina de Segura.*
☒ ***1 Anomalía Hidrogeológica (1 HA):*** *En los alrededores de la población de Ricote (15 km), situada en un macizo kárstico en la margen derecha del Segura, aumentó considerablemente el caudal de las aguas de los manantiales que regaban la zona.*
☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (WA; TS):*** *No Registrados.*
☐ ***Otros efectos:*** *No Registrados.*
☒ ***5 Efectos arqueosismológicos:*** *Daños importantes en la iglesia de Lorquí, cuyos muros de ladrillo (1,2 m de espesor) y su naves se vieron afectadas por importantes agrietamientos de dirección NE-SO y NO-SE quedando cuarteada; su torre quedó como dividida en cuatro partes, e inclinada al NE amenazando ruina. También se consignan daños en edificaciones de Ceutí, Torres de Cotilas y Molina de Segura (ligados a la deformación del puente de la carretera de Madrid; en estudio).*

☒ ***Datos Geológicos:*** *No existe ningún trabajo específico sobre el análisis geológico de este terremoto, pero los daños y zonas dañadas más significativas se encuentran ligados a los depósitos aluviales del valle del Segura (efecto-sitio). Muchas de las fallas de desgarre sinestral NE-SO más importantes de las béticas orientales atraviesan la zona (p. ej. Falla Norbética y Falla de Alhama de Murcia), pero la sismicidad del valle medio del Segura parece estar relacionada con la prolongación NO-SE de la Falla de Socovos, que condiciona la dirección del valle y su evolución durante el Pleistoceno (Baena et al., 1993).*

Investigación / Compilación de la información: *Jorge L. Giner Robles (UAM); Pablo G. Silva (USAL). Publicado en 2014.*

IMAGEN EVENTO



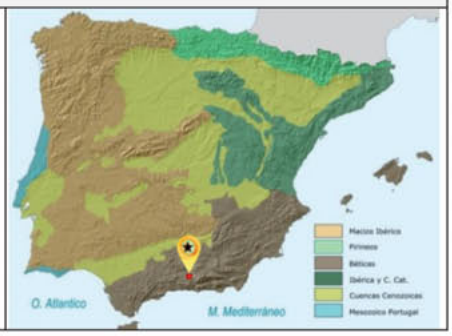
Las autoridades, a la vista de los muchos daños que se produjeron en la población de Lorquí, instalaron tiendas de campaña para que las familias afectadas pudieran cobijarse (Foto: Ayuntamiento de Lorquí, 1911).

PRE 19110531: SANTA FE (Granada). 1911 AD											PRE-INSTRUMENTAL
FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
19110531*AD*	15:13	3°42' O	37°12' N	4,9 M*	VII-VIII	VIII	VIII	A	I	C	Santa Fe. GR

Método de datación:	CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Galbis, J. (1932), Sánchez Navarro-Neumann SJ., M.M. (1911)									**Tipo Evento:**	**PRE-INSTRUMENTAL**
Prof. km	15	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**Mo**	-	**Eventos asociados**	PREMONITORES y RÉPLICAS	**Agencia:**	IGN / IAG
EEE Primarios	NO	**Longitud Falla**		-				**Desplazamiento**	-	**Tipo Desp.:**	SIN DATOS
EEE Secundarios	SÍ	**Categoría ESI07**		☒GK ☐SM ☒LQ ☐HD ☐HA ☐WA ☐TS						**Área afectada:**	80-98 km²
Otros EEE Ambientales	NO	☒ OTROS EFECTOS (OT): Ruido sísmico en la zona epicentral.									
EAE Efectos Arqueosismológicos	SÍ	☒ EAEs: Daños en muros en Granada, Atarfe, Santa Fe; en bóvedas y arcos en la iglesia parroquial de Santa Fe.									

Referencias bibliográficas:

Galbis, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5ºE y 20ºW de Greenwich y los paralelos 45° y 25° Norte, Tomo I. Instituto Geográfico Catastral y Estadística, Madrid.
Sánchez Navarro-Neumann SJ., M.M. (1911): "El terremoto destructor de Santafé del 31 de Mayo de 1911", Boletín Mensual de la Estación Sismológica de Cartuja (Granada), números 5 y 6.
Sánchez Navarro-Neumann SJ., M.M. (1912): "Enumeración de los terremotos sentidos en España durante el año de 1911", Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural, XII, Noviembre, 1912, pp. 508-524.
Sanz de Galdeano, C. *et al.* (2012). Main active faults in the Granada and Guadix-Baza Basins (Betic Cordillera). Journal of Iberian Geology 38 (1), 209-223.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
PRE 19110531 Santa Fe, GR	3°42' W	37°12' N	4.9 M*	VII-VIII	VIII	VIII	C	**Betic Cordillera; Internal Zones (Zone 35)**

EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Sánchez Navarro-Neumann SJ., M.M. (1911)	**Event Type:**	**PRE-INSTRUMENTAL**

GENERAL DAMAGE: Moderate damage in epicentral area (Santa Fe) with almost total destruction of a few small and old houses; partial collapse of walls and roofs, especially indoors walls, and almost generalized collapse of chimneys. The church suffered damage in vaults and arcs. The earthquake duration was of almost 30 seconds in Santa Fe, and the depth estimated by La Cartuja Seismic Observatory was about 15 km. No fatalities were reported. This earthquake was one of a longer series that lasted until June the 10th, recording up to 34 aftershocks with data available only for 22. The most important one occurred on June the 4th, reaching an intensity of VI-VII in Santa Fe and III in La Cartuja. The main event occurred on the 31st of May was felt with intensity VIII in Santa Fe, VII in Atarfe, VI in Granada and V in La Cartuja. Moderate-high intensity noise was also perceived in La Cartuja.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Secondary environmental effects over a pseudo-triangular area of 12 km² west of the location of the epicentre between the localities of Santa Fe (1.5 km away), El Jau (3.5 km away) and Pinos Puente (6.6 km away). Effects are faintly documented an mainly corresponds to the occurrence of large ground cracks of metric scale and associated liquefaction processes, with the occurrence of ejection of sand and water (El Jau) or associated to sulphydric gas and/or apparent "steam" emissions (Pinos Puente). 3 EEEs records and 3 EAEs records.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☒ ***2 Ground cracks (GK):*** *Large and deep open ground cracks of metric scale occurred in El Jau (3.5 km away) and Pinos Puente (6.6 km away). In this last locality were reported deep open ground cracks of 2 to 7 m length and about 20 cm wide. Associated gas sulphydric and steam emissions are described for the ground cracks in this same locality.*
☐ ***Slope movements (SM):*** *No Reported.*
☒ ***1 Liquefaction processes (LQ):*** *Ejection of water and sands occurred through the open ground cracks in the locality of El Jau (3.5 km away).*
☐ ***Hydrogeological anomalies (HD; HA):*** *No Reported.*
☐ ***Anomalous waves and tsunamis (WA; TS):*** *No Reported.*
☒ ***Other effects:*** *Seismic noise in the epicentral zone.*
☒ ***3 Archaeoseismic damage:*** *Walls displacement in Granada (El Albaicín); cracks in walls in Atarfe; damage in vaults and arcs in the Santa Fe church.*

☒ ***Geological Data:*** *The documented earthquake environmental effects are faintly described in the work of Sánchez Navarro-Neumann (1911). The epicentre location can be related with the trace of the Alhendín-Santa Fe Fault. This is a c. 23 km length NW-SE fault inferred from geomorphological anomalies and seismic profiles in the northern sector of the Granada Basin (Sanz de Galdeano et al., 2012). No additional geological information for this event.* ***Quality of Geological Information: Class C.***

Research / Data compilation by: *Teresa Bardají (UAH), Pablo G. Silva (USAL). Published in 2014.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
PRE 19110531 Santa Fe, GR	3°42' O	37°12' N	4,9 M*	VII-VIII	VIII	VIII	C	**Cordillera Bética; zonas internas (Zona 35)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN
Ref.: Galbis, J. (1932), Sánchez Navarro-Neumann SJ., M.M. (1911)

Tipo de Evento: **PRE-INSTRUMENTAL**

DAÑOS GENERALES: En la zona epicentral (Santa Fe) daños moderados en edificaciones, con destrucción total de un par de casas pequeñas en muy mal estado, en el resto colapsos parciales de techos y muros, en especial tabiques interiores, y colapso casi generalizado de chimeneas; la iglesia parroquial sufrió daños en bóvedas y arcos. La duración en Santa Fe llegó a alcanzar 30 segundos, y la profundidad estimada el observatorio de Cartuja fue de unos 15 km. No se produjeron víctimas mortales. Forma parte de una serie sísmica que finalizó el 10 de junio y en la que se registraron hasta 34 sacudidas, aunque solo se tienen datos de 22. La más importante de las réplicas se produjo el día 4 de junio y alcanzó una intensidad de VI-VII en Santa Fe y de III en Cartuja. El evento principal ocurrido el 31 de mayo de 1911 fue sentido con intensidad VIII en Santa Fe, VII en Atarfe, VI en Granada y V en la Estación Sismológica de Cartuja. También se describieron ruidos de tipo I Davison grado III-IV Knett que acompañaban al terremoto sentido en el observatorio de la Cartuja.

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos Primarios AUSENTES. Los efectos geológicos y ambientales secundarios documentados cubren un área triangular de unos 12 km², inmediatamente al Oeste del epicentro, entre las localidades de Santa Fe (1,5 km), El Jau (3,5 km) y Pinos Puente (6,6 km). Los efectos se encuentran vagamente documentados y corresponden a la generación de grandes agrietamientos en el terreno de escala métrica y procesos de licuefacción asociados. En estos se describe la eyección de agua y arena (El Jau) o emisiones de gas sulfhídrico y/o de "vapor de agua" (Pinos Puente).

- ☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
- ☐ ***Elevación/Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
- ☒ ***2 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Se formaron grandes grietas profundas de escala métrica en El Jau (3,5 km) y Pinos Puente (6,6 km). En esta última localidad las grietas eran profundas, de 2 a 7 m de longitud y de unos 20 cm de anchura. Asociado a la apertura de grietas en esta localidad se citan emisiones de gas sulfhídrico y "vapor de agua".*
- ☐ ***Movimientos de Ladera (SM):*** *No Registrados.*
- ☒ ***1 Procesos de Licuefacción (LQ):*** *Eyecciones de agua y arena se citan en la localidad de El Jau asociadas a la apertura de grietas en el terreno.*
- ☐ ***Anomalías Hidrogeológicas (HD; HA):*** *No Registrados.*
- ☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (WA; TS):*** *No Registrados.*
- ☒ ***Otros Efectos:*** *Ruido sísmico en la zona epicentral.*
- ☒ ***3 Daños Arqueosísmicos:*** *Desplazamiento de muros en Granada (Albaicín); grietas en muros en Atarfe; daños graves en bóvedas y arcos de la iglesia de Santa Fe y en la antigua Azucarera del Señor de la Salud.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Los efectos geológicos y ambientales documentados se encuentran descritos de forma muy somera en el trabajo de Sánchez Navarro Neumann (1911). La localización del epicentro puede relacionarse con la traza de la falla de Alhendín-Santa Fe. Esta, es una falla de dirección NO-SE y de unos 23 km de longitud, inferida a partir de diferentes anomalías geomorfológicas y perfiles geofísicos realizados en la zona Norte de la Cuenca de Granada (Sanz de Galdeano et al., 2012).* ***Calidad de la información Geológica: Clase C.***

Investigación / Compilación de la información: *Teresa Bardají (UAH), Pablo G. Silva (USAL). Publicado en 2014.*

IMAGEN EVENTO



Azucarera del Señor de la Salud de Santa Fe en la actualidad (Fuente: granadablogs.com).

PRE 19190910: JACARILLA (Alicante). 1919 AD											PRE-INSTRUMENTAL
FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
19190910*AD*	10:40:31	0°50' O	38°05' N	5,2M*	VII-VIII	VIII	VIII	A	I	B	Jacarilla. A.

Método de datación:		CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Sánchez Navarro-Neumann (1919); Garrido García (2012); Batlló *et al.* (2015)								**Tipo Evento:**	PRE
Prof. km	-	**±EZ**	-	**±EH**	-	**Mo**	-	**Eventos asociados**	RÉPLICAS	**Agencia:**	IGN
EEE Primarios		NO		**Longitud Falla**		-		**Desplazamiento**		**Tipo Desp.:**	SIN DATOS
EEE Secundarios		SÍ		**Categoría ESI07**		☒GK ☒SM ☒LQ ☐HD ☒HA ☒WA ☐TS				**Area afectada:**	≤ 700 km²
Otros EEE Ambientales		SÍ		☒ OTROS EFECTOS (OT): En Guardamar de Segura se produjeron hundimientos en la zona de la playa. Ondulamiento del terreno y desaparición de surcos de arado en la zona epicentral, así como vibración y caída de ramaje de árboles.							
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ		☒ EAEs: Colapsos parciales (parte superior) y cuarteamiento de las torres de las iglesias en Torremendo, Benejúzar, Benijófar y Rojales, todos en la margen sur del río Segura.							

Referencias bibliográficas básicas:

Batlló, J. *et al.* (2015): The autumn 1919 Torremendo (Jacarilla) earthquake series (SE Spain). Annals of Geophysics 58, 3: S0324

Galbis, J. (1932): Catálogo sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5°E y 20°W de Greenwich y los paralelos 45° y 25°N. Tomo I. Dirección General del Instituto Geográfico, Catastral y Estadística. Madrid.

Garrido García, L. (2012): El terremoto de Jacarilla de 10 de septiembre de 1919 y su serie de réplicas. Trabajo Fin de Grado. Departamento de Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica I. Facultad de Ciencias Físicas, UCM, Madrid.

Kindelán, V., Gorostizaga, J. (1920): Sobre los terremotos ocurridos en las provincias de Alicante y Murcia en 1919. Boletín del Instituto Geológico de España, 42, 247-277.

Mezcua. J., Martínez Solares, J.M. (1983): Sismicidad del área Ibero-Mogrebí. IGN. Pub. Nº 203. Madrid.

Sánchez Navarro-Neumann, M.M. (1919): Los terremotos sentidos en las provincias de Alicante y Murcia en septiembre de 1919. Revista de la Sociedad Astronómica de España y América, 69. 85-88.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
PRE19190910 Jacarilla. A	0°50' W	38°05' N	5.2M*	VII-VIII	VIII	VIII	B	**Eastern Betic Cordillera (Zone 55)**

EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Kindelán & Gorostizaga (1920); Galbis (1932); Mezcua & Martínez Solares (1983); Garrido García (2012); Batlló *et al.* (2015)	**Event Type:**	**PRE INSTRUMENTAL**

GENERAL DAMAGE: The earthquake mainly affected to the localities of Benejúzar, Benijófar and Torremendo (VII-VIII EMS/ VIII MSK) where several houses collapsed and many of them displayed abundant and significant cracks. In these localities churches suffered strong damage. In the epicentral area (< 10 km away) the localities of Hurchillo, La Marquesa, Montesinos, Formentera, and Jacarilla suffered similar damage than those recorded in Torremendo. No victims were produced. In the localities of Almoradí, Beneixama, Bigastro, Daya, Nueva, Dolores, Rojales and Orihuela (VI-VII EMS/ VII MSK), within the lower Segura Depression, many houses were cracked, and churches suffered strong damage, several at risk of ruin. In Elche (23 km away) intensity was V-VI EMS, but localities located more than 30 km away from the epicentre, such as Murcia or Alicante the assigned intensity was of V EMS. Earthquake instrumentally recorded for the old seismic stations in Spain. In spite of different proposals for the location of the macroseismic epicentre, the most credible ones (Batlló *et al.*, 2015) are those located in the upthrown block of the Bajo Segura Fault, between Jacarilla and Formentera del Segura. The event is part of a seismic serie that lasted for about 2 months, opened by two strong earthquakes of magnitudes 5.2 and 5.1 (VIII-VII EMS) separated by 15 min.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Environmental damage by secondary effects over an area of c. 700 km² included within the intensity zones ≥ VI ESI-07, but the more relevant ones in an E-W elongated zone (c. 130 km²), following the trace of the Bajo Segura blind fault. Most of the documented EEEs were liquefaction and ground cracking processes affecting to the southern half of the Lower Segura Basin between Bigastro and Rojales (15 km apart) along the trace of the Bajo Segura Fault. To the south (c. 10-12 km away) the more relevant ground cracks (hundred meters long and 10-15 cm wide) were documented around the localities of Torremendo, Rebate and Lo Peceto located in the upthrown block of the fault. Hydrological anomalies and moderate rockfalls were recorded north and south of the epicentre at localities with intensity VI EMS such Elche (23 km) and Torre Pacheco (35 km). In Guardamar (16 km to the east) apparent processes of subsidence in their sandy beaches were reported, but difficult to classify in the ESI-07 scale. Detailed information provided by Garrido García (2012) and Batlló *et al.* (2015). 40 EEE for secondary effects and 5 EAE records.

☐ ***Surface ruptures (SR) and Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*

☒ ***10 Ground cracks (GK):*** *Numerous ground cracks were reported for the Rambla of Jacarilla (4 km away) and the localities of Algorfa, Benejúzar, Benijófar, Formentera and Rojales many of them near the Segura river and 2 to 5 m length. To the south many decametric cracks (10-15m) and centimetric width (15-20 cm) occurred in Lo Peceto, Rebate and Torremendo, but some of c. 100 length and NE-SW orientation. The largest crack occurred in Torremendo 100 m x 50 cm and 1 m deep.*

☒ ***3 Slope movements (SM):*** *Isolated rock falls were documented in the vicinity of Elche (23 km away) along the slopes of the Crevillente range. Dimensions of the larger individual blocks between 5 to 10 m³. Similar rockfalls occurred in the epicentral area in the Bocanegra Rambla (near Jacarilla) and in Rojales (c. 10 km away).*

☒ ***12 Liquefaction processes (LQ):*** *In Benijófar, Formentera, Jacarilla and Rojales, sand volcanos and/or sand spots of metric size occurred near the river margins. According to epoch newspapers (Ecos; 19th October 1919), the main event triggered the ejection of one meter high thin water fountains, diminishing in height some minutes later and being possible to observe sand ejections in the ground (craterlets), which continued bubbling for long time after the event. Water spills occurred around the epicentral area (Algorfa, Rafal, Benejúzar, Formentera de Segura) and even in localities within the intensity zone VI ESI-07, such as Catral, and San Fulgencio (10 km away)*

☒ ***4 Hydrogeological anomalies (4 HA):*** *Noticeable water changes in wells in Albatera, Benejúzar, and Torre Pacheco. At Guardamar hydrological anomalies extended to orchards and adjacent beaches to the locality.*

☒ ***2 Anomalous waves and tsunamis (2 WA):*** *Anomalous waves on the Segura river observed in the localities of Jacarilla (4 km) and Beniel (16 km away; VI ESI-07).*

☒ ***9 Other effects:*** *In Guardamar de Segura (16 km away), apparent ground subsidence occurred in their sandy beaches (Ecos; 19th October 1919). Vigorous tree shaking on Algorfa and Rebate and Granja de Rocamora (c. 10 km), where some trees fell-down. Visible ondulation of the ground (groundwaves) in Benejuzar, Rojales, Lo Peceto, Venta del Empalme and Torremendo. In these last localities plough ridges and furrows levelled, and foot marks erased.*

☒ ***5 Archaeoseismic damage:*** *Catalogued EAEs (in study) refers to the partial collapse of the upper part of the church's towers at Torremendo, Benejúzar, Benijófar and Rojales. All these localities suffered intensity VII-VIII EMS, except Rojales (VI-VIII EMS).*

☒ ***Geological Data:*** *There are not geological studies on this event. Earthquake reports produced by the IGN and IGME immediately after the event. The Lower Segura Fault, an E-W blind thrust, can be considered as the more probable seismogenic source for this event. More relevant EEEs and EAEs records are located in the southern margin of the Segura river along the trace of this fault (elongated E-W). Earthquake ground effects studied by Batlló* et al. *(2015).* ***Quality of Geological Information: Class B.***

Research / Data compilation by: *Pablo G. Silva (USAL), Elvira Roquero (UPM). Information Updated 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
PRE19190910 Jacarilla. A	0°50' O	38°05' N	5,2M*	VII-VIII	VIII	VIII	B	**Cordillera Bética Oriental (Zona 55)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN — **Tipo de Evento: PRE INSTRUMENTAL**

Ref.: Kindelán & Gorostizaga (1920); Galbis (1932); Mezcua & Martínez Solares (1983); Garrido García (2012); Batlló *et al.* (2015)

DAÑOS GENERALES: El terremoto afectó fundamentalmente a las localidades de Benejúzar, Benijófar y Torremendo (VII-VIII EMS/ VIII MSK), donde algunas casas se derrumbaron, otras muchas quedaron cuarteadas con agrietamientos significativos y sus iglesias sufrieron daños graves (derrumbes). En la zona epicentral (<10 km) las localidades de Hurchillo, La Marquesa, Montesinos y Jacarilla, sufrieron daños similares a los de Torremendo (junto a Benijófar, la más castigada). No se produjeron víctimas. Las localidades de Almoradí, Bigastro, Daya, Nueva, Dolores, Formentera, Rojales y Orihuela (VI-VII EMS/VII MSK), todas ellas localizadas en el sector meridional de la Depresión del Bajo Segura, registraron numerosos agrietamientos en sus caseríos e iglesias; algunas de ellas, quedando en estado de amenaza de ruina, fueron clausuradas. En Elche (23 km) se sintió con intensidad V-VI EMS, pero en localidades situadas a más de 25 km de distancia epicentral (p.ej. Murcia y Alicante) se sintió con intensidad V. Terremoto registrado instrumentalmente en los antiguos observatorios sismológicos españoles, pero existe bastante desacuerdo en relación a su localización epicentral en función de los distintos autores que lo han analizado (Batlló *et al.*, 2015). Se trata de una serie sísmica de al menos dos meses de duranción y eventos de intensidad V y VI EMS, que se abrió con dos terremotos importantes de magnitud 5,2 (VIII EMS) y 5,1 (VII EMS) ocurridos en espacio de 15 minutos.

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Los efectos ambientales ocasionados por efectos secundarios cubren un área de c. 700 km² dentro de las zonas de intensidad ≥ VI ESI-07, pero los más relevantes ocurrieron en un área elongada E-O (c.130 km²) siguiendo la traza de la Falla del Bajo Segura. Los EEEs más significativos corresponden a los numerosos procesos de licuefacción y agrietamiento del terreno que se registraron en la zona meridional de la Depresión del Bajo Segura entre Bigastro y Rojales (15 km) a lo largo de la traza de la falla arriba mencionada. Hacia el Sur (10 -12 km) los agrietamientos más importantes (10-15 cm de ancho y pocos cientos de metros de longitud) se localizaron en Torremendo, Rebate y Lo Peceto, situados en el labio levantado de la falla. Anomalías hidrológicas y caídas de rocas tuvieron lugar al Norte y Sur del epicentro en localidades dentro de la zona de intensidad VI ESI-07, como Elche (23 km) y Torre Pacheco (35 km). En Guardamar (16 km al este) se registran procesos de hundimiento en los materiales arenosos de sus playas. Información más detallada en los trabajos de Garrido García (2012) y Batlló *et al.* (2015). 40 registros de EEEs secundarios y 5 EAEs.

☐ ***Rupturas de Falla (SR) y Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*

☒ ***10 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Se produjeron numerosas grietas en la Rambla de Jacarilla (4km) y en las localidades de Algorfa, Benejúzar, Benijófar, Formentera y Rojales. Muchas de ellas en las riveras del Segura y de 2-5 m de longitud y orientación preferente NO-E. Hacia el Sur se produjeron muchas grietas de longitud decamétrica (10-15 m) y anchura centimétrica (15-20 cm) en las localidades de Lo Peceto, Rebate y Torremendo (≥10 km). En esta zona algunas grietas alcanzaron los 100 m con orientaciones preferentes NE-SO, la más grande en Torremendo de 100 m x 50 cm y una profundidad de c. 1 m.*

☒ ***3 Movimientos de Ladera (SM):*** *En las inmediaciones de Elche (a 23 km del epicentro), se produjeron desprendimientos de rocas durante los terremotos principales en las inmediaciones de la Sierra de Crevillente. Las dimensiones estimadas de los mayores bloques rocosos se encontrarían entre 5 y 10 m³. Similares desprendimientos rocosos tuvieron lugar en la zona epicentral, en la Rambla de Bocanegra (cerca de Jacarilla) y Rojales (c. 10 km).*

☒ ***12 Procesos de licuefacción (LQ):*** *En Benijófar, Formentera, Jacarilla y Rojales (<8 km) se produjeron volcanes y/o eyecciones de arena de dimensiones métricas (del tamaño de la copa de una palmera). De acuerdo con lo publicado en el periódico Ecos del día 12 de octubre de 1919, para lo sucedido en Benijófar: "*en el momento del primer terremoto se levantaron del suelo finos chorros o surtidores de agua que llegaron a la altura de un metro para disminuir pronto de longitud, notándose después el lugar de los orificios de salida porque continuaron desprendiendo burbujas largo rato*". Derrames de agua y arena tuvieron lugar a lo largo de toda la zona epicentral (Algorfa, Rafal, Benejúzar, Formentera de Segura) e incluso en localidades situadas en zona de intensidad VI ESI-07, como Catral y San Fulgencio (a unos 10 km).*

☒ ***4 Anomalías Hidrogeológicas (4 HA):*** *Cambios del nivel del agua en pozos, en Albatera, Benejúzar, y Torre Pacheco. En Guardamar las anomalías hidrológicas se registraron también en las huertas y playas circundantes.*

☒ ***2 Oleaje Anómalo y Tsunamis (2 WA):*** *Oleaje anómalo en el río Segura registrado en Jacarilla (4 km) y Beniel (16 km), el último en zona de intensidad VI ESI-07.*

☒ ***9 Otros Efectos:*** *En Guardamar del Segura (16 km) se produjeron hundimientos en la zona de la playa (Ecos; 19 Octubre 1919). Movimiento vigoroso de árboles y palmeras en las localidades de Algorfa, Rebate y Granja de Rocamora (c. 10 km). En esta última localidad cayeron algunos árboles. Ondulación visible del terreno en las localidades de Benejúzar, Rojales, Lo Peceto, Venta del Emplame y Torremendo. En las tres últimas localidades (Sur del epicentro) se produjo la desaparición de los surcos y crestas de campos arados, así como se borraron las huellas (personas) y marcas (carros) en caminos y campos.*

☒ ***5 Daños Arqueosísmicos (en estudio):*** *Derrumbes parciales de las partes superiores de las torres de las iglesias en Torremendo, Benejúzar y Benijófar (VII-VIII). En Rojales y Bigastro daños graves en la bóveda y arcos (VI-VII). Todas estas localidades situadas en la margen sur del río Segura. En la margen norte, las iglesias de Almoradí, Dolores y Daya Nueva quedaron cuarteadas y sus arcos resquebrajados en estado de ruina (VI-VII EMS).*

☒ ***Datos Geológicos:*** *No existen estudios geológicos específicos sobre este evento. Se realizaron informes de campo sobre el terremoto por el IGN y el IGME inmediatamente después del mismo, en los que se indica que tras el evento se produjeron importantes inundaciones en la zona, teniendo que detenerse temporalmente los estudios de campo. La falla ciega del Bajo Segura, de dirección general E-O, puede considerarse como la fuente sísmica más probable de este evento. Tanto los EEEs como EAEs más significativos se registraron a lo largo dela traza de la falla sobre el río Segura, así como en el bloque levantado de la misma (Torremendo). Su relación con las fallas de desgarre dextral de dirección NE-SO que segmentan el trazado de la anterior (p.ej. Falla de San Miguel de Salinas), no puede ser descartada, pero no existen registros de intensidades significativos al sur de la localidad de Torremendo. Los efectos secundarios de este terremoto son clasificados y resumidos en el trabajo de* Batlló et al. *(2015).* ***Calidad de la Información Geológica: Clase B.***

Investigación / Compilación de la información: *Pablo G. Silva (USAL); Elvira Roquero (UPM). Información actualizada 2017.*

IMAGEN EVENTO



Desprendimientos rocosos en los alrededores de Elche producidos por los temblores de tierra del 10 de Septiembre de 1919.
Fotografía del informe realizado por el IGN (informe interno, 1919). Tomada de Garrido García (2012).

PRE 19560419: ALBOLOTE (Granada). 1956 AD											PRE-INSTRUMENTAL	
FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO	
19560419*AD*	18:38	3°41'O	37°11'N	5,0 Ms	VIII	VIII	VIII	A	I	B	Albolote. GR	
Método de datación:		CATALOGADO									Tipo Evento:	PRE
Prof. km	6	±EZ	3	±EH-	-	M_o	-	Eventos asociados		RÉPLICAS	Agencia:	IAG-IGN
EEE Primarios		NO		Longitud Falla		-		Desplazamiento		-	Tipo Desp.:	SIN DATOS
EEE Secundarios		SÍ		Categoría ESI07		☒GK ☒SM ☐LQ ☐HD ☐HA ☒WA ☐TS					Área afectada:	44 km²
Otros EEE Ambientales		SÍ		☒ OTROS EFECTOS (OT): Agitación de la vegetación (Albolote y Atarfe). Movimiento ondulatorio de las calles en Granada deformando los raíles de los tranvías (posible licuefacción subsuperficial). Ruidos subterráneos se notaron incluso en poblaciones distantes. Fenómenos luminosos en Atarfe.								
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ		☒ EAEs: Grietas en juntas de muros y en las columnas de la iglesia; Mayor daño en las paredes con orientación E-O y desplomes preferentes hacia el O y NO en Albolote; Caídas hacia el NE y agrietamientos en la misma dirección en Atarfe.								

Referencias bibliográficas básicas:

Corral López, A. (1979): Los terremotos de Granada. Diario Patria de Granada de 31 de julio de 1979.
Bonelli Rubio, J.M. y Esteban Carrasco, L. (1957): El sismo destructor de 19 de abril de 1956 en la Región de Granada. Talleres del Instituto Geográfico y Catastral (Publicado en Revista de Geofísica, 61). 6 pp.
Bonelli Rubio, J.M. y Esteban Carrasco, L. (1958): El sismo de Albolote-Atarfe de 19 de abril de 1956. Talleres del Instituto Geográfico y Catastral. 18 pp.
IAG (On-Line): El terremoto de Atarfe-Albolote de 19 de abril de 1956. Instituto Andaluz de Geofísica. Disponible en: http://iagpds.ugr.es/pages/informacion_divulgacion/
Sanz de Galdeano, C. *et al.* (2012): Main active faults in the Granada and Guadix-Baza Basins (Betic Cordillera). Journal of Iberian Geology 38 (1), 209-223.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
PRE 19560419 Albolote. GR	3°41'W	37°11'N	5.0 Ms	VII	VIII	VIII	B	**Betic Cordillera (Zone 52)**

EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES
Ref.: IAG (On-Line); Bonelli Rubio y Esteban Carrasco (1957; 1958)

Event Type: **PRE-INSTRUMENTAL**

GENERAL DAMAGE: In the epicentral area (Albolote) 41% of houses underwent moderate damage, 35% inhabitable, 6% ruined and 1% completely destroyed. 73 injured people and 11 fatalities were reported, 5 of them as a consequence of a large rotational landslide occurred 20 hours after the main shock in the Beiro river (Granada). Significant similar damage in most of the localities of "La Vega de Granada", around Sierra Elvira (Atarfe, Pinos Puente, Santa Fe, Maracena, etc.), which reached intensity VIII MSK.Up to 116 aftershocks were recorded until May 14th some of them reaching up to intensity VI MSK.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Environmental damage by secondary effects over a total area of 45 km² included within the intensity zone VII ESI-07.However documented EEEs are restricted to an elongated NNW-SSE area 12 km long and 2 km wide between Tajo Colorado (Atarfe) and Granada following the piedmont zone of Sierra Elvira and Granada and covering and effective area of about 24 km². 2 Slope Movements and 2 ground cracks records are documented in this intensity belt. Oriented EAEs documented for Albolote and Atarfe.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☒ ***2 Ground cracks (GK):*** *Significant wavy undulations of the street pavement produced permanent deformations in the railroads in Granada, about 7.5 km away from the epicentre. Poorly documented ground cracks in the square of the "El Observatorio de La Cartuja" in Granada.*
☒ ***2 Slope movements (SM):*** *A large landslide (5000 m³) occurred on April 20th in Beiro riverbanks, 2 km north of Granada about 20 hours after the main shock (delayed effect). The effect was probably consequence of large ground cracks produced by the earthquake triggering the delayed collapse of one of the inhabited caves in the area. Large rock falls were reported in Tajo Colorado quarry (Sierra Elvira), probably related to the instability of large blocks and quarry walls.*
☐ ***Liquefaction processes (LQ):*** *No Reported.*
☐ ***Hydrogeological anomalies (HD; HA):*** *No Reported.*
☒ ***1 Anomalous waves and tsunamis (1WA):*** *Standing concentric waves were observed at Cubillas Dam, 10.2 km away from epicentre.*
☒ ***1 Other effects:*** *Tree shaking reported for the epicentral area5.5 km (Albolote) to 4.5 km (Atarfe) away from the epicentre.*
☒ ***2 Archaeoseismic damage:*** *Large diagonal penetrative fractures in the walls and tower of the church in Albolote with NE-SW orientation. In this locality, stronger damage (fractures) was documented in E-W oriented walls. In Atarfe house walls preferentially collapsed towards the west. NE directions were observed in the oriented collapse of large marble plates of a factory (Mármoles Prieto Moreno y Ruiz, S.A.) of the village. Some marble plates were located 2 m to the west of its original position.*

☒ ***Geological Data:*** *Seismic event no subject to specific geological studies. Geological effects documented by news in the epoch journals (ABC, El ideal) and ancient film records (NODO). However, the more relevant information comes from the description of Antonio Due former director of the Geophysical Observatory of "La Cartuja" at Granada, presently Instituto Andaluz de Geofísica (IAG) and documents on oriented damage reported by Bonelli and Esteban Carrasco (1958). Descriptions are brief but enough to locate in most of the cases and in some cases enough to estimate the quantification of the reported EEEs and EAEs.* ***Quality of Geological information: Class B.***

Research / Data compilation by: *T. Bardají (UAH), P.G. Silva (USAL). Published in 2014.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
PRE 19560419 Albolote. GR	3°41'O	37°11,4'N	5,0 Ms	VII	VIII	VIII	B	**Cordillera Bética (Zona 52)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN Ref.: IAG (On-Line); Bonelli Rubio y Esteban Carrasco (1957; 1958)	**Tipo de Evento**	**PRE-INSTRUMENTAL**

DAÑOS GENERALES: En el área epicentral (Albolote) el 41% de las casas sufrieron daños moderados; el 35% resultaron inhabitables, el 6% quedaron es estado ruinoso y el 1% completamente destruidas. Se notificaron 73 heridos y 11 muertes, 5 de ellas como consecuencia de un deslizamiento que se produjo 20 horas después del sismo principal en la zona del río Beiro (Granada). Los daños fueron significativos para todas las poblaciones situadas en la Vega de Granada, en la zona de Sierra Elvira (Atarfe, Pinos Puente, Santa Fe, Maracena, etc.), donde se alcanzó VIII MSK. Se registraron un total de 116 réplicas, algunas de ellas llegaron a alcanzar intensidad VI MSK.

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Daños ambientales definidos por efectos secundarios cubren un área total de 45 km· definidos por la zona de intensidad VII ESI-07. No obstante, los EEEs documentados se encuentran restringidos a una zona elongada en dirección NNE-SSO entre los piedemontes de Sierra Elvira (Tajo Colorado) y Granada, definiendo un cinturón de 12 km de longitud y unos 2 km de anchura sobre un área de unos 24 km². 2 Movimientos de ladera y 2 procesos de agrietamiento se documentan en los extremos de este cinturón. EAEs orientados se han documentado para las localidades de Albolote y Atarfe.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☒ ***2 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *En Granada, a unos 7,5 km de distancia epicentral, las calles se ondularon significativamente como si fueran pequeñas olas produciendo la deformación permanente de los raíles de los tranvías. También se cita la aparición de grietas en la rotonda del Observatorio de la Cartuja en esta misma ciudad.*
☒ ***2 Movimientos de ladera (SM):*** *El 20 de abril, en el valle del río Beiro, a 2 km al norte de Granada, se produjo un gran deslizamiento (5000 m³) unas 20 horas después del evento principal, que causó 5 de las 11 muertes producidas por el evento (efecto secundario retardado). Este efecto fue probablemente consecuencia de la apertura de grandes grietas causadas por el terremoto, provocando el colapso retardado de una de las cuevas habitadas del lugar. También ocurrieron grandes desprendimientos en el Tajo Colorado (Sierra Elvira), en las cercanías de Atarfe (4,5 km) que fueron achacados a un mal saneamiento de la cantera y a la inestabilidad de los bloques.*
☐ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *No Registrados.*
☐ ***Anomalías Hidrogeológicas (HD; HA):*** *No Registrados.*
☒ ***1 Oleaje Anómalo y Tsunamis (1WA):*** *Se observaron ondas concéntricas en el agua en el Pantano de Cubillas a 10,2 km de distancia epicentral.*
☒ ***1 Otros efectos:*** *En el área epicentral (Atarfe y Albolote) se produjo una significativa agitación de árboles. Según descripciones de la época, en los olivares los árboles se vencían unos sobre los otros. Estas localidades se encuentran entre 5,5 km (Albolote) y 4,5 km (Atarfe) de distancia epicentral.*
☒ ***2 Daños Arqueosísmicos:*** *En Albolote se produjeron fracturas diagonales en las casas, así como en la fachada y en la torre de su iglesia, a la cual recorrían en toda su longitud y tenían dirección NE-SO. En esta localidad se observó un mayor daño en las paredes con orientación E-O. En Atarfe, los muros que colapsaron lo hicieron preferentemente hacia el Oeste y Noroeste. También se observó direccionalidad en las caídas de grandes placas de mármol de la fábrica Mármoles Prieto Moreno y Ruiz, S.A., en las que las placas que cayeron lo hicieron preferentemente en su fachada NE y algunas pocas en la SE. Las placas de las fachadas NO y SO no sufrieron desplazamiento alguno. Según las descripciones, algunas de las placas se movieron hasta dos metros.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Este evento sísmico no ha sido objeto de ningún estudio geológico específico. Los efectos geológicos se encuentran documentados en los diarios de la época (p.ej. ABC, El Ideal) y noticiarios del NODO (accesibles en YouTube), pero las más importantes son las descripciones del Padre Due, Director del Observatorio de la Cartuja en su época y los datos sobre daños orientados consignados por Bonelli y Esteban Carrasco (1958). Las descripciones son breves o genéricas, pero en la mayoría de los casos han permitido localizar, y en algunos casos estimar la cuantificación de los EEEs y EAEs documentados.* ***Calidad de la información geológica de Clase B.***

Investigación / Compilación de la información: *T. Bardají (UAH), P.G. Silva (USAL). Publicado en 2014.*

IMAGEN EVENTO





oto 3. *Fábrica de ladrillos.*

Plano de falla sobre los materiales aflorantes en el Tajo Colorado y rellenos de las antiguas canteras (Foto P.G. Silva).

Fotografía de los desplomes de las planchas de mármol en la Fábrica de Mármoles de Prieto-Moreno y Ruiz, S.A. en la localidad de Atarfe. (IAG).

PRE 19640609: GALERA (Granada). 1964 AD											PRE-INSTRUMENTAL
FECHA AMD	**HORA Y MIN.**	**LONGITUD**	**LATITUD**	**MAG (Mw/Ms/M*)**	**EMS 98**	**MSK 64**	**ESI 07**	**Q_e**	**Q_i**	**Q_g**	**LOCALIZACIÓN TERREMOTO**
19640609*AD*	02:33	2°34'00"O	37°44'12"N	4,8 mb	VII	VII-VIII	VIII	A	I	B	Galera, GR

Método de datación:	CATALOGADO Ref.: García-Tortosa *et al.* (2007, 2008,2012), Delgado *et al.* (2013)							**Tipo Evento:**	PRE
Prof. Km	5	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**Mo**	-	**Eventos asociados**	RÉPLICAS	**Agencia:**	IGN / IAG
EEE Primarios	NO	**Longitud Falla**	-	**Desplazamiento**	-			**Tipo Desp.:**	-		
EEE Secundarios	SÍ	**Categoría ESI07**	☒GK ☒SM ☐LQ ☐HD ☒HA ☐WA ☐TS					**Área afectada:**	34 km²		
Otros EEE Ambientales	SÍ	☒ OTROS EFECTOS (OT): Se describe ruido sísmico significativo en la zona epicentral. Las noticias de la época indican que hubo un *"fortísimo ruido similar al de un trueno"*.									
EAE Efectos Arqueosismológicos	SÍ	☒ EAEs: Grietas en edificios, destrucción de chimeneas, daños en tejados en Galera y Orce, caída de tapias y corrales.									

Referencias bibliográficas básicas:

García Tortosa, F.J. *et al.* (2007): La falla y los pliegues de Galera. En: La cuenca de Guadix-Baza: estructura, tectónica activa, sismicidad, geomorfología y dataciones existentes (C. Sanz de Galdeano and J. A. Peláez, eds.), pp. 141–153.
García Tortosa, F.J. *et al.* (2008): Activity of the Galera Fault (Guadix-Baza Basin, Central Betic Cordillera). 6ª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica. Tomar (Portugal). 363 -364
Delgado, J. *et al.* (2013): Movimientos de Ladera inducidos por terremotos en España y Portugal. Cuaternario y Geomorfología, 27 (3-4), 21-35.
García Tortosa, F.J. *et al.* (2012): Tectónica Activa de la Cuenca de Guadix-Baza (Fallas de Baza y Galera). Guía de Campo de la I Reunión del Grupo de Trabajo QTECT-AEQUA. Galera. Granada.
IAG (On line): http://iagpds.ugr.es/pages/informacion_divulgacion/terremotos_historicos
Sanz de Galdeano, C. *et al.* (2012): Main active faults in the Granada and Guadix-Baza Basins (Betic Cordillera). Journal of Iberian Geology 38 (1), 209-223.
ABC (1964): http://hemeroteca.abc.es/nav/Navigate.exe/hemeroteca/madrid/abc/1964/06/14/060.html.10 Junio 1964, pg. 69



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
PRE 19640609 Galera. GR	2°34'00" W	37°44'12"N	4.8 mb	VII	VII-VIII	VIII	B	**Betic Cordillera; Internal Zone (Zone 36)**

EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: García-Tortosa *et al.* (2007, 2008, 2012), Delgado *et al.* (2013)	**Event Type:**	**PRE-INSTRUMENTAL**

GENERAL DAMAGE: In the epicentral area the earthquake was felt with intensity VIII-VIII MSK / VII EMS. In the locality of Galera (1.5 km away), ground shacking produced cracks in many buildings, six of them in ruinous stage; many roofs and about the 50% chimneys were partly destroyed; the roof and walls of the church was damaged. In the locality of Orce (8.4 km away), similar damage with more than the 70% of the chimneys damaged. The historic castle of the city (Alcazaba de las Siete Torres) suffered severe damage with partial collapses of the walls and towers. In Huéscar and Castilléjar, about 9 km away from the epicenter, the earthquake was felt with intensity VI MSK. More than 200 aftershocks, the largest one, with magnitude, 3.6mb and intensity III MSK, took place two days after the main event.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Secondary earthquake environmental effects are documented in an area of about 34 km² within the intensity zone VIII ESI-07. Large ground-cracks, rock-falls and rock-slides are documented in the vicinity of Galera, but also in the steep-slope valley margins of the Galera river valley downstream of this locality, at epicentral distances between 0.3 and 2.3 km. About 8.0 km away from the epicenter, at Orce, similar ground-cracks and slope movements were documented. There are news on similar, but smaller, EEEs occurred in Castilléjar about 7.5 km WSW from the location of the macroseismic epicenter.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☒ ***4 Ground cracks (GK):*** *Large tensional cracks in the ground in the locality of Galera (1.5 km away), as well as in the San Marcos hill in the locality of Orce (8 km away).*
☒ ***6 Slope movements (SM):*** *Small ground disturbances and important rock-falls / rock slides occurred in the vicinity of Galera, but also in the steep-slope valley margins of the Galera river valley downstream of this locality, at epicentral distances between 0.3 and 2.3 km. In Orce (8.0 km away) the San Marcos hill, within the village, suffered of significant cracks and related slope movements.*
☐ ***Liquefaction processes (LQ):*** *No Reported.*
☒ ***1 Hydrogeological anomalies (HD; 1 HA):*** *Increase on the flow rate in springs around the locality of Orce (8 km away).*
☐ ***Anomalous waves and tsunamis (WA; TS):*** *No Reported.*
☒ ***Other effects:*** *A significant seismic noise is described at the epicentre area. News at that time indicated that there was a "very strong thunder-like noise".*
☒ ***Archaeoseismic damage****: Many cracks and damage were recorded in houses, churches, roofs and chimneys of the localities of Galera (1.5 km) and Orce (8 km). The ancient castle of Orce (Castillo de Las Siete Torres) suffered severe damage with partial collapses of the walls and watchtowers. There are no detailed data in order to perform analyses on oriented damage (in study).*

☒ ***Geological Data:*** *This seismic event has not been subject to specific geological study. The geological effects are documented in the newspapers of the epoch (i.e. ABC, El Correo Catalán), but also in recent scientific papers on the tectonic activity of the Galera Fault (García-Tortosa* et al.*, 2008; 2012). These authors relate this earthquake to this fault, a 23 km long NE-SW normal-sinestral fault. This fault constitutes a fault zone about 1.5 km wide and its westernmost segment conditioned the development of the Galera river lineal-valley. Between the localities of Galera (upstream) and Castilléjar (downstream) the fault generates relevant geomorphological anomalies and important soft-sediment sedimentary structures documenting its activity during Pliocene and Quaternary times (García Tortosa* et al.*, 2008).* ***Quality of Geological Information: Class B.***

Research / Data compilation by: *Francisco Juan García Tortosa (UJA); Pablo G. Silva (USAL); Elvira Roquero (UPM). Updated 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTONICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
PRE 19640609 Galera. GR	2°34'00'' O	37°44'12''N	4,8 mb	VII	VII-VIII	VIII	B	**Cordillera Bética; Zona Interna (Zona 36)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN
Ref.: García-Tortosa *et al.* (2008; 2012), Delgado *et al.*(2013)

Tipo de Evento: **PRE-INSTRUMENTAL**

DAÑOS GENERALES: En el área epicentral el terremoto se sintió con intensidad VII-VIII MSK/ VII EMS. En la localidad de Galera (1,5 km) se produjeron grietas en muchos edificios, con daños de consideración por hundimiento de tejados y/o tabiques en 36 edificios de Galera (casas y cuevas casa), quedando seis de ellos en estado de ruina; muchos tejados y cerca del 50% de las chimeneas de la población quedaron parcialmente destruidos; la techumbre y paredes de la iglesia sufrieron daños. Murieron al menos una cabra y una oveja como consecuencia del hundimiento de una cueva-corral. En Orce (8,0 km) se registraron daños similares y más del 70% de las chimeneas se vieron afectadas en mayor o menor grado por el terremoto. El castillo histórico de esta localidad (Alcazaba de las Siete Torres) sufrió graves daños con el colapso parcial de sus muros y varias almenas quedaron en estado de ruina. En Castilléjar y Huéscar, a 7 y 9 km de distancia epicentral respectivamente, el terremoto se sintió con intensidad VI MSK. Se registraron más de 200 réplicas, la de mayor magnitud, 3,6 – 3,9 mb e intensidad ≥ III MSK, tuvo lugar dos días después del evento principal.

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Los efectos secundarios se registran en un área de unos 34 km² incluidos dentro de la zona de intensidad VIII ESI-07. Se observaron grietas de tensión de gran tamaño, desprendimientos de bloques de gran tamaño en las proximidades de la localidad de Galera a lo largo de las laderas del valle del río del mismo nombre, a distancias máximas de entre 0,3 y 3 km. A unos 8,0 km de distancia, en el entorno de Orce, se documentan también similares procesos de ladera e importantes agrietamientos. Se tiene noticia de que en Castilléjar (7 km) también se produjeron efectos similares según los periódicos de la época.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☒ ***4 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Grietas de tensión de gran tamaño en los alrededores de Galera (Eras del Hacho) y en el Cerro de San Marcos de Orce.*
☒ ***6 Movimientos de ladera (SM):*** *Pequeños hundimientos del terreno, vuelcos y desprendimientos de grandes rocas (caídas de bloques) en los alrededores de Galera y en las laderas del valle del río Galera (0,3 a 3 km). En Orce (8,0 km) el Cerro de San Marcos, en el interior de la población, sufrió desprendimientos y notables agrietamientos asociados.*
☐ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *No Registrados.*
☒ ***1 Anomalías Hidrogeológicas (HD; 1 HA):*** *Aumentos de caudal en fuentes en los alrededores de Orce.*
☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (WA; TS):*** *No Registrados.*
☒ ***Otros efectos:*** *Se describe ruido sísmico significativo en la zona epicentral. Las noticias de la época indican que hubo un "fortísimo ruido similar al de un trueno". Abundante polvo durante varios días en la zona de las "Quebradas", uno de los lugares donde se produjeron desprendimientos.*
☒ ***Daños Arqueosísmicos:*** *Se produjeron grietas en muchos edificios e iglesias, daños en tejados y destrucción de un gran número de chimeneas en las localidades de Galera (1,5 km) y Orce (8 km). En Orce, La Alcazaba de las Siete Torres sufrió colapso parcial de sus muros, colapso de una almena situada frente a la iglesia y otras almenas quedaron en estado de ruina, con amenaza de derrumbe. Por ahora no se dispone de datos detallados que permitan realizar un análisis de orientación de daños (en estudio).*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Este evento sísmico no ha sido objeto de estudio geológico específico. Los efectos geológicos se encuentran documentados en un informe preliminar del IGN, diversas actas elaboradas por el Ayuntamiento de Galera en los días posteriores al evento principal, así como en los diarios de la época (p.ej. ABC y El Correo Catalán). Estos datos han sido recopilados y resumidos en investigaciones sobre la actividad tectónica reciente de la Falla de Galera (García-Tortosa et al., 2007; 2008; 2012). Estos autores relacionan este terremoto con la mencionada falla, un accidente tectónico con componente principal de salto en dirección sinistra, de dirección NE-SO, y de más de 25 km de longitud. Constituye una zona de falla de aproximadamente 1,5 km de anchura que genera un pequeño frente montañoso en el bloque meridional sobre materiales plio-pleistocenos margosos. A favor del segmento occidental de la falla se desarrolla el valle NE-SO del río Galera, que confluye con el río Guardal en Castilléjar, a unos 7,5 km de distancia, y presenta, además del citado frente montañoso, otras anomalías geomorfológicas y deformaciones sin-sedimentarias que indican su actividad durante el Plioceno y el Cuaternario (por ejemplo varios niveles de paleosismitas de hasta varios metros de diámetro que pueden observarse en tres dimensiones). Los planos de falla tienen una tendencia sub-vertical buzando hacia el NW entre 40 y 70°, con planos verticales y, en ocasiones, planos buzando hacia el SE. La deformación a lo largo de la falla de Galera está asociada con la generación de pliegues activos desarrollados fundamentalmente en el bloque meridional. La tasa vertical de desplazamiento para esta falla se encuentra entre 0.05 y 0.15 mm/año (García-Tortosa et al., 2008, 2011).* ***Calidad de la Información Geológica: Clase B.***

Investigación / Compilación de la información: *Francisco Juan García Tortosa (UJA); Pablo G. Silva (USAL); Elvira Roquero (UPM). Actualizado 2017.*

IMAGEN EVENTO



"Grieta de dimensiones métricas abierta en las cercanías de Galera" Portada ABC (10/6/1964).
Desprendimiento rocoso en la margen izquierda del río Galera, parcialmente producido por el terremoto de Galera de 1964 (Foto F.J. García Tortosa).

INS 19990202: MULA (Murcia). 1999 AD												INSTRUMENTAL	
FECHA AMD	**HORA Y MIN.**	**LONGITUD**	**LATITUD**	**MAG (Mw/Ms/M*)**	**EMS 98**	**MSK 64**	**ESI 07**	**Q_e**	**Q_i**	**Q_g**	**LOCALIZACIÓN TERREMOTO**		
19990202*AD*	13:45:17	1°50' O	38°10' N	4,8Mw	VI	VI-VII	VII	I	I	I	**Mula. MU**		
Método de datación:		CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Martínez Díaz *et al.* (2002); Bufom *et al.* (2005); Benito *et al.* (2007)									**Tipo Evento:**	INS	
Prof. km	< 10km	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**M_o**	3,65 x 10^{16} Nm	**Eventos asociados**		RÉPLICAS	**Agencia:**	IGN	
EEE Primarios		NO		**Longitud Falla**		-		**Desplazamiento**		-	**Tipo Desp.:**	Inverso-dextral	
EEE Secundarios		SÍ		**Categoría ESI07**		☒GK ☒SM ☐LQ ☒HD ☐HA ☐WA ☐TS					**Área afectada:**	87,9 km²	
Otros EEE Ambientales		SÍ		☒ OTROS EFECTOS (OT): Colapsos y ruptura de espeleotemas en la Cueva de Benis a unos 4 km de distancia. Caída de postes eléctricos en la Sierra de Ricote (6 km) como consecuencia de desprendimientos que originaron un incendio que llegó a tener un frente de 200 metros de longitud.									
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ		☒ EAEs: El Castillo de La Puebla de Mula sufrió el colapso de grandes bloques en su entrada principal, afectando a las claves del arco central de la misma.									

Referencias bibliográficas básicas:

Benito, B. *et al.* (2007): An overview of the damaging and low magnitude Mw 4.8 La Paca earthquake on 29 January 2005: context, seismo-tectonics, and seismic risk implications for Southeast Spain. Bull. Seismo. Soc. America, 97, 671–690.

Bufom, E. *et al.* (2005): Study of the damaging earthquakes of 1911, 1999, and 2002 in the Murcia, Southeastern Spain region: seismo-tectonic and seismic-risk implications. *Bull. Seismo. Soc. America, 95, 2, 549–567.*

Martínez-Díaz, J.J. *et al.* (2002): Caracterización geológica y sismotectónica del terremoto de Mula mediante la utilización de datos geológicos, sismológicos y de interferometría de RADAR (INSAR). Boletín Geológico y Minero 113 (1), 23–33.

Pérez-López, R. *et al.* (2009): Speleo-seismology and palaeoseismicity of Benis Cave (Murcia, SE Spain): coseismic effects of the 1999 Mula earthquake. Geological Society London, Spec. Pub., 316, 207-216.

Navarro Hervás, F., Rodríguez Estrella, T. (2001): Desprendimientos y vuelcos en laderas, desencadenados por la sismicidad en la cuenca de Mula. En: Espacio natural y dinámicas territoriales; homenaje al Dr. Jesús García Fernández (Manero, F., Coord.). Murcia. Pp. 171-182.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
INS 19990202 Mula. MU	1°50' W	38°10' N	4.8 Mw	VI	VI-VII	VII	I	**Eastern Betic cordillera (Zone 37)**
EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Martínez Díaz *et al.* (2002); Bufom *et al.* (2005); Benito *et al.* (2007); Pérez-López *et al.* (2009); Rguez. Estrella e Ibarguren (2009)							**Event Type:**	**INSTRUMENTAL**

GENERAL DAMAGE: 7 injuries. This earthquake was felt in a large area at more of 500 km of radius around the epicenter. The maximum intensity VI-VII MSK was reached in Puebla de Mula and Albuidete (80% of the buildings suffered from heavy to moderate damage), Baños de Mula (with similar level of damage), Mula, Yéchar and Campos del Río. These towns are located at less of 20 km of the epicenter. In this epicentral area about 5000 houses underwent damage, but only 34 collapsed and some few hundreds were severely damaged. These underwent multiple cracking on walls, roofs and floors. Cracking of paved zones roads was noticeable. Partial collapse of roofs, church towers and fall of architectural ornaments. Several relevant aftershocks occurred during the two subsequent weeks. The economic damage occasioned by this shock have been estimated in about 55 M€ (c. 9000 million of the ancient pesetas).

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary Effects ABSENT. Environmental damage affected to an area of about 88 km², concentrated in a zone of c. 10 km around the epicenter within the intensity zones VI and VII ESI-07. The recorded EEEs occurred along the Mula and Pliego river valleys (south) and in the Ricote and Cajal ranges (north). Most of them were processes of fine cracking (mm-wide) of paved zones and alluvial ground surfaces, small rockfalls (≤ 1 m³) but very numerous and representative ones. Hydrological anomalies of temporal character occurred in the Thermal springs of Baños de Mula (overflowing) and La Caputa (Drying). Other effects refers to cave block collapses in the Benis Cave (c. 28 km away V ESI-07 zone). Within the adjacent middle reach of the Segura (c. 20-25 km) no EEEs were documented.

☐ ***Surface ruptures (SR) and Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Recorded.*

☒ ***>7 Ground cracks (GK):*** *Numerous millimetre width – cracks (5-6 mm) in paved zones, roads and alluvial soils in the localities of Albuidete, Campos del Río, Baños de Mula y Mula (within a radius of c. 5 km around the epicenter). The wider one (10 cm wide) was recorded at Albuidete. Most of the cracks displayed N120-160 E orientations and an apparent dextral displacement. The Dams of La Cierva (4 km away) and El Mayés (11 km) were also affected by fine cracking in concrete facilities.*

☒ ***>4 Slope movements (SM):*** *Numerous moderate-size rockfalls occurred in the epicentral area triggering the temporal closure of two roads near El Niño (CC-415) and Ojós (MU-520), the Fall down of power distribution poles near Mula and Ricote Range, the death of cattle (Cajal Range) and damage of paved zones (Archena). In this locality (16 km away) a block of various tons (1 m³) rolled down over some hundreds of meters from the Ope Butte till the village. In the epicentral area rockfalls of metric-sized blocks were also recorded at El Castillo Butte (Puebla de Mula). Minor rockfalls occurred along the slopes of the Mula river valley.*

☐ ***Liquefaction processes (LQ):*** *No Recorded.*

☒ ***2 Hydrogeological anomalies (1 HD; 1 HA):*** *Drying of the La Caputa Spring at the epicentral area (c. 1km away), flowing again after 16h. Los Baños de Mula Thermal Springs (8.5 km away) overflowed, flowing normally after 20 h.*

☐ ***Anomalous waves and tsunamis (WA; TS):*** *No Recorded.*

☒ ***1 Other effects:*** *Underground block collapses of speleothems in the Benis Caves (c. 28 km away). The collapse occurred at 156 m depth into the Earthquake Hall, originating the blocking of a small gallery in the immediate lower level of the cave. The cave develop on the fault plane of the seismogenic source of the catalogued earthquake and record older paleoseismic events (Pérez-López, 2016).*

☒ ***Archaeoseismic damage:*** *The Muslim Castle of Alcala (8th Century AD), located on the top of the hill of La Puebla de Mula underwent the partial collapse on the main gate affecting to the central arch. Also were documented the drop of key-stones and significant vertical cracking in the towers of the churches at Yéchar and Albuidete.*

☒ ***Geological Data:*** *Earthquake subject of field analyses (e.g. Navarro Hervás and Rodríguez Estrella; 2000) and analyzed by different authors (Bufforn* et al., *2005; Benito* et al., *2007) providing data on the focal parameters of the event. Most of the authors agree in the fact that the earthquake was generated by oblique reverse displacement of dextral component along the Nor-Betic Fault (Crevillente Fault) with a strike of N 70 – 80 E in the affected area. The analysis of Santoyo and Luzón (2008; Tectonophysics n° 457) indicates that the earthquake reached a maximum magnitude of 5.1 Mw, but not 4.8 Mw as displayed in the IGN data-bases. Other authors (Mancilla* et al., *2002) indicate that the depth of the event could be between 7.5 – 12.5 depth.* ***Quality of Geological Information: Class I.***

Research / Data compilation by: *Pablo G. Silva, Beatriz Gómez (USAL). Newly published 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
INS 19990202 Mula. MU	1°50' O	38°10' N	4,8 mb	VI	VI-VII	VII	I	**Cordillera Bética Oriental (Zona 37)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN
Ref.: Martínez Díaz *et al.* (2002); Bufom *et al.* (2005); Benito *et al.* (2007); Pérez-López *et al.* (2009); Rod. Estrella e Ibarguren (2009)

Tipo de Evento **INSTRUMENTAL**

DAÑOS GENERALES: 7 heridos. El terremoto se sintió en un área de unos 500 km de radio alrededor del epicentro pero los daños se centraron en zonas más cercanas situadas a menos de 20 km. La intensidad máxima VI-VII MSK se registró en las localidades de Puebla de Mula y Albuidete (80% de las edificaciones con daños graves o moderados), Baños de Mula (con un nivel de daños algo inferior), Mula, Yéchar y Campos del Río. En esta zona epicentral un total de cerca de 5000 edificaciones sufrieron mayor o menor daño, pero solo 34 de ellas colapsaron y unos pocos cientos fueron seriamente dañadas (demolidas posteriormente). Estas edificaciones sufrieron agrietamientos múltiples en suelos, techos y paredes. La aparición de grietas en zonas asfaltadas o pavimentadas (núcleos urbanos y carreteras) fue notable en todas estas localidades. También se registraron los colapsos parciales de techos y torres en las iglesias de la zona, así como la caída de elementos ornamentales. Centenares de réplicas, algunas significativas, tuvieron lugar las dos semanas posteriores. Las pérdidas ocasionadas fueron estimadas en c. 55 M€ (c. 9000 millones de las antiguas pesetas).

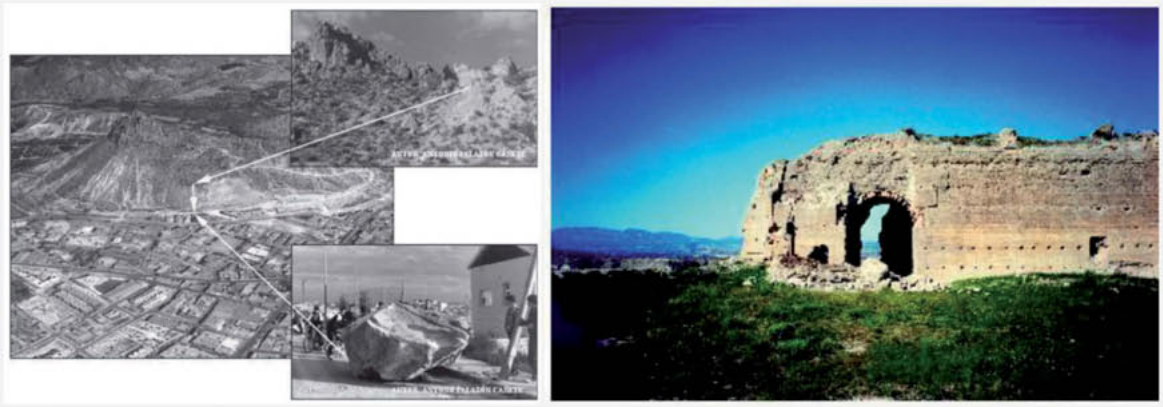
DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Los daños ambientales descritos se ciñen a un área de unos 88 km², concentrados preferentemente en una zona de unos 10 km de radio alrededor del epicentro, dentro de la zona de intensidad VI y VII ESI-07. La mayor parte de los EEEs documentados se alinean a lo largo de los valles de los ríos Mula y Pliego (al Sur) y en las sierras de Ricote y Cajal (al Norte). En su mayoría, los efectos documentados responden a procesos de agrietamiento del terreno milimétricos y pequeños desprendimientos (≤ 1 m³), pero muy numerosos y significativos. También se registran anomalías hidrológicas en los Baños termales de Mula y en la Fuente de La Caputa en la zona epicentral. Otros efectos se refieren a los efectos espeleosismológicos detectados en la Sima de Benis ya en zona de intensidad V ESI-07 (28 km) a una profundidad de 156 m. En todo el Valle medio del Segura (c. 20-25 km) se sintió con intensidad VI, pero no se documentaron efectos geológicos.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No registrados.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No registrados.*
☒ ***>7 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Numerosos procesos de agrietamiento en enlosados, zonas pavimentadas, alquitranadas y suelos aluviales de las localidades de Albuidete, Campos del Río, Baños de Mula y Mula (en un radio de unos 5 km alrededor del epicentro), en general todas ellas de longitud decamétrica y anchura milimétrica (5 – 6 mm). La mayor de ellas, de unos 10 cm de anchura se registró en Albuidete la localidad más afectada por el terremoto. Todas los agrietamientos presentaron direcciones entre N120 – 160 E y desplazamientos milimétricos de carácter dextral. Similares procesos de agrietamiento se registraron en las cerradas y canales de salida de los embalses de La Cierva (4 km) y El Mayés (11 km).*
☒ ***>4 Movimientos de ladera (SM):*** *Numerosos desprendimientos y vuelcos de rocas que originaron cortes de carretera en la CC-415 (pk 35; El Niño) y la MU-520 (cerca de Ojós), caída de postes de distribución eléctrica (junto al Río Mula y Sierra de Ricote), muerte de reses (Sierra de Cajal) y daños en pavimentos (Archena). La base del Castillo de Baños de Mula registró múltiples desprendimientos de bloques métricos de los travertinos horizontales de su base. En Archena (16 km) se produjo el desprendimiento de una roca de varias toneladas y 1 m³ desde el Cerro del Ope que, tras rodar unos cientos de metros, derribó una farola y produjo importantes desperfectos en el pavimento. Fueron importantes numerosos desprendimientos de pequeña entidad en las vertientes del Valle del Río Mula.*
☐ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *No registrados*
☒ ***2 Anomalías Hidrogeológicas (1 HD; 1 HA):*** *En la zona epicentral (c. 1 km) la denominada fuente Caputa dejó de manar (al producirse nuevas fracturas en las rocas carbonatadas de la zona de surgencia), reanudando su flujo el día posterior (16h). Los Baños Termales de Mula (c. 8,5 km) registraron un aumento temporal de la elevación de sus aguas, volviendo a su nivel habitual al día siguiente (20 h).*
☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (WA; TS):*** *No registrados.*
☒ ***1 Otros efectos:*** *Colapsos de bloques y espeleotemas en la Cueva de Benis (c. 28 km) a unos -156 m de profundidad en la denominada Sala del Terremoto. El colapso movilizó bloques de hasta 1 m³ ocasionando el bloqueo de una galería inferior. Esta cueva se desarrolla a favor del plano de falla del accidente tectónico que originó el terremoto y registra eventos paleosísmicos más antiguos (i.e. Pérez-López et al., 2016:).*
☒ ***Efectos arqueosismológicos:*** *El Castillo Musulmán de Alcalá (Siglo VIII AD), situado sobre el cerro plano que domina la localidad de La Puebla de Mula sufrió el colapso de grandes bloques en su entrada principal, afectando a las claves del arco central de la misma. También se describen caídas de claves y agrietamientos importantes en las torres de las iglesias de Yéchar y Albuidete.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Terremoto sujeto a estudios de campo (Navarro Hervás y Rodríguez Estrella, 2000; Rodríguez Estrella e Ibarguren Soler, 2002) y analizado por distintos autores (Bufom, et al., 2005; Benito et al., 2007), quienes proveen datos acerca de los parámetros focales del mismo. Todos los autores están de acuerdo que el terremoto puede relacionarse con un desplazamiento inverso de carácter dextral a lo largo de la Falla Nor-Bética (Segmento o Falla de Crevillente en la zona) con una dirección N 70 -80 E en la zona afectada. Al contrario que otros autores que asignan al terremoto una magnitud de 4,8 Mw, el análisis de esfuerzos realizado por Santoyo y Luzón (2008; Tectonophysics nº 457) indica que se trataría de una magnitud máxima de 5,1 Mw. No obstante, el valor de 4,8 Mw es el que aparece en las bases de datos del IGN. Otros autores (Mancilla et al., 2002) mediante el método de inversión del tensor de esfuerzos determinan la misma magnitud-momento, pero indican que el terremoto tuvo una mayor profundidad (7,5 – 12,5 km) y que el movimiento más importante fue de carácter inverso-sinestral sobe una falla NO 50ºE de carácter subvertical que también identifican con la falla Nor-Bética.* ***Calidad de la Información Geológica: Clase I.***

Investigación / Compilación de la información: *Pablo G. Silva, Beatriz Gómez (USAL). Nueva publicación 2017.*

IMAGEN EVENTO



Izquierda: Caída de un bloque de varias toneladas desde el Cerro de Ope afectando a los barrios más cercanos de la localidad de Archena (Foto: La Verdad 03.02.1999).
Derecha: Desplomes de la parte superior del arco de entrada en la Fortaleza Musulmana de Alcalá (Siglo VIII AD) situada en la localidad de Los Baños de Mula.

INS 20020806: BULLAS (Murcia). 2002 AD — INSTRUMENTAL

FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_l	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
20020806*AD*	6:16	1°51' O	37°53' N	5,0 Mw	VI	-	VI	I	I	I	**Bullas. MU**

Método de datación:	CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Buforn *et al.* 2005, Buforn *et al.* 2006, Rodríguez-Peces *et al.* 2011					**Tipo Evento:**	INS
Prof. km 1 km	**±EZ** -	**±EH-** -	**Mo**	3,47x10^{16} Nm	**Eventos asociados**	RÉPLICAS	**Agencia:**	IGN
EEE Primarios	SIN DATOS	**Longitud Falla**	-		**Desplazamiento**	-	**Tipo Desp.:**	Desgarre sinestral
EEE Secundarios	SÍ	**Categoria ESI07**	☒GK ☒SM ☐LQ ☐HD ☐HA ☐WA ☐TS				**Área afectada:**	17km²
Otros EEE Ambientales	SÍ	☐ OTROS EFECTOS (OT): No registrados.						
EAE Efectos Arqueosismológicos	SÍ	☒ EAEs: No se dispone información sobre daños orientados sobre este terremoto, así como de ningún EAE que pueda aportar más información que la propia evaluación de daños realizada en función de la escala EMS-98.						

Referencias bibliográficas:

Benito, B., *et al.* (2007): An Overview of the Damaging and Low Magnitude Mw 4.8 La Paca Earthquake on 29 January 2005: Context, Seismotectonics, and Seismic Risk Implications for Southeast Spain. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 97 (3), 671–690.

Buforn, E. *et al.* (2005): Study of the damaging earthquakes of 1911, 1999, and 2002 in the Murcia region, Southeastern Spain: seismotectonic and seismic-risk implications. Bulletin of the Seismological Society of America 95, (2), 549–567.

Buforn, E. *et al.* (2006): The Bullas (Murcia, SE. Spain) earthquake, 29 January 2005. Journal of Seismology, 10, 65–72.

Murphy Corella, P. (2005): "Informe del terremoto de Lorca del 29 de enero de 2005" en International Association of Emergy Managers-España [En línea]. http://www.iaem.es/index.php/documentos/

Rodríguez-Peces, M.J. *et al.* (2011): Applicability of Newmark method at regional, sub-regional and site scales: seismically induced Bullas and La Paca rock-slide cases (Murcia, SE Spain). Nat. Hazards, 59: 1109–1124.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Qg	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
INS 20020806 Bullas. MU	1°51' W	37°53' N	5.0 Mw	VI	-	VI	I	**Eastern Betic Cordillera (Zone 37)**

EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Buforn *et al.* (2005), Buforn *et al.* (2006), Rodríguez-Peces *et al.* (2011).	**Event Type:**	**INSTRUMENTAL**

GENERAL DAMAGE: Widespread moderate damage at the villages of La Paca and Zarcilla de Ramos. 1 person injured and near 100 houses damaged mainly walls and roofs, with fall of ornamental elements. Sparse fractures on pavements with millimetric width. Maximum PGA recorded 0.20g (E-W) in Mula. Up to 123 aftershocks were recorded during the first 24 hours, reaching magnitude 3.9 mb one of them. Maximum intensity is considered V EMS in the IGN data bases, but further investigations by Benito *et al.* (2007) consider maximum intensity VI EMS in the locality of La Paca.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Described environmental damage by secondary effects over an area < 17 km² included within the intensity zone V ESI-07. Documented EEEs are restricted to this small area 3 km south of the epicentre around the locality of La Paca, consisting on 3 rock fall/slides associated to small structural reliefs (flat hills) in the vicinity of La Paca, Don Gonzalo and Zarcilla de Ramos. Individual mobilized rocks between 25 and 10 m³, but one of them reached 120 m³ near La Paca. Also sparse cracks on pavements with millimetric width are documented in this locality. The zone affected by EEEs is in the range of intensity VI ESI-07, but this intensity level was only punctual around La Paca (3.3 km away) where ground cracks and the larger slope movement are documented.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☒ ***1 Ground cracks (GK):*** *Sparse ground cracks of millimetric width on pavements at La Paca (3.3 km away).*
☒ ***3 Slope movements (SM):*** *3 rock slides – rock falls has been reported; two of them associated to the small hills of El Castillico (25 m³) and El Pozo (10 m³), between Don Gonzalo and Zarcilla de Ramos, and the third one in Alto de las Pocicas (c. 120 m³), close to La Paca village. All these rock-falls occurred about 2.5 – 3.3 km south of the epicentre. Some of them rolled down along many tens of meters in zones of low slope and were subject of re-mobilization during the 2005 La Paca earthquake.*
☐ ***Liquefaction processes (LQ):*** *No Reported.*
☐ ***Hydrogeological anomalies (HD; HA):*** *No Reported.*
☐ ***Anomalous waves and tsunamis (WA; TS):*** *No Reported.*
☐ ***Other effects:*** *No Reported.*
☐ ***Archaeoseismic damage:*** *No Reported.*

☒ ***Geological Data:*** *This earthquake was subject of field-work and has been studied by Buforn et al. (2005) who make a study of the focal mechanism and PGA, comparing it with other seismic events occurred nearby, with hazard analysis purposes. Benito et al. (2007) also re-calculate seismic data for this event. Rodríguez Peces et al., (2011) focus their work in the applicability of the Newmark method to the rockslides triggered by this event. Santoyo and Luzón (2008) analyse the possible stress relationships between different earthquakes occurred in this zone. Seismotectonic analyses (Benito et al., 2007) consider similar seisimic sources than those responsible for La Paca 2005 earthquake. This corresponds to the normal-oblique slip NW-SE El Puerto Fault according to the epicentral location of the main event, aftershock series and obtained focal solution. This fault is transverse to noticeable NE-SW strike slip faults in the zone such as the Crevillente (North-Betic Fault), Zarzilla, Avilés and Terreros faults.* ***Quality of Geological Information Class I.***

Research / Data compilation by: *Teresa Bardají (UAH); Pablo G. Silva (USAL). Published in 2014.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
INS 20020806 Bullas, MU	1°51' O	37°53' N	5,0 Mw	VI	-	VI	I	**Cordillera Bética Oriental (Zona 37)**
EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN Ref.: Buforn, E. *et al.* (2005), Buforn, E. *et al.* (2006), Rodríguez-Peces *et al.* (2011).								**Tipo de Evento** **INSTRUMENTAL**

DAÑOS GENERALES: Daños generalizados en La Paca y Zarcilla de Ramos.1 herido y alrededor de una centena de casas dañadas, principalmente en muros y tejados con caída de materiales ornamentales. Algunas fracturas en el pavimento de anchura milimétrica. PGA máxima registrada de 0,020g (E-O) en Mula. Se registraron 124 réplicas durante las primeras 24 horas, llegando a alcanzar una de ellas magnitud 3,9 mb. La intensidad máxima asignada a este terremoto es de V EMS en las bases de datos del IGN, no obstante, estudios posteriores (Benito *et al.*, 2007) asignan una intensidad máxima de VI EMS para la localidad de La Paca.

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Los daños ambientales descritos se ciñen a efectos secundarios que cubren una pequeña área de inferior a los 17 km² dentro de la zona de intensidad V ESI-07. Los EEEs documentados se restringen a esta pequeña zona, a unos 3 km al sur del epicentro, en las cercanías de La Paca. Estos están constituidos por 3 desprendimientos, o caídas de bloques, asociados a los escarpes de pequeños relieves estructurales (tipo mesa) en materiales neógenos en los alrededores de La Paca, Don Gonzalo y Zarcilla de Ramos. Los volúmenes individuales movilizados se encuentran entre 25 y 10 m³, pero uno de ellos alcanzó los 120 m³ cerca de La Paca, donde también se documenta la aparición de agrietamientos de escala milimétrica en zonas asfaltadas. El área afectada por EEEs se encuentra en el rango de intensidad VI ESI-07 (su límite inferior), pero este valor solo se alcanzó puntualmente en los alrededores de La Paca (3,3 km), siendo el resto de los efectos de intensidad V ESI-07.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☒ ***1 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Fracturas dispersas de anchura milimétrica en zonas pavimentadas/asfaltadas en la localidad de La Paca (3,3 km).*
☒ ***3 Movimientos de ladera (SM):*** *Se identifican 3 caídas/desprendimientos de rocas, dos de ellas asociadas a los cerros del Castillico (25 m³) y del Pozo (10 m³), entre Don Gonzalo y Zarcilla de Ramos, y un tercero en el Alto de las Pocicas (c. 120 m³), junto a La Paca. Estos procesos de ladera ocurrieron a distancias epicentrales de 2,5 – 3,3 km al sur del epicentro. Algunos de ellos rodaron a lo largo de muchas decenas de metros en zonas de escasa pendiente y posteriormente se removilizaron durante el terremoto de La Paca de 2005.*
☐ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *No Registrados.*
☐ ***Anomalías Hidrogeológicas (HD; HA):*** *No Registrados.*
☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (WA; TS):*** *No Registrados.*
☐ ***Otros efectos:*** *No Registrados.*
☐ ***Daños Arqueosísmicos:*** *No Registrados.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Terremoto sujeto a estudios de campo y analizado por Buforn et al. (2005) quienes hacen un estudio de los parámetros focales del mismo y de la PGA, comparándolo con otros terremotos ocurridos en la zona, así como un análisis de la peligrosidad sísmica. Benito et al. (2007) revisan los datos sísmicos de este evento. Rodríguez Peces et al. (2011), se centran en el estudio de los desprendimientos de roca generados por este terremoto analizando la aplicabilidad del método de Newmark a este tipo de fenómenos. Santoyo y Luzón (2008) analizan las posibles relaciones entre los esfuerzos generados por diferentes terremotos en esta región. Análisis Sismotectónicos (Benito et al., 2007) sugieren una fuente sísmica similar a la del terremoto de La Paca 2005. Estos autores consideran la falla normal-oblicua (NO-SE) en base a la localización del evento principal, serie de réplicas y a los mecanismos focales obtenidos para los mismos. Esta es una falla transversal a las fallas en dirección NE-SO más relevantes de la zona incluidas en la zona de falla Norbética, como son las fallas de Crevillente (principal), Avilés, Zarcilla y Terreros.* ***Calidad Información Geológica: Clase I.***

Investigación / Compilación de la información: *Teresa Bardají (UAH); Pablo G. Silva (USAL). Publicado en 2014.*

IMAGEN EVENTO

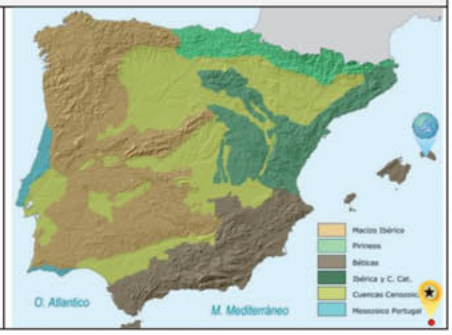


Bloques desprendidos en el Cerro del Castillico tras el terremoto de Bullas-2002 con tamaño aproximado 25 m³. (Murphy Corella, 2005).

INS 20030521: Tsunami Menorca (Baleares). 2003 AD												INSTRUMENTAL
FECHA AMD	**HORA Y MIN.**	**LONGITUD**	**LATITUD**	**MAG (Mw/Ms/M*)**	**EMS 98**	**MSK 64**	**ESI 07**	**Q_e**	**Q_l**	**Q_g**	**LOCALIZACIÓN TERREMOTO**	
20030521*AD*	19:44	3°34'48" E	36°54'36" N	6,8 Mw	X	-	X	I	I	I	**Argelia (Norte de África)**	
Método de datación:		CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Edwards, 2004, Hamdache *et al.* 2004, IGN, 2016									**Tipo Evento:**	INS
Prof. km	12 km	**±EZ** -	**±EH-** -	**Mo** -		**Eventos asociados**		RÉPLICAS			**Agencia:**	IGN
EEE Primarios		SIN DATOS	**Longitud Falla**	55 km		**Desplazamiento**		3 – 4 m			**Tipo Desp.:**	Inverso de bajo ángulo
EEE Secundarios		SÍ	**Categoria ESI07**	☐GK ☐SM ☐LQ ☐HD ☐HA ☐WA ☒TS							**Área afectada:**	> 10.000 km²
Otros EEE Ambientales		SÍ	☐ OTROS EFECTOS (OT): Registrados (en la costa africana).									
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ	☐ EAEs: Registrados (en la costa argelina frente al epicentro submarino)									

Referencias bibliográficas:

Álvarez-Gómez, J.A. *et al.* (2011): Tsunami hazard at the Western Mediterranean Spanish coast from seismic sources. Natural Hazards and Earth System Sciences, 11, 227-240.
Díaz del Río, V. (2003): El Tsunami que llegó de Argelia. Articulo El País Tribuna: Circuito Científico. 23 de Junio de 2003.
Edwards, C. (2003): Lifeline damage light to moderate in Zemmouri earthquake: Structural damage significant. ASCE News, 28 (8), 10 – 11.
Edwards, C. (2004): Zemmouri, Algeria: Mw 6.8 Earthquake Of May 21, 2003, ASCE Publ., USA. 49 pp.
Hamdache, M. *et al.* (2004): The Algiers, Algeria Earthquake (6.8 Mw) of 21 May 2003: Preliminary Report. Journal of Seismology, 10, 65–72.
IGN (2016): Catálogo de Tsunamis en las costas españolas (On-line).
Roig-Munar, F.X. *et al.* (2016): Indicadores geomorfológicos de tsunamis históricos en las costas rocosas de Baleares. Geotemas, 16 (1). 641 – 644.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Qg	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
INS 20030521 Tsunami Menorca. IB	3°34'48" E	36°54'36" N	6.8 Mw	X	-	X	I	**Tell Atlas, Algeria Littoral (Zone 48)**
EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Edwards, 2004, Hamdache *et al.* 2004, IGN, 2016							**Event Type:**	**INSTRUMENTAL**

GENERAL DAMAGE: Widespread devastating damage in the Algerian littoral adjacent to the offshore epicentral area. About 2,266 people death, 10,260 injured and c. 20,000 left homeless as a consequence of this earthquake. Near 1,300 buildings were totally or partially destroyed in the cities of Algiers, Boumerdès, Réghaïa and Thénia were maximum PGA values onshore were of 0.56 – 0.35 g. The offshore event triggered a tsunami that travelled to the north causing damage in the Spanish littoral, but especially in the Balearic Islands (i.e. Menorca and Ibiza). The earthquake was felt in the island at c. 19:45h with a local intensity of IV – V EMS98. The tsunami (1 - 3 m high) caused noticeable damage in most of the harbours of the Balearic islands at the Mahón one (Menorca Island). Around 200 boats were rafted, damaged and sunk. Only in the Mahón harbour (the most damage one) the tsunami caused the sinking of 73 boats and docks and other harbour facilities were repeatedly flooded and damaged. Catalogued in the IGN data bases as a tsunami of intensity 3 – 4 in the Ambrasseys Scale, which means: Noticed by everybody. Damage in docks and jetties. Limited flooding of beaches and harbours. Ships and boats can be rafted onshore and offshore.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects OCCURRED in the epicentral area about 300 km to the south of the Balearic islands. Permanent uplift of c. 0.6 – 0.9 m of about 3 km of the shoreline near Zemmouri. The offshore fault rupture and regional displacement triggered the Mediterranean seawater drawdown along 80 km of the coastline for about 20 minutes (Delys to the East to Algiers to the West). Waters receded 500 m from the shore, but only about 100 m in the Algiers harbour (causing lateral spreading on port facilities). Minor landslides and liquefaction were also reported along the coast line (Edwards *et al.*, 2003). The tsunami travelled about 300 km to the north affecting the Balearic islands and coastal SE Spain. The waves reached a height of 1 to 3 m (max) damaging about 200 boats in the Balearic islands. The Tide-Gauge at Palma de Mallorca recorded the arrival time of the tsunami wave at 20:41 (local time) indicating that the travel time of the tsunami was of c. 45 minutes with a velocity of c. 330 km/h. The tsunami was constituted by 32 different waves grouped in two different series: (a) the 11 first waves were the larger amplitude ones (1.1 m); (b) the subsequent 21 waves were progressively decreasing in amplitude until its entire dissipation 10 h latter (Díaz del Río, 2003). The waves displayed a periodicity of 27 minutes, so the sea was periodically flooding the coastal facilities during 10 hours. During the first tsunami arrival seafloor was visible around the Menorca littoral, with a maximum estimated drawdown of c. 2 m. This corresponds to a minimum intensity VI ESI-07 with waves more than 1 m high, but with a run-up elevation of 2-4 m causing temporal flooding and limited erosion on beaches (TEE-16 Scale; Lario *et al.*, 2016).

☐ ***Surface ruptures (SR) and Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No reported, but present in the offshore and littoral area of Algeria around the epicentre.*
☐ ***Ground cracks (GK):*** *No reported, but present in the littoral area of Algeria around the epicentre.*
☐ ***Slope movements (SM):*** *No reported, but present in the offshore and littoral area of Algeria around the epicentre. Submarine landslides caused the rupture of submarine pipelines and communication lines.*
☐ ***Liquefaction processes (LQ):*** *No reported, but present in the littoral area of Algeria around the epicentre.*
☐ ***Hydrogeological anomalies (HD; HA):*** *No reported, but occurred in the littoral area of Algeria around the epicentre.*
☒ ***Anomalous waves and tsunamis (TS):*** *A c. 1 m high tsunami wave affected to the littoral and harbours of the whole Balearic archipelago, but especially damaging in the Menorca island and Mahón Harbour, where at least 73 boats and ships were rafted by the sea, all of them sunk under the waters (other 80 severely damaged). Run up elevation at Mahón was of c. 3 m but the tide-gauges of Mallorca recorded sea-level elevations of 110 cm, 75 cm at Ibiza, 73 cm at Valencia and 35 cm at Barcelona.*
☐ ***Other effects:*** *No reported, but occurred in the littoral area of Algeria around the epicentre.*
☐ ***Archaeoseismic damage:*** *No reported, but occurred in the littoral area of Algeria around the epicentre.*

☒ ***Geological Data:*** *This earthquake was subject of field-work and geophysical analyses and studied by Edwards (2004) and Hamdache* et al. *(2004) among others, who indicate that low angle thrust faults dipping to the S – SE present along the Algerian littoral (i.e. Zemmouri Fault) are seismic sources capable to generate 7.3 Mw earthquake and relevant tsunamis affecting to the northern Mediterranean coasts. Tsunami modeled by Álvarez-Gómez (2011) .* ***Quality of Geological Information Class I.***

Research / Data compilation by: *Pablo G. Silva (USAL). Newly Published 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
INS 20030521 Tsunami Menorca. IB	3°34'48" E	36°54'36" N	6,8 Mw	X	-	X	I	**Tell Atlas, Litoral de Argelia (Zona 48)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN
Ref.: Edwards, 2004, Hamdache *et al.* 2004, IGN, 2016

Tipo de Evento: **INSTRUMENTAL**

DAÑOS GENERALES: Daños devastadores a lo largo del litoral argelino situado en las proximidades del epicentro submarino. Unas 2.266 personas murieron, 10.200 heridas y otras 20.000 se quedaron sin hogar a consecuencia del terremoto. Cerca de 1.300 edificios fueron total o parcialmente destruidos, en las ciudades de Algiers, Boumerdès, Réghaïa and Thénia donde se registraron valores de PGA máximos entorno a los 0,34 – 0,56 g. El terremoto generó un tsunami que viajó hacia el norte causando daños en el litoral español, muy especialmente en las Islas Baleares (Menorca e Ibiza). El terremoto fue sentido en Menorca con una intensidad local de IV-V EMS98 a las 19:45h. El tsunami (1 – 3 m run-up) causó un daño considerable en la mayor parte de los puertos de las islas, causando daños y hundimiento de cerca de 200 embarcaciones, 73 de ellas en la isla de Menorca (Mahón). En el puerto de Mahón (uno de los más afectados), muelles, pantalanes y otras infraestructuras portuarias fueron inundadas repetidamente y dañadas seriamente. El evento se encuentra catalogado por el IGN como un tsunami de intensidad 3 – 4 en la Escala Ambrasseys (1962): Lo que significa que el evento fue notado por todas las personas, se causaron daños en muelles y diques, inundaciones temporales de instalaciones portuarias y playas, barcos y botes fueron arrastrados y dañados por las olas.

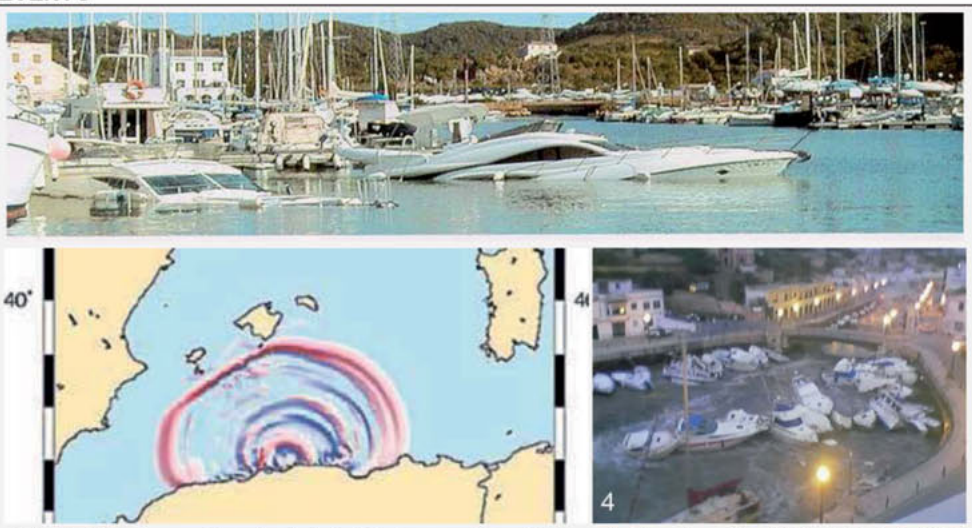
DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios PRESENTES, pero en el área epicentral unos 300 km al sur de las islas Baleares. Se produjo una elevación permanente de 0,6 – 0,9 m a lo largo de 3 km de litoral en las cercanías de Zemmouri. La ruptura de falla submarina y el desplazamiento regional ocasionados por este evento dieron lugar a un notable retroceso de las aguas a lo largo de 80 km de litoral (Delys al Este hasta Algiers en el Oeste) por espacio de 20 minutos. El mar retrocedió un máximo de 500 m, aunque en el puerto de Algiers solo retrocedió 100 m, pero causando colapsos de los muelles y diques como consecuencia de procesos de expansión lateral. Deslizamientos, procesos de licuefacción y deslizamientos submarinos (cortes de líneas de comunicación) tuvieron lugar a lo largo de toda la zona litoral afectada (Edwards *et al.*, 2004). El tsunami viajó algo más de 300 km alcanzando alturas de ola máximas entre 1 y 3 m en el litoral balear. El mareógrafo del Palma de Mallorca registró la llegada de las olas a las 20:41h (Hora Local) indicando que el tiempo de recorrido del tsunami fue de c. 45 min, desplazándose a una velocidad de unos 330 km/h. El tren de ondas del tsunami estuvo compuesto por 32 olas agrupadas en dos series: (a) las primeras 11 olas tuvieron mayor amplitud (hasta 1,1 m); (b) las siguientes 21 olas fueron disminuyendo progresivamente de amplitud, disipándose definitivamente 10h más tarde (Díaz del Río, 2003). Los trenes de oleaje mostraron una periodicidad de 27 minutos por lo que el tsunami estuvo azotando repetidamente el litoral balear durante 10 h. La llegada de la primera ola del tsunami dio lugar a una bajada del nivel del mar de unos 2 m pudiéndose ver el fondo marino en el litoral sur de Menorca. La forma de ría estrecha y alargada de los puertos de Mahón y Ciutadella pudieron amplificar la onda del tsunami alcanzando un run-up de hasta los 3 m citados, no registrados en la zona por la ausencia de mareógrafos en esa zona litoral. El tsunami correspondería con una intensidad mínima VI ESI-07, con olas de hasta 1 m de altura, pero que pueden alcanzar un run-up de hasta 2-4 m causando daños e inundaciones temporales en puertos y erosión limitada en playas (Escala TEE-16; Lario *et al.*, 2016).

☐ ***Rupturas de Falla (SR) y Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas, pero presentes en la zona epicentral del litoral de Argelia.*
☐ ***Agrietamientos del Terreno (GK):*** *No Registradas, pero presentes en la zona epicentral del litoral de Argelia.*
☐ ***Movimientos de ladera (SM):*** *No Registradas, pero presentes en la zona epicentral del litoral de Argelia. Se produjeron deslizamientos submarinos que dieron lugar a la rotura de cables de comunicación submarinos y daños en gaseoductos.*
☐ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *No Registradas, pero presentes en la zona epicentral del litoral de Argelia.*
☐ ***Anomalías Hidrogeológicas (HD; HA):*** *No Registradas, pero presentes en la zona epicentral del litoral de Argelia.*
☒ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (TS):*** *Una ola de tsunami de algo más de 1 m de altura afectó a todo el archipiélago balear, afectando especialmente a la isla de Menorca y al Puerto de Mahón, donde se hundieron 73 embarcaciones (33 en Cala Llonga y Colársega) y otras 80 sufrieron daños de consideración. El run-up en Mahón alcanzó cerca de los 3 m inundando y dañando muelles y pantalanes. No obstante, los mareógrafos de Palma de Mallorca registraron una altura de ola máxima de 110 cm, 75 cm en Ibiza, 73 cm en Valencia y 35 cm en Barcelona, ya a unos 520 km de distancia del epicentro.*
☐ ***Otros efectos y Daños Arqueosísmicos:*** *No Registrados, pero ocurrieron en la zona epicentral del litoral de Argelia.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Terremoto sujeto a estudios de campo y geofísicos, analizado entre otros por Edwards (2004) y Hamdache* et al., *(2004), quienes indican que las fallas inversas de bajo ángulo y cabalgamientos buzando hacia el S-SE presentes a lo largo del litoral de Argelia (i.e. Falla de Zemmouri) son fuentes sísmicas capaces de generar terremotos de magnitud 7.3 Mw, con el consiguiente riesgo de tsunami para las costas de todo el litoral norte mediterráneo (Península Ibérica, Itálica, Litoral Francés, y archipiélagos Balear, Córcega y Cerdeña. Análisis de acumulaciones de bloques en todo el litoral Balear identifican tsunamis más antiguos y de mayor envergadura, mayores de 5m (Roig-Munar,* et al., *2016). De acuerdo con los resultados obtenidos con los diferentes métodos de datación utilizados (C14, liquenometría, tasas de disolución de gammas en bloques calcáreos), se detectan cinco eventos situados entre 1600 y 1750 en los acantilados rocosos del litoral de Menorca.* ***Calidad Información Geológica: Clase I.***

Investigación / Compilación de la información: *Pablo G. Silva (USAL). Nueva Publicación 2017.*

IMAGEN EVENTO



Imágenes y modelización del Evento aparecidas en los diarios. La Foto 4 corresponde a un *"Fenómeno de Rissaga"* ocurrido en 2006 en el Puerto de Ciutadella (Jansa, *et al.*, 2007: Advances in Geosciences, 12, pp.1-4), pero ilustra efectos parecidos a los del tsunami que aquí se cataloga.

INS 20050129: LA PACA (Murcia). 2005 AD												INSTRUMENTAL	
FECHA AMD	**HORA Y MIN.**	**LONGITUD**	**LATITUD**	**MAG (Mw/Ms/M*)**	**EMS 98**	**MSK 64**	**ESI 07**	**Q_e**	**Q_l**	**Q_g**	**LOCALIZACIÓN TERREMOTO**		
20050129 *AD*	7:41	1°45' O	37°51' N	4,8 Mw	VII	-	VII	I	I	I	**La Paca. MU**		
Método de datación:		CATALOGADO									**Tipo Evento:**	INS	
Prof. km	11	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**Mo**	1.62 x 10^{16} Nm	**Eventos asociados**		RÉPLICAS	**Agencia:**	IGN	
EEE Primarios		NO		**Longitud Falla**		-		**Desplazamiento**		-	**Tipo Desp.:**	SIN DATOS	
EEE Secundarios		SÍ		**Categoría ESI07**		☒GK ☒SM ☐LQ ☐HD ☐HA ☐WA ☐TS					**Área afectada:**	30 km²	
Otros EEE Ambientales		NO		☐ OTROS EFECTOS (OT): No registrados.									
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ		☒ EAEs: Se han descrito desplazamientos de muros, fracturas conjugadas en muros y numerosas fracturas en las uniones entre muros de diferente orientación y esquinas, principalmente en Zarcilla de Ramos y La Paca.									

Referencias bibliográficas:

Benito *et al.* (2007): An Overview of the Damaging and Low Magnitude Mw 4.8 La Paca Earthquake on 29 January 2005: Context, Seismotectonics, and Seismic Risk Implications for Southeast Spain. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 97, No. 3, pp. 671–690.

Buforn, E. *et al.* (2006): The Bullas (Murcia, SE. Spain) earthquake, 29 January 2005. Journal of Seismology 10, 65–72.

Murphy Corella, P, (2005): "Informe del terremoto de Lorca del 29 de enero de 2005" en International Association of Emergency Managers-España [En línea]. http://www.iaem.es/index.php/documentos/

Rodríguez-Peces, M.J. *et al.* (2011): Applicability of Newmark method at regional, sub-regional and site scales: seismically induced Bullas and La Paca rock-slide cases (Murcia, SE Spain). Nat Hazards 59: 1109–1124.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
INS 20050129 La Paca. MU	1°45' W	36°51' N	4.8 Mw	VII	-	VII	I	**Eastern Betic Cordillera (Zone 37)**
EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: IGN; Benito *et al.* (2007); Buforn *et al.* (2005); Buforn *et al.* (2006); Murphy Corella (2005); Rodríguez-Peces *et al.* (2011).							**Event Type:**	**INSTRUMENTAL**

GENERAL DAMAGE: All the houses in Zarcilla de Ramos (ca. 400) were damaged; about 20% seriously damaged and 30 families were left homeless. Aprox. 45% of the houses in La Paca were damaged, 5% of them seriously damaged. Damages affected both new and old houses. No casualties were reported. Maximum PGA values of 0,024 g were recorded at the nearest seismic station (Mula, 27 km away), but estimations of average PGA values in the epicentral zone are of 0.10 g. Up to 69 aftershocks recorded during the first 24 hours, one of them reaching magnitude 3.4 mb. Two aftershocks magnitude 4.3 and 4.0 mb were recorded the following week. Maximum intensity VII EMS was felt at La Paca and Zarcilla de Ramos.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Described environmental damage by secondary effects over a total area of c. 30 km² included or surrounding the VI ESI-07 intensity zone. Documented EEEs are restricted to a SW-NE elongated area, consisting on the reactivation of 3 rock fall/slides associated to small structural reliefs (Mesa-type) in the vicinity of La Paca, Don Gonzalo and Zarcilla de Ramos, triggered by the previous 2002 Bullas earthquake, as well as small ground cracks developed in paved zones of the localities of Zarcilla and La Paca, but also in alluvial sediments close to Avilés.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☒ ***3 Ground cracks (GK):*** *Small ground cracks of mm width and metric-decametric length on loose alluvial materials near Avilés (7.5 km away from epicentre) and in paved zones at La Paca (7.5 km away) and Zarcilla de Ramos (10.5 km away).*
☒ ***3 Slope movements (SM):*** *Reactivation of rock falls-rock slides triggered by the previous 2002 Bullas earthquake nearly 3 years before. These slope movements were produced at epicentral distances of 6.6 to 7.5 km away affecting to blocks of 10 -25 m³. Smaller rocks falls (1 – 10 m³) associated to road talus or ancient quarries (Zarcilla de Ramos) have been also reported.*
☐ ***Liquefaction processes (LQ):*** *No Reported.*
☐ ***Hydrogeological anomalies (HD; HA):*** *No Reported.*
☐ ***Anomalous waves and tsunamis (WA; TS):*** *No Reported.*
☐ ***Other effects:*** *No Reported.*
☒ ***2 Archaeoseismic damage:*** *Many houses at La Paca and Zarcilla de Ramos showed displaced walls, conjugated fractures in walls, fractures in wall joints and corners.*

☒ ***Geological Data:*** *Earthquake field surveys were carried out by the Dept. Geophysics and Meteorology of UCM (Buforn et al. 2006) and the IAEM (Murphy Corella, 2005) generating earthquake reports in which building and environmental damage is documented. This earthquake has been studied by Benito et al. (2007) who make an extensive study about the effects of the seismic event as well as the analysis of the focal mechanism and the seismotectonic framework. Rodríguez Peces et al. (2011) focus their work in the applicability of the Newmark method to the rockslides triggered by this EQ. Santoyo and Luzón (2008) analyse the possible stress relationships between different earthquakes occurred in this zone. Seismotectonic analyses (Benito et al., 2007) indicate that the normal-oblique slip NW-SE El Puerto Fault might be the responsible of the earthquake according to the epicentral location of the main event, aftershock series and obtained focal solution. This fault is transverse to noticeable NE-SW strike slip faults in the zone such as the Crevillente (North-Betic Fault), Zarcilla, Avilés and Terreros faults.* ***Quality of Geological Information: Class I.***

Research / Data compilation by: *Teresa Bardají (UAH); Pablo G. Silva (USAL). Published in 2014.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
INS 20050129 La Paca MU	1°45' O	36°51' N	4,8 Mw	VII	-	VII	I	**Cordillera Bética Oriental (Zona 37)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN
Ref.: IGN; Benito *et al.* (2007); Buforn *et al.* (2005); Buforn *et al.* (2006); Murphy Corella (2005); Rodríguez-Peces *et al.* (2011).

Tipo de Evento: **INSTRUMENTAL**

DAÑOS GENERALES: En Zarcilla de Ramos, todas las casas (aprox. 400) resultaron dañadas, el 20% seriamente dañadas y 30 familias tuvieron que abandonar sus hogares. En La Paca, aprox. el 45% de las casas fueron dañadas, el 5% de ellas seriamente dañadas. Los daños afectaron tanto a casas antiguas como de nueva construcción. No se produjo ninguna muerte. La PGA máxima (0,024 g) se registró en la estación sísmica más cercana en Mula a 27 km de distancia epicentral, pero estimaciones empíricas sobre los valores PGA medios teóricamente alcanzados en la zona epicentral son de 0,10 g. Se registraron 69 réplicas en las primeras 24 horas, alcanzando una de ellas magnitud 3,4 mb. Dos réplicas registradas la siguiente semana alcanzaron magnitudes de 4,3 y 4,0 mb. La máxima intensidad sentida fue de VII EMS, en las localidades de Zarcilla de Ramos y La Paca.

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Los daños ambientales descritos se ciñen a efectos secundarios que un área de c. 30 km² en el interior o bordeando la zona de intensidad VI ESI-07. Los EEEs documentados se restringen a una zona alargada en dirección SO-NE, y consisten en la reactivación de 3 desprendimientos/deslizamientos rocosos asociados a pequeños relieves estructurales de techo plano (cerros testigos) que se encuentran cerca de las localidades de La Paca, Don Gonzalo y Zarcilla de Ramos, que fueron provocados por el terremoto de Bullas-2002, así como agrietamientos del terreno de escala milimétrica desarrollados en zonas pavimentadas de La Paca y Zarcilla de Ramos, y sobre depósitos de origen aluvial cerca de Avilés.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☒ ***3 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Agrietamientos del terreno de anchura milimétrica y métricos-decamétricos en longitud sobre materiales aluviales cerca de Avilés (7,5 km del epicentro), y sobre zonas pavimentadas en La Paca (7,5 km) y Zarcilla de Ramos (10,5 km).*
☒ ***3 Movimientos de ladera (SM):*** *Reactivación de los deslizamientos/desprendimientos rocosos desencadenados por el terremoto de Bullas-2002, que hicieron rodar ladera abajo durante decenas de metros bloques rocosos de entre 10 y 25 m³. También se han descrito desprendimientos menores (1 – 10 m³) asociados a taludes de carretera y antiguas canteras (Zarcilla de Ramos) en la zona epicentral.*
☐ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *No Registrados.*
☐ ***Anomalías Hidrogeológicas (HD; HA):*** *No Registrados.*
☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (WA; TS):*** *No Registrados.*
☐ ***Otros efectos:*** *No Registrados.*
☒ ***2 Daños Arqueosísmicos:*** *Muchas casas en La Paca y Zarcilla con muros desplazados, fracturas conjugadas en muros, fracturas en uniones de muros y en esquinas.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *La IAEM (Murphy Corella, 2005) y el Departamento de Geofísica y Meteorología de la UCM (Buforn et al., 2006) realizaron campañas de campo inmediatamente después del terremoto, en cuyos informes se incluye la descripción de los daños tanto en edificios como en el entorno natural. Este terremoto ha sido estudiado por Benito et al. (2007) quienes realizan un extenso estudio acerca de los efectos de este terremoto, así como el análisis de sus mecanismo focal y el marco sismotectónico. Rodríguez Peces et al. (2011) centran su trabajo en la aplicabilidad del mètodo Newmark a los deslizamientos de rocas producidos por este terremoto, y su comparación con los producidos por el terremoto de Bullas-2002. Santoyo y Luzón (2008) analizan la posible relación entre los esfuerzos desencadenantes de este terremoto y otros cercanos en espacio y tiempo (Mula-1999, Bullas-2002). Análisis Sismotectónicos (Benito et al., 2007) sugieren a la falla normal-oblicua (NO-SE) de El Puerto como la más probable fuente sismogenética en base a la localización del evento principal, serie de réplicas y a los mecanismos focales obtenidos para los mismos. Esta es una falla transversal a las fallas en dirección NE-SO más relevantes de la zona incluidas en la Zona de Falla Norbética, como son las fallas de Crevillente (principal), Avilés, Zarcilla y Terreros.* ***Calidad de la información Geológica: Clase I.***

Investigación / Compilación de la información: *Teresa Bardají (UAH); Pablo G. Silva (USAL). Publicado en 2014.*

IMAGEN EVENTO



Desprendimientos de rocas en la carretera de Lorca – Caravaca de la Cruz y en una antigua cantera en las proximidades de Zarcilla de Ramos (Murphy Corella, 2005).

INS 20110511: LORCA (Murcia). 2011 AD — INSTRUMENTAL

FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
20110511 *AD*	16:47	1°42'41,0"O	37°43'3,0"N	5,2 Mw	VII	-	VIII	I	I	I	**Lorca. MU.**

Método de datación:	CATALOGADO Ref. Bibliográfica: IGME (2012); IGN (2012); Alfaro et al. (2012); Silva et al. (2013).						**Tipo Evento:**	INS
Prof. km	4	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**Mo**	6,5 x10^{16} Nm	**Eventos asociados**	PREMONITORES YRÉPLICAS	**Agencia:**	IGN
EEE Primarios	SÍ	**Longitud Falla**				4 km	**Desplazamiento**	3-4 cm	**Tipo Desp.:**	INVERSA	
EEE Secundarios	SÍ	**Categoría ESI07**				☒GK ☒SM ☐LQ ☒HD ☐HA ☐WA ☐TS			**Área afectada:**	112 km²	
Otros EEE Ambientales	SÍ	☒ OTROS EFECTOS: Movimiento de la vegetación con caída de pequeñas ramas y frutos (naranjas) en la Ciudad de Lorca y en la Vega del Guadalentín (Altritar).									
EAE Efectos Arqueosismológicos	SÍ	☒ EAEs: Colapsos parciales, derrumbes y daños orientados en numerosas iglesias y conventos en el casco histórico de la ciudad de Lorca.									

Referencias bibliográficas:

Alfaro P. *et al.* (2012): Widespread landslides induced by the Mw 5.1 earthquake of 11 May 2011 in Lorca, SE Spain. Engineering Geology 137-138, 40–52.
Frontera, T. *et al.* (2012): Medidas de deformaciones cosísmicas con DInSAR para el terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011. Física de la Tierra, 24, 151-169.
IGME (2011): Informe geológico preliminar del Terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011 Mw 5.1. IGME, Madrid (Spain). 47 pp.
IGN (2012): Informe del sismo de Lorca del 11 de mayo de 2011. IGN, Madrid (Spain). 129 pp.
Martínez-Díaz, J.J. *et al.* (2012): Tectonic and seismic implications of an intersegment rupture. The damaging May 11th 2011 Mw 5.2 Lorca, Spain, earthquake. Tectonophysics. 546-547, 28-37.
Martínez Solares, J.M. *et al.* (2012): El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Física de la Tierra, 24, 17-40.
Silva, P.G. *et al.* (2013): Earthquake Environmental Effects (EEEs) triggered by the 2011 Lorca earthquake (Mw 5.2), Betic Cordillera, SE Spain): Application of the ESI-07 Intensity Scale. INQUA Proceedings on Paleoseismology and Active Tectonics, 4, 237-240. Aachen (Germany).



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
INS 20110511 Lorca, MU	1°42' W	37°43' N	5.2 Mw	VII	-	VII	I	**Eastern Betic Cordillera (Zone 55)**

EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES
Ref.: Alfaro *et al.* (2012); IGME (2011); IGN (2012); Martínez-Díaz, J.J. *et al.* (2012); Frontera *et al.*, (2012); Silva *et al.* (2013)

Event Type: **INSTRUMENTAL**

GENERAL DAMAGE: The 2011 Lorca earthquake is considered of moderate size, but due to its very shallow focal depth and closeness to the city (4 km) triggered 9 deaths, hundreds of injuries and about 880 buildings were damaged. One building collapsed during the event in the city centre and hundreds of the damaged buildings had to be demolished during the following weeks. The event belongs to a seismic serie which lasted until 14th July with about 135 aftershocks. One important foreshock (4.5 Mw) preceded the main event causing some damage (VI EMS), but for the aftershocks only 16 were felt by the population with intensities III to IV EMS. The main event was felt even in Madrid city about 450 km away. Localities located about 50 km away, such as Cartagena, Murcia and Huércal-Overa felt the event with intensity IV EMS.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects PRESENT as cm-scale coseismic tectonic uplift determined by means of DinSar analyses, but no surface rupture was recorded. Environmental damage by secondary effects over an effective area of 85-135 km², but the total area included within the intensity zone VI EMS is of c 200 km². Most of the catalogued EEEs are slope movements (Debris Avalanches and large rock-falls) affecting to the cuesta-type reliefs located to the south of the Lorca Basin (Cejos), La Tercia Range, Peña Rubia and the Lorca Castle Hill. Within the Lorca Basin, most of the rockfalls and avalanches affected to canyon-like rambla valleys and badlands carved on relatively soft materials (Hondo, El Dorado, La Serrata creeks) and placed in the epicentral zone. Most of the multiple catalogued cases occurred less than 10 km away from the epicentre. In La Bastida (near Totana; 12.5 km away) is recorded the far away one. 72 EEE records (71 for secondary effects) and 7 EAE records.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☒ ***1 Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *Tectonic uplift of 3-4 cm on the upthrown block of the Lorca-Alhama de Murcia Fault recorded by DinSar data within the urban zone of Lorca. The analyzed zone shows that this process is extended about 4 km North of Lorca following the fault trace.*
☒ ***3 Ground cracks (GK):*** *Cracking with centimetric slip of the main tower of the Lorca Castel. Small ground cracks of mm-scale in the Guadalentín rambla, Las Viñas zone and La Tercia Range all them located about 4-5 km way from the epicentre.*
☒ ***> 250 Slope movements (SM):*** *Multiple rockfalls and debris avalanches on cuesta-type reliefs carved on neogene calcarenites and conglomerates mainly along the southern border of the Lorca Basin (Cejos) and La Tercia Range at epicentral distances < 10 km. The epicentral zone (Bco. Hondo) records about 50 cases showing high frequency-density. From the slope movements generated by the earthquake only 31 cases (13%) displayed values up to the 100 m³, of which eleven cases was in the order of 1000 m³. In 89 cases (37%) mobilized materials were of c. 10-100 m³; 72 cases (32%) <10 m³; and 44 cases (18%) of about 1-3 m³, mainly in artificial cut-slopes.*
☐ ***Liquefaction processes (LQ):*** *No Reported.*
☒ ***1 Hydrogeological anomalies (1HD):*** *The Carraclaca thermal spring (c. 5 km away) underwent suspect small increase in temperature (< 1ºC).*
☐ ***Anomalous waves and tsunamis (WA):*** *No Reported.*
☒ ***2 Other effects:*** *Tree shaking in the Guadalentín valley upstream Lorca (Altritar; 4 km away) and garden-areas within Lorca (6 km away) triggering the fall of branches and fruits (oranges). Uprooted and broken trees around the Lorca Castle, Cejo de Los Enamorados and Rambla 17 Arcos as a consequence of slope movements and run-outs of large fallen blocks.*
☒ ***7 Archaeoseismic damage:*** *Oriented moderate to strong damage in historical churches and convents in Lorca city centre, Churches of Santiago, San Francisco, San Juan, San Patricio, Santa María, Convento de Las Clarisas y Almena del Porche de San Antonio (Ancient Arab city wall). Other EAEs affected to the Lorca Castle, but no similar data reported for other localities.*

☒ ***Geological Data:*** *Data from earthquake field survey immediately after the event undertaken by different Spanish research teams (IGME, 2011; Alfaro et al., 2012; Silva et al., 2013). The first Spanish seismic event subject to this kind of quality research. According to the available information the earthquake was very shallow (c. 4 km), consistent with a sub-surface oblique-reverse rupture 4 km long and 2 km wide with an estimated net slip of 13-14 cm (245º Azimuth) along the southern end of the central segment (Lorca-Totana) of the Lorca-Alhama de Murcia Fault (Buforn et al., 2012). DinSar and GPS analyses indicate 3-4 cm of coseismic surface uplift (Frontera et al., 2012).* ***Quality of Geological Information: Class I.***

Research / Data compilation by: *Pablo G. Silva, Beatriz Gómez (USAL).Published in 2014.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
INS 20110511 Lorca, MU	1º42' O	37º43' N	5,2 Mw	VII	-	VII	I	**Zona Bética Interior (Zona 55)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN
Ref.: Alfaro *et al.* (2012); IGME (2011); IGN (2012); Martínez-Díaz, J.J. *et al.* (2012); Silva *et al.* (2013).

Tipo de Evento | **INSTRUMENTAL**

DAÑOS GENERALES: El terremoto de Lorca de 2011 es considerado de tamaño moderado, sin embargo, debido a su escasa profundidad y cercanía a la población (4 km) causó 9 muertes, cientos de heridos y cerca de 880 edificios dañados. Un edificio colapsó durante el evento y cientos de ellos tuvieron que ser demolidos con posterioridad. Forma parte de una serie sísmica que duró hasta el 14 de Julio, sumando 135 réplicas tras el terremoto principal, de las cuales se sintieron 16 y alcanzando tan solo una de ellas el grado IV EMS (3,9 Mw). El terremoto principal fue precedido de un premonitor de intensidad VI EMS (5,5 Mw) pocas horas antes. El evento principal localizado a unos 4 km de la localidad de Lorca fue sentido hasta en Madrid, situada a más 450 km. El temblor también fue sentido en otras localidades como, Cartagena y Murcia (IV EMS) a más de 50 km de distancia.

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios PRESENTES registrados como elevación cosísmica del terreno de escala centimétrica (3-4 cm) determinada por análisis DinSar. No obstante, no se registró ruptura superficial de falla. Los daños ambientales por efectos secundarios abarcan un área efectiva de 85-135 km², pero un área total cercana a los 200 km² incluida dentro de la zona de intensidad VI. Prácticamente en su totalidad, los EEEs corresponden a Movimientos de Ladera, fundamentalmente desprendimientos y caídas de rocas en los relieves en cuesta de La Sierras de La Tercia, Cejo de los Enamorados, Rambla 17 Arcos, Peña Rubia y Cerro del Castillo de Lorca. En el interior de la Cuenca de Lorca, los desprendimientos y desplomes en relieves y en ramblas afectaron a La Serrata y numerosos barrancos en la zona epicentral (Bcos. El Dorado y Hondo). Los desprendimientos de rocas más alejados se registraron en relieves cercanos al yacimiento de La Bastida (Totana) a cerca de 12,5 km de distancia. Estudios sobre el terreno identifican algo más de 250 desprendimientos, de los cuales solo se catalogan algunos de ellos como representativos de las distintas zonas en la presente edición. 72 EEEs catalogados (71 efectos secundarios) y 7 EAEs.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
☒ ***1 Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *Elevación cosísmica de 3-4 cm del bloque levantado de la Falla de Lorca-Alhama de Murcia registrados a lo largo de su traza en el entorno urbano de Lorca mediante análisis DinSar. La zona investigada indica que esta elevación se extiende al menos unos 4 km al Norte de Lorca.*
☒ ***3 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Agrietamiento en la torre del Espolón (Castillo de Lorca) con desplazamiento cm y pequeños agrietamientos (mm) en Lorca y la Sierra de La Tercia. Algunos afectaron al viaducto o carreteras en el borde sur de la Cuenca de Lorca (Las Viñas) a unos 4-5 km de distancia epicentral.*
☒ ***>250 Procesos de Ladera(SM):*** *Múltiples caídas de rocas y desprendimientos en relieves en cuesta sobre calcarenitas y areniscas neógenas, fundamentalmente en los relieves en cuesta del borde Sur de la Cuenca de Lorca (Cejos) y Sierra de la Tercia a distancias epicentrales generalmente inferiores a los 10 km. Muy importantes por su elevada frecuencia son los que se registraron en la zona epicentral (Bco. Hondo), donde se catalogan 50 casos (caídas de rocas y debris). Del conjunto generado por el terremoto solo 31 casos (13%) alcanzaron dimensiones superiores a los 100 m³, 11 de los cuales cercanos a los 1000 m³. En 89 casos (37%) los volúmenes movilizados estuvieron entre 10 y 100 m³, 72 casos (32%) inferiores a 10 m³, y 44 casos (18%) en torno a 1-3 m³, la mayoría en taludes artificiales de carreteras y canales.*
☐ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *No Registrados*
☒ ***1 Anomalías Hidrogeológicas (1HD):*** *Pequeño aumento de la temperatura en la fuente termal de Carraclaca a 5 km de distancia epicentral.*
☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (WA):*** *No registrados.*
☒ ***2 Otros Efectos:*** *Caídas de ramaje y frutos (naranjas) en árboles de la ciudad de Lorca y en la vega alta del Guadalentín (Altritar); rotura y desplazamientos de árboles como consecuencia de caídas de rocas en el entorno del Castillo de Lorca, Rambla 17 Arcos y Cejo de los Enamorados.*
☒ ***7 Daños Arquesismológicos:*** *Daños orientados en edificios del patrimonio histórico de Lorca. Iglesias de Santiago, San Francisco, San Juan, San Patricio, Santa María, Convento de Las Clarisas y Almena del Porche de San Antonio (Antigua Muralla Almonacid). Otros efectos afectaron a las Murallas del recinto del Castillo de Lorca y a la Torre del Espolón. Ningún otro efecto de estas características registrado en otras poblaciones.*
☒ ***Datos Geológicos:*** *Datos recopilados en campañas de campo efectuadas inmediatamente tras el terremoto (IGME, 2011; Alfaro et al., 2012; Giner-Robles et al., 2012; Silva et al., 2013) han permitido la identificación, localización y cuantificación de los EEEs y EAEs listados en este catálogo. Constituye el primer terremoto instrumental importante en España del que se dispone de una investigación geológica detallada, y de calidad contrastada, realizada por diferentes equipos de investigación. De acuerdo a todos los informes y publicaciones disponibles, fue un terremoto muy superficial (< 4 km) coherente con una ruptura sub-superficial inversa-oblicua de 4 km de longitud y 2 km de anchura con un desplazamiento de 13-14 cm (Azimut 245º) a lo largo del segmento central (Lorca-Totana) de la falla de desgarre sinestral Lorca-Alhama de Murcia (LAF) a escasos 4 km al NNO de Lorca (Bufom et al., 2012). La deformación cosísmica del terreno fue de 3-4 cm como indican análisis DinSar y GPS en la zona (Frontera et al., 2012).* ***Calidad de la Información Geológica: Clase I.***

Investigación / Compilación de la información: *Pablo G. Silva, Beatriz Gómez (USAL). Publicado en 2014.*

IMAGEN EVENTO



A la izquierda, desprendimientos y caídas de bloques en la Rambla de Los 17 Arcos al Oeste de Lorca.
A la derecha derrumbes y colapsos múltiples en los badlands de El Dorado, quedando desdibujados los barrancos en la zona epicentral.

9

Datos macrosísmicos completos ESI-07 de terremotos catalogados (Fichas Event)

9. DATOS MACROSÍSMICOS COMPLETOS ESI-07 DE TERREMOTOS CATALOGADOS (FICHAS EVENT)

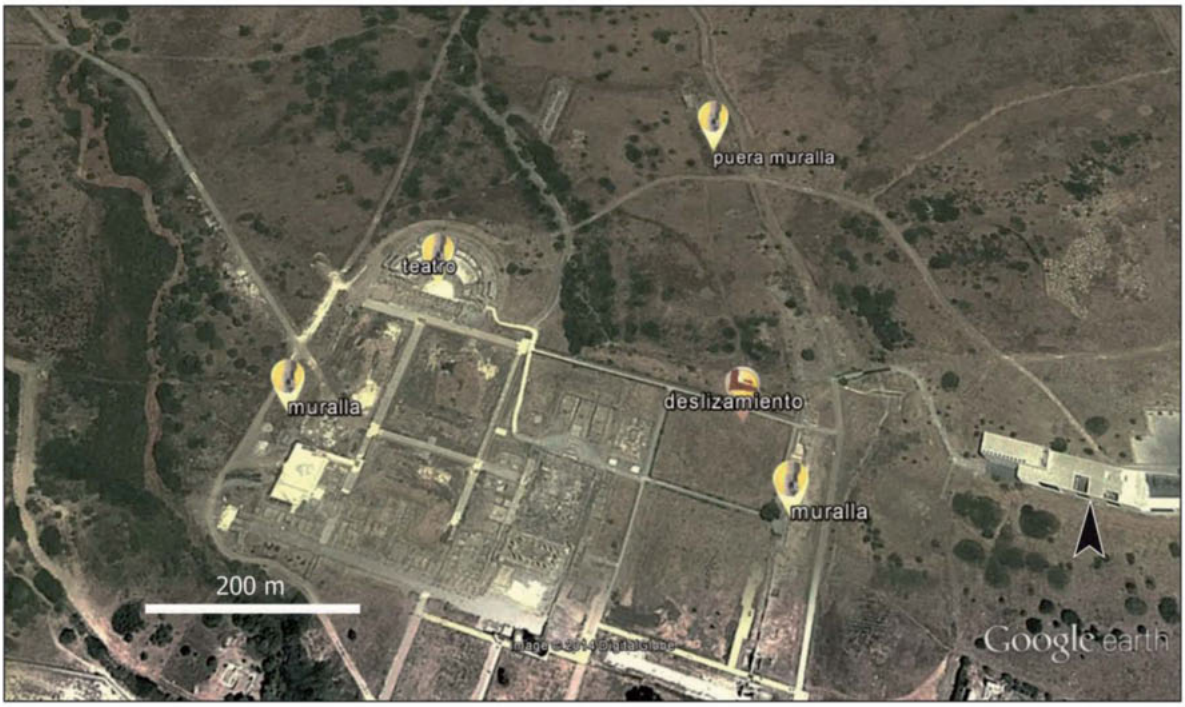
9.1. Eventos con información macrosísmica completa

Año	Mes y día	Longitud	Latitud	Q_e	Q_t	Q_g	Magnitud	EMS-98	ESI-07	Localización	Nº Código
040-060 AD		5° 46′ O	36° 05′ N	Q	Q	G	≥ 5,5 M	≥ VIII	≥ VIII	*Baelo Claudia;* Bolonia. CA	7. ARQ 004060
260-280 AD		5° 46′ O	36° 05′ N	Q	Q	G	≥ 5,5 M	≥ VIII	≥ VIII	*Baelo Claudia;* Bolonia. CA	8. ARQ 0260280
300-400 AD		1º 39′ O	38° 35″ N	G	G	G	6,8 Mw		X	*Ilunum.* Tobarra. AB	9. GEO 0300400
350-400 AD		3°19′9,21″ O	40°30′17″ N	Q	Q	G	≥ 5,5 Mw	≥ VIII	≥ VIII	*Complutum.* Alcalá de Henares, M	10. ARQ 0350400
1396 AD	Diciembre 18	0° 13′ O	39° 05′ N	B	C	B	6,5 M	VIII-IX	X	Tavernes de Valldigna. V	17. HST 13961218
1680 AD	Octubre 9	4° 36′ O	36° 48′ N	B	B	B	6,8–7,0 M	VIII-IX	IX	W de Málaga. MA	31. HST 16801009
1748 AD	Marzo 23	0° 38′ O	39° 02′ N	B	B	A	6,2 M	IX	IX	Estubeny. V	33. HST 17480323
1755 AD	Noviembre 01	10° 00′ O	36° 30′ N	D	A	A	8,5 M	XI-XII	XI	SW. Cabo San Vicente. Lisboa. P	34. HST 17551101
1804 AD	Agosto 25	2° 50′ O	36° 46′ N	B	A	B	6,4 M	VIII-IX	IX	Dalías. AL	36. HST 18040825
1806 AD	Octubre 27	3° 44′ O	37° 14′ N	A	B	B	5,3 M	VIII	VIII	Pinos-Puente. GR	37. HST 18061027
1829 AD	Marzo 21	0° 41′ O	38° 05′ N	B	A	A	6,6-6,9 M	IX-X	X	Torrevieja. A	38. HST 18290321
1863 AD	Junio 10	1° 56′ O	37° 22′ N	B	B	A	4,2-4,6 M	VI-VII	VIII	Huércal-Overa. AL	41. HST 18630610
1884 AD	Diciembre 25	3° 59′ O	37° 00′ N	A	A	A	6,5-6,7 M	IX-X	X	Arenas del Rey. GR	42. HST 18841225
1956 AD	Abril 19	3° 41′ O	37° 11′ N	A	I	B	5,0 Ms	VIII	VIII	Albolote. GR	49. PRE 19560419
1964 AD	Junio 09	2° 34′ O	37° 44′ N	A	I	B	4,8 mb	VIII	VIII	Galera. GR	50. PRE 19640609
2011 AD	Mayo 11	1° 42′ O	37° 43′ N	I	I	I	5,2 Mw	VII	VIII	Lorca. MU	56. INS 20110511

9.2. ARQ 004060 BOLONIA (Cádiz) 40-60 AD
Terremoto de **Baelo Claudia** *(Romano, Siglo I)*

INFORMACIÓN MACROSÍSMICA ARQ 004060: *BAELO CLAUDIA* (Bolonia - Cádiz). 40-60 AD											EFECTOS GEOLÓGICOS	
EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO	
ARQ 004060AD	-	5°46' O	36°05' N	≥ 5,5 Mw	≥ VIII	≥ VIII	≥ VIII	Q	Q	G	*Baelo Claudia*. Bolonia. CA	
Tipo de Efectos Catalogados											Número de Fichas 04	01 EEEs 03 EAEs

Imagen Google Earth de la localización de efectos catalogados en la ciudad romana de *Baelo Claudia*



Información macrosísmica catalogada

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
01.01 *Baelo* (Bastión)	5°46'25,82"O	36°5'30,50"N	EAE	Sin datos	Sin datos	Sin datos	VIII
01.02 *Baelo* (Deslizamiento)	5°46'25,44"O	36°5'24,99"N	SM	Sin datos	Sin datos	Sin datos	VIII
01.03 *Baelo* (Muralla)	5°46'24,52"O	36°5'23,29"N	EAE	Sin datos	Sin datos	Sin datos	VIII
01.04 *Baelo* (Teatro)	5°46'32,13"O	36°5'27,56"N	EAE	Sin datos	Sin datos	Sin datos	VIII

ARQ 004060: *BAELO CLAUDIA* (Bolonia - Cádiz). 40 - 60 AD											**ANTIGUO**	
FECHA AMD	**HORA Y MIN.**	**LONGITUD**	**LATITUD**	**MAG (Mw/Ms/M*)**	**EMS 98**	**MSK 64**	**ESI 07**	**Q_e**	**Q_i**	**Q_g**	**LOCALIZACIÓN TERREMOTO**	
004060 *AD*	-	5º46' O	36º05' N	≥ 5,5 Mw	≥ VIII	≥ VIII	≥ VIII	Q	Q	G	***Baelo Claudia*. Bolonia. CA.**	
Método de datación:		NO CATALOGADO. Ref. Bibliográfica: Sillières (1997); Silva *et al.* (2005; 2009)									**Tipo Evento:**	ARQ
Prof. km	-	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**Mo**	-	**Eventos asociados**		-	**Agencia:**	SCI PUB
EEE Primarios		NO		**Longitud Falla**		-		**Desplazamiento**		-	**Tipo Desp.:**	SIN DATOS
EEE Secundarios		SÍ		**Categoría ESI07**		☐GK ☒SM ☐LQ ☐HD ☐HA ☐WA ☐TS					**Área afectada:**	< 1km²
Otros EEE Ambientales		NO		☒ OTROS EFECTOS (OT): Probable intervención de un evento de tipo tsunami en base a niveles energéticos litorales documentados en las proximidades de *Baelo Claudia* y en la ciudad romana de *Carteia* (Bahía de Algeciras).								
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ		☒ EAEs: Daños en el yacimiento romano de *Baleo Claudia*. Efectos arqueológicos en la Muralla y Teatro. Estos daños se corresponden con la aparición en el registro arqueológico de un horizonte de demolición, y la posterior reconstrucción de la zona monumental de la ciudad, con reparaciones evidentes en la muralla.								

Documentación IGN 2002: NO CATALOGADO

Referencias bibliográficas básicas:

Fincker, M., Sillières, P. (2006): Le théâtre de *Baelo Claudia*: particularités architecturales et chronologie, Ventura, A.V. y Márquez, C. (Eds.): *Teatros romanos en Hispania*, (Colloque Cordoue 2003), pp. 81-98.

Grützner, C., *et al.* (2012): Active faulting and neotectonics in the Baelo Claudia area, Campo de Gibraltar (Southern Spain). Tectonophysics, 554-557, 127-142.

Sillières, P., (1997): *Baelo Claudia*: Una ciudad Romana de la Bética. Junta de Andalucía-Casa de Velázquez, Madrid.

Silva, P.G. *et al.* (2005): Archaeoseismic record at the ancient Roman city of *Baelo Claudia* (Cádiz, South Spain). Tectonophysics, 408, 129–146.

Silva, P.G. *et al.* (2009): Surface and subsurface paleoseismic records at the ancient Roma city of *Baelo Claudia* and the Bolonia Bay area, Cádiz (South Spain). Geol. Soc. London, Spec. Publ., 316, 93-121.

Silva, P.G. *et al.* (2016): Los terremotos antiguos del conjunto arqueológico romano de *Baelo Claudia* (Cádiz, Sur de España): Quince años de investigación arqueosismológica. Estudios Geológicos 72 (1), e050. 24 pp.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	**LONGITUDE**	**LATITUDE**	**MAG (Mw/Ms/M*)**	**EMS 98**	**MSK 64**	**ESI 07**	**Q_g**	**SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)**
ARQ 004060 *Baelo Claudia*. Bolonia.CA	5º46' W	36º05' N	≥ 5.5 Mw	≥ VIII	≥ VIII	≥ VIII	G	**Gibraltar Strait (Zone 49)**

EVENT NO CATALOGED IN THE IGN DATA BASES
Ref.: Sillières, P. (1985; 1997); Silva, P.G. *et al.* (2005; 2009)

Event Type: **ANCIENT**

GENERAL DAMAGE: Extensive damage in the lower part of the ancient roman city of *Baelo Claudia* built during the 1st century BC. The damage affected the entire perimeter of the ancient city wall affecting their towers and bastions. More of the third half of the perimeter of the city wall was destroyed and rebuilt during the second half of the 1st century AD (40 – 60 AD; Sillières, 1997). The entire lower part of the city (c. 8 ha) was demolished in order to build a new monumental city. This event is post-dated by the occurrence of an anomalous "level of demolition" related to ground levelling works on the whole lower sector of the city (*Macellum*, *Basilica*, *Forum*,etc.) and reparation works in different severely damaged sectors of the City Wall during AD 30–50 (Sillières, 1997; Silva *et al.*, 2005).The first author considering the occurrence of an intervening seismic event in this period was Sillières (1997) based on the large amount of re-utilization of constructive elements (capitols, column drums, sculpted blocks, etc.) in the buildings of the new monumental city. New archaeological data (Fincker and Sillières, 2006) suggest that the event affected the construction of the theatre; the theatre works stopped for several decades, constructive materials were changed and new external buttress were added for the reinforcement of the building.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. No secondary environmental effects have been recorded, except the probable landslide affecting the Isis Temple in the north-eastern sector of the excavated (c. 50,000 m³). This first period of the city is poorly documented because was demolished for city rebuilding during the second half of the 1st century AD. The present remains are presently buried and only some archaeological exploratory trenches have been done on the remains of the first destroyed city. The only zones preserving damage are the repaired sectors of the original city wall, horizons of collapse and constructive anomalies in the theatre. 1 EEE record for secondary effects and 3 EAE representative records.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☐ ***Ground cracks (GK):*** *No Reported.*
☒ ***1 Slope movements (SM):*** *Landslide event (c. 50,000 m³) in the eastern part of the archaeological site affecting the Isis Temple area.*
☐ ***Liquefaction processes (LQ):*** *No Reported.*
☐ ***Hydrogeological anomalies (HD; HA):*** *No Reported.*
☐ ***Anomalous waves and tsunamis (WA; TS):*** *No Reported.*
☒ ***Other effects:*** *Probable intervening tsunami event recorded as anomalous energetic littoral levels, dated within this period, in archaeological logs east of* Baelo Claudia *(500 m away) and 33 km away in the ancient roman city of* Carteia *located in the Algeciras Bay. No catalogued. The occurrence of the tsunami will explain outstanding funerary anomalies in the eastern necropolis of the city along* Via Carteia *(Silva et al., 2016).*
☒ ***3 Archaeoseismic damage:*** *Collapse and demolition of the complete infrastructure of the lower part of the city (c. 8 ha). Major damage and collapse to the nearly entire City Wall city, especially is western perimeter. Constructive anomalies in the works of the theatre.*

☒ ***Geological Data:*** *Onshore and offshore geological and geophysical analyses carried out by Silva et al. (2005; 2009) and Grützner et al. (2012) around the Bolonia Bay area identified several active faults with Late Quaternary tectonic records as probable near-field seismic sources. Onshore geological analyses include 3 fault trench analyses in the N-S graben systems and the Cabo de Gracia left-lateral fault about 3 km west to the city, indicating that N-S oriented faults are the more probable seismic sources (Grützner et al., 2012). Offshore seismic reflection profiles developed by these authors also identify N-S trending structures in the Bolonia Bay (≤ 20 km S and SW) with recent tectonic activity able to produce a seismic event. Dimensions of identified fault segments indicate that all these N-S oriented structures are able to generate 5.5 – 6.0 Mw seismic events (Silva et al., 2009; Grützner et al, 2012).* ***Quality of Geological information: Class G.***

Research / Data compilation by: *P.G. Silva (USAL), J.L. Giner-Robles (UAM). Updated 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
ARQ 004060 *Baelo Claudia*. Bolonia.CA	5º46' O	36º05' N	≥ 5,5 Mw	≥ VIII	≥ VIII	≥ VIII	G	**Arco de Gibraltar (Zona 49)**
EVENTO NO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN Ref.: Sillières, P. (1985; 1997); Silva, P.G. *et al.* (2005; 2009)							**Tipo de Evento**	**ANTIGUO**

DAÑOS GENERALES: Daños muy importantes en todas las infraestructuras de la primera ciudad romana de *Baelo Claudia* construida durante el siglo I AC. Los daños afectaron a prácticamente todo el perímetro de la muralla afectando a las torres y bastiones que la jalonaban. Más de las tres cuartas partes de los lienzos de las murallas se destruyeron y fueron reparadas durante la segunda mitad del siglo I AD (40-60 AD; Sillières, 1997). La totalidad de la zona baja de la antigua ciudad (c. 8 ha) fue demolida para la construcción de una nueva ciudad de carácter monumental. El evento se encuentra post-datado por el desarrollo de este nivel de demolición, relacionado con trabajos de nivelación del terreno en toda la zona baja de la ciudad (*Macellum*, *Basilica*, *Forum*, etc.) y la reparación de los sectores menos dañados de las murallas durante el 30-50 AD (Sillières, 1997; Silva *et al.*, 2005). El primer autor que considera la intervención de un evento sísmico en este primer periodo destructivo de la ciudad es Sillières (1997) basándose en la gran cantidad de elementos constructivos (capiteles, tambores de columnas, sillares labrados, etc.) reutilizados en los edificios de la nueva ciudad monumental. Nuevos datos arqueológicos (Fincker and Sillières, 2006) sugieren que este evento afectó a las obras del teatro, que se paralizaron durante unas cinco décadas, tras las cuales cambiaron el tipo de material constructivo (nuevos sillares) y se añadieron nuevos contrafuertes para reforzar la obra.

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. No se han inventariado efectos secundarios, excepto un probable deslizamiento en el sector nororiental de la zona excavada que afecto al Templo de Isis (c. 50.000 m³). Este primer periodo de la ciudad se encuentra muy poco documentado desde el punto de vista arqueológico, ya que fue demolido y cubierto para la reconstrucción de la ciudad durante la segunda mitad del siglo I AD. Las únicas zonas que preservan evidencias del daño provocado por el terremoto son los sectores reparados de las murallas originales, los horizontes de colapso asociados a la misma y las anomalías en la construcción del teatro. 1 EEE (movimiento de ladera) y 3 EAEs representativos.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☐ ***Agrietamientos del Terreno (GK):*** *No Registrados.*
☒ ***1 Movimiento de ladera (SM):*** *Deslizamiento del terreno (c. 50,000 m³) en el sector oriental del yacimiento afectando a la zona del Templo de Isis.*
☐ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *No Registrados.*
☐ ***Anomalías Hidrogeológicas (HD; HA):*** *No Registrados.*
☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (WA; TS):*** *No Registrados.*
☒ ***Otros efectos:*** *Probable intervención de un evento de tipo tsunami. Este queda registrado como niveles anómalos y energéticos de carácter litoral, datados en este periodo en prospecciones arqueológicas al Este de* Baelo Claudia *a 500 m de distancia y también a 33 km en la antigua ciudad romana de* Carteia *localizada en la Bahía de Algeciras (No catalogados). La existencia de un tsunami asociado podría explicar importantes anomalías funerarias detectadas en el segundo nivel de enterramiento de época Claudia (< 68 AD) de la necrópolis oriental de la ciudad. Las anomalías importantes son el enterramiento desordenado y mezclado de tumbas de mayor y menor riqueza, orientación de las tumbas hacia el mar y no hacia la vía principal (ambos hechos inusuales en el mundo romano), así como la aparición exclusiva en este nivel de elementos votivos con caras de llanto orientados hacia el mar (ver Silva et al., 2016).*
☒ ***3 Daños arqueológicos:*** *Colapso y demolición de la totalidad de la antigua infraestructura urbana de la zona baja de la ciudad (c. 8 ha). Daños muy importantes en la práctica totalidad de la muralla original de la ciudad, que tuvo que ser reconstruida y reparada en muchos sectores, pero especialmente su perímetro occidental. Anomalías constructivas en las obras del teatro.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Análisis geológicos y geofísicos desarrollados por Silva et al. (2005; 2009) y Grützner et al. (2012) en la zona de la Bahía de Bolonia permiten identificar diferentes fallas activas con registros de deformación cuaternaria reciente como posible fuentes sísmicas en campo cercano. Los estudios geológicos incluyen la realización de 3 trincheras de falla en sistemas de grabens N-S y la falla de desgarre sinestral de Cabo de Gracia, localizados unos 3 km al oeste de la ciudad, indicando que las estructuras N-S son las de actividad más reciente y las fuentes sísmicas más probables (Grützner et al., 2012). También se han realizado campañas de sísmica de reflexión en el litoral de la Bahía de Bolonia identificando estructuras tectónicas N-S con actividad reciente al Sur y Suroeste de* Baelo Claudia *(≤ 20 km de distancia) capaces de producir un evento sísmico. Las dimensiones de estas estructuras N-S indican que son capaces de generar eventos sísmicos de magnitud mínima 5,5 – 6,0 Mw (Silva et al., 2009; Grützner et al, 2012).* ***Calidad de la información Geológica: Clase G.***

Investigación / Compilación de la información: *P.G. Silva (USAL); J.L. Giner-Robles (UAM). Actualizado 2017.*

IMAGEN EVENTO



Imagen ilustrativa del evento mostrando las relaciones espaciales entre estructuras murarias de la primera fase de la ciudad (segunda mitad Siglo I AC), segunda fase (Siglo I – Siglo IV AD) y el horizonte de demolición de la segunda mitad del siglo I AD. Todas ellas se sitúan en el entorno de la plaza de la Basílica (Silva *et al.*, 2016).

INTERPRETACIÓN **ANÁLISIS DE DATOS**

ARQ 004060: *BAELO CLAUDIA* (Bolonia - Cádiz). 40-60 AD

Autores: Pablo G. Silva, Departamento de Geología, Universidad de Salamanca.
Jorge L. Giner Robles, Departamento de Geología y Geoquímica, Universidad Autónoma de Madrid.

EAE. Efectos Arqueosismológicos del Terremoto de *Baelo Claudia*, Bolonia de 40-60 AD

La ciudad romana de *Baelo Claudia* fue fundada en el siglo II AC como un importante centro industrial pesquero y de producción de "*garum*", así como lugar estratégico para el tránsito de personas y mercaderías entre Europa y el norte de África (Sillières, 1997). El geógrafo griego Estrabón describió este asentamiento (*Belon*) como el principal puerto para alcanzar *Mauritania Tingitana*. Las excavaciones arqueológicas en la ciudad ponen de manifiesto tres periodos bien diferenciados, los cuales están separados por importantes discontinuidades en el registro arqueológico. Desde las primeras investigaciones, estas discontinuidades arqueológicas fueron ligadas a la ocurrencia de eventos sísmicos (Ménanteau *et al.*, 1983; Sillières, 1997). Estudios más recientes (Silva *et al.*, 2005; 2009) claramente indican a la ocurrencia de dos terremotos (40-60 AD y 260-280 AD) como los sucesos más decisivos en la historia de esta antigua ciudad romana. Los registros arqueológicos indican que el antiguo asentamiento romano es sustituido por una nueva ciudad durante la segunda mitad del siglo I AD. La antigua población adquirió el rango de Ciudad romana (*Oppidum Latinum*) entre los años 41- 48 AD (Sillières, 1997). Así, desde la segunda mitad del siglo I AD la ciudad experimentó un importante crecimiento urbanístico, con la construcción de nuevas e importantes edificaciones públicas de carácter monumental, como Foro, Templos, Basílica, Termas, etc. (Sillières, 1997).

En la segunda mitad del siglo I AD, con posterioridad al evento que aquí se cataloga (40-60 AD), la ciudad fue enteramente remodelada, datando de esta época el sector monumental de la misma (Basílica, Foro, Teatro, Templos, etc.). Los datos geológicos recopilados por Silva *et al.* (2005; 2009) indican que para los trabajos de reconstrucción de la ciudad se llevaron a cabo labores de demolición y nivelación en la parte baja de la ciudad, generándose un potente (2,3 – 4,4 m), pero discontinuo, horizonte de demolición de escasa calidad geotécnica que post-data el evento aquí catalogado. Según los datos más recientes, entre los años 70-80 AD ya estarían completados todos los edificios monumentales de la ciudad (Bendala *et al.*, 2010). Por otro lado, el horizonte de demolición tuvo un papel relevante en la amplificación de los daños generados por el segundo evento que afectó a la ciudad en el 260-280 AD (ver ARQ0260680). En cualquier caso, el sustrato arcilloso de carácter plástico sobre el que se asienta la ciudad posee también una pobre capacidad portante y presenta características expansivas (Silva *et al.*, 2005), habiendo jugado un papel importante en los daños registrados durante los dos eventos que afectaron la ciudad y su posterior proceso de ruina. La ciudad romana persistió gravemente arruinada hasta el 395 AD, fecha en que se posee el último registro numismático romano hasta la fecha (Ménanteau *et al.*, 1983; Sillières, 1997).

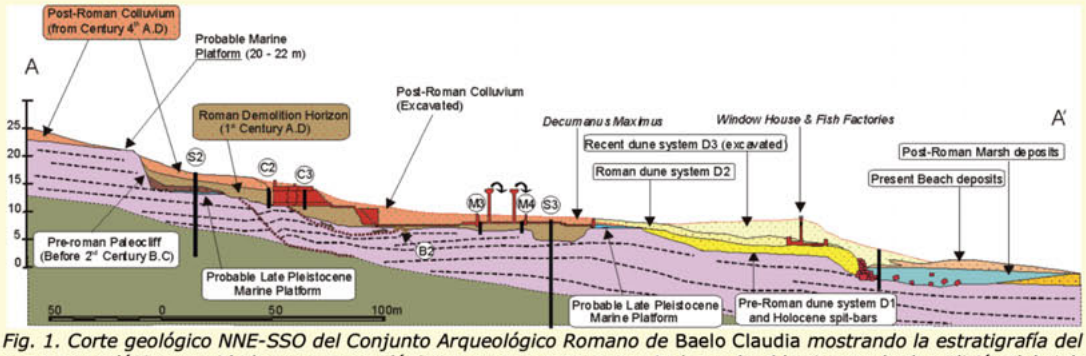


Fig. 1. Corte geológico NNE-SSO del Conjunto Arqueológico Romano de Baelo Claudia *mostrando la estratigrafía del sustrato geológico y unidades geo-arqueológicas pre y post romanas, incluyendo el horizonte de demolición del siglo I AD sobre el que se desarrolló el sector Monumental de la segunda ciudad (Modificado de Silva et al., 2005).*

El terremoto de 40-60 AD no está listado en ningún catalogo sísmico y ni siquiera fue considerado en las primeras interpretaciones arqueosismológicas de la ciudad, que se centraron en el evento de finales del siglo III (260-280 AD) relacionado con su ruina y progresivo abandono (Ménanteau *et al.*, 1983). El primer autor que propone la destrucción de la antigua villa romana de *Baelo* es Sillières (1995). Este autor se basa en la completa destrucción y demolición del antiguo núcleo urbano, así como de las tres cuartas partes de las murallas que rodeaban la ciudad que tuvieron que ser reconstruidas y reparadas en las zonas que resistieron al terremoto. Este autor, también identifica una desmesurada reutilización de elementos constructivos y decorativos de época Augustea (siglo I AC – siglo I AD), como capiteles, tambores de columnas y sillares esculpidos, en los nuevos edificios públicos y privados de la nueva ciudad monumental que surgió en la segunda mitad del siglo I AD tras el terremoto. Estos datos indican que la zona destruida se utilizó como cantera en la construcción de la segunda ciudad. No obstante, uno de los indicios más claros es el desarrollo del nivel de demolición, fundamentalmente de carácter arcilloso, que incluye grandes bloques de sillería, ladrillos, tejas, restos de cerámica procedentes de la demolición del antiguo núcleo urbano que afectó a un área mínima de unas 8 ha (Silva *et al.*, 2005). Tal y como indican estos autores, tales horizontes de demolición son una evidencia

arqueosismológica relevante que se registra en numerosas ciudades fenicias, griegas y romanas del mediterráneo oriental, especialmente durante la denominada "Crisis Tectónica Bizantina" relacionada con el terremoto-tsunami de Creta de 365 AD. La presencia del horizonte de demolición y el arrasamiento de la antigua ciudad hace que los registros arqueológicos de la misma sean muy escasos y, en su mayoría, asociados a pequeñas catas exploratorias o a las labores de reparación y construcción de los pocos segmentos de la muralla que quedaron en pie.

La Muralla de *Baelo Claudia* posee dos distintas fases de construcción; la primera de la época de Augusto (siglo I AC) con grandes sillares calizos en seco, y la segunda, que data de mediados del siglo I AD, adosada a la anterior y construida con *opus caementicium* (Sillières, 1997). La primera muralla de grandes sillares fue destruida casi en sus tres cuartas partes como consecuencia del evento aquí catalogado, y luego fue reparada y ampliada en muchos puntos reforzando los tramos menos afectados, pero en la mayoría de su perímetro fue reconstruida en su totalidad. En cualquier caso, los tramos conservados de la primera muralla en el norte y algunos lienzos de su perímetro este, se encuentran fuertemente basculados (25º) hacia el OSO (Silva *et al.*, 2009) y rectificados por la segunda muralla de *opus caementicium,* que sin duda se construyó para sostenerlos (Sillières, 1997). Las excavaciones en el entorno de la muralla revelan la existencia de numerosos estratos o niveles de colapso de la misma que datan de esta época. También es relevante el hecho que en la mayor parte de las excavaciones realizadas, los sillares colapsados (hasta en número de cinco) se disponen en dominó y direccionalmente hacia el OSO u O (Silva *et al.*, 2009). Esta orientación coincide con las deducidas para los daños asignados al otro terremoto inventariado en este yacimiento del 260-290 AD (ver evento ARQ0260280), lo que nos permite suponer una fuente sísmica común para ambos eventos.



Fig. 2. Vista de la Muralla Oriental de Baelo Claudia. *Aunque el colapso que se observa se relaciona con el evento del 260-280 AD, esta sección de la Muralla fue reparada y ampliada como consecuencia del evento que aquí se cataloga. Catas arqueológicas realizadas al pie de la misma documentan niveles de colapso.*

Otras construcciones, como el Templo de Isis o el Teatro presentan anomalías arqueológicas en las fechas del evento que permiten relacionarlas con el evento sísmico aquí catalogado. El Templo de Isis concluyó su construcción hacia la década del 60 AD (Bendala *et al.*, 2010). No obstante, restos de columnas colapsadas y rotas de su estancias más interiores (norte) se encontraban embutidas en niveles de escombros, datados por C^{14} en la segunda mitad del Siglo I AD (Grützner *et al.*, 2012). Esta anomalía indica que durante su construcción parte de su columnado colapsó, rompió y se niveló con escombros para su posterior reutilización durante los siglos II y III AD. Las deformaciones en el Templo de Isis son relacionadas con un proceso de deslizamiento que le afectó en el evento del 40 -60 AD y durante el posterior 260-280 AD, en el que su reactivación alcanzó mayores proporciones (Silva *et al.*, 2009). El teatro muestra dos fases constructivas bien diferenciadas, la primera entre el 10-20 AD y la segunda entre el 70-80 AD (Fincker y Sillières, 2006; Fincker y Morati, 2009; Fincker *et al.*, 2010), lo que constituye una anomalía arqueológica relevante, ya que las obras de su construcción estuvieron paradas unas cinco décadas. Según estos autores, en el 10-20 AD se interrumpe el proyecto principal y en su reanudación, en el 70-80 AD, se modifica el proyecto, se cambia la piedra constructiva de los elementos de mampostería y sillería mayor (piedra caliza gris) y se construyen las estructuras de apoyo exteriores (contrafuertes). La datación de su reconstrucción viene dada por los rellenos de la cávea principal del teatro que se restaura e incluye fragmentos de sillares anteriores de piedra caliza marrón. Las deformaciones que se observan en la actualidad en el Teatro corresponden en su mayoría al evento del 260-280 AD, pero es evidente que se modificó el proyecto principal (con refuerzos a la estructura) y se restauraron partes del mismo. Aunque los autores anteriormente citados no relacionan estos aspectos con el terremoto que aquí se cataloga, es evidente que esta coincidencia de fechas en la parada y reanudación de las obras está relacionada con el mismo.

Así pues, aunque la historia oficial indica que la ciudad fue reconstruida y monumentalizada por la adquisición del rango de "ciudad romana de derecho" (*Oppidum Latinum*) entre los años 41- 48 AD (Sillières, 1997), los datos aquí aportados parecen indicar que mientras se estaba monumentalizando la ciudad, ocurrió un evento de carácter destructivo (≥ VIII) que obligó incluso a reparar/modificar las obras que se estaban realizando y gran parte de la antigua muralla Augustea de la ciudad. Cabe la posibilidad que, aprovechando la destrucción provocada, se decidiera la demolición entera de la parte baja de la ciudad para monumentalizarla según los cánones romanos. Aun así, el nivel de destrucción asociado a este evento debió de ser importante por los escasos datos que se poseen en las murallas. La datación de los monumentos más significativos de la ciudad, en base a los elementos cerámicos y nunismáticos presentes bajo el *"opidum"* de los mismos, indica que los edificios más significativos (Basílica, Capitolio, Templos, Templo de Isis), comenzaron a ser construidos entre el 50-60 AD (Bendala *et al.*, 2010). Solo el teatro presenta una fecha de construcción más temprana iniciándose en el 10-20

AD, aunque sus obras se pararon, y se reparó y reforzó estructuralmente entre el 70-80 AD (Fincker y Sillières, 2006). Por tanto la fecha adjudicada al evento (40-60 AD) parece adecuada.

Los estudios realizados en la zona y el hecho de que de este terremoto no se tenga mención histórica expresa de que afectara a *Baelo Claudia* o a cualquier otra ciudad próxima (*Carteia*, *Gades*), podría indicar que el evento aquí catalogado (siglo I AD) podría deberse a fuentes sísmicas situadas en campo cercano. Podría corresponder con la prolongación offshore de fallas próximas como la de Cabo de Gracia, Cantera Carrizales o la Sierra de La Laja (Silva *et al.*, 2005; 2009). Estudios de sísmica de reflexión realizados offshore han localizado fallas de dirección aproximada N-S afectando a los depósitos cuaternarios y suelo marino de la misma (Grützner *et al.*, 2012) en la parte central y oriental de la Bahía. Estos autores proponen estas fallas, localizadas hasta una distancia de 20 km offshore, como las fuentes sísmicas más probables que generaron este evento. Por otro lado, las estimaciones realizadas en la zona urbana de *Baelo Claudia* en base a datos geotécnicos existentes (Borja *et al.*, 1993) indican un más que posible efecto sitio, pudiéndose alcanzar en la zona aceleraciones sísmicas en torno a 0,26 - 0,33 g según la antigua NCSE-02, como consecuencia de un terremoto cercano y superficial (Silva *et al.* 2009). La parametrización del mismo, según las dimensiones de las probables fuentes sísmicas y los daños registrados, indicaría una magnitud 5,5 – 6,0 Mw y una intensidad mínima VIII en la escala EMS.



Fig. 3. Deformación de los cimientos de la muralla y reparación/rectificación de la misma. Reparación de clave de arco hundida en una pequeña puerta de la muralla antigua. Bloques y sillares sumergidos en la Bahía de Bolonia. (geolittomer.univ-nantes.fr/Axes/Bolonia.html)

En relación con el carácter probablemente marino de la fuente sísmica, existen datos sobre niveles litorales energéticos, ligados a la ocurrencia de un evento tipo tsunami cuyas fechas coinciden con las del evento aquí catalogado. En un arroyo próximo a *Baelo Claudia* (500 m al Este de su muralla) Alonso-Villalobos *et al.* (2003) identifican un nivel de arenas y gravas litorales energético fechado por C^{14} entre el cal. 200 AC y 125 AD. Los trabajos de arqueología submarina desarrollados por estos autores identifican numerosos bloques y sillares sumergidos en la Bahía de Bolonia procedentes de las instalaciones portuarias, aunque no se puede precisar si estos corresponden a esta época o posteriores. Por su parte, Arteaga y González Martín (2004) identifican otro nivel energético de arenas marinas relacionado con la destrucción de una zona de talleres de alfarería en la antigua ciudad romana de *Carteia*, localizada en la Bahía de Algeciras a unos 33 km hacia el Este de *Baelo Claudia*, que fechan arqueológicamente en la segunda mitad del siglo I AD. Por último, en relación con la probable participación de un evento de tipo tsunami en la destrucción de la ciudad en esta época es necesario citar una significativa anomalía arqueológica registrada en la necrópolis oriental de *Baelo Claudia* (Prados, 2011). Según este autor, el segundo nivel de tumbas de la necrópolis, fechado en época Claudia (< 68 AD), presenta una importante anomalía difícil de explicar dentro del mundo funerario romano. En este nivel se encuentran un conjunto de varias decenas de tumbas ubicadas junto a la *Vía de Carteia* (Este de la ciudad) en las que coexisten tumbas de mayor y menor riqueza con un patrón desordenado (mezclado) y donde se concentra la aparición de los muñecos de Bonsor o "cipos". Todas estas tumbas se encuentran orientadas hacia el mar (hacia el Sur), y no hacia la vía principal de Carteia (hacia el Norte) como en el resto de ciudades romanas. Según Prados (2011) está anomalía solo se observa en la "*Isola Sacra*" de la necrópolis de Ostia, no teniendo parangón en el resto del mundo romano, siendo además el carácter desordenado (mayor y menor riqueza) prácticamente exclusivo de *Baelo Claudia*. Por lo demás, los muñecos o "cipos" existentes en todas estas tumbas muestran un gesto de "susto" o de "llanto", que no se registra en otras partes del mundo romano de esa época como literalmente describe Prados (2011). Según este autor la cota a la que se registran estos enterramientos indican que es coetánea a la reconstrucción de las murallas de la ciudad y a la construcción del *Decumanus Maximus* de la población, situándonos en la segunda mitad del siglo I AD. Aunque Prados (2011) interpreta estas tumbas, y muñecos asociados, a una tradición regional de raíces púnicas o norte-africanas, está claro que decenas de ricos y pobres fueron enterrados masivamente de forma desordenada, mirando hacia el mar, y con elementos votivos con cara de "susto" o "llanto" (muñecos) durante este periodo de la historia de la ciudad. Puede interpretarse que esta anomalía en la necrópolis pudiera estar relacionada con multitud de enterramientos consecuencia de un evento tipo tsunami que afectó a esta ciudad en el siglo I AD. Dado que todos los datos existentes sobre la posible participación de un tsunami son hipotéticos, no se han catalogado estos efectos en esta primera edición. No obstante, se quiere dejar constancia de los mismos en esta sección interpretativa del catálogo.

REFERENCIAS **DATOS**
ARQ 004060: *BAELO CLAUDIA* (Bolonia - Cádiz). 40-60 AD **BIBLIOGRÁFICOS**

Autores: Jorge L. Giner Robles, Departamento de Geología y Geoquímica, Universidad Autónoma de Madrid.
Pablo G. Silva, Departamento de Geología, Universidad de Salamanca.

Bibliografía Terremoto de *Baelo Claudia*, Bolonia de 40-60 AD

Alonso-Villalobos, F.J., Gracia-Prieto, F.J., Ménanteau, L., Ojeda, R., Benavente, J., Martínez, J.A. (2003): Paléogeographie de l'anse de Bolonia (Tarifa, Espagne) a` l'époque romaine. In: The Mediterranean World Environment and History.Elsevier, Amsterdam, 407–417.

Arteaga, C., González Martín, J.A. (2004): Presencia de materiales marinos y dunares sobre un alfar romano en la Bahía de Algeciras (Cádiz, España). En: G. Benito y A. Díez Herrero (eds.): Contribuciones recientes sobre Geomorfología. Actas VIII Reun. Nac. Geomorfología, Toledo. S.E.G., vol. I, pp. 393-400.

Bendala, M., Fellague, D., Roldan, L. y Sillières, P. (2010): La datación de los monumentos de Baelo Claudia*. El problema de las discordancias entre la estratigrafía y los elementos decorativos. Deuxièmes Journées Internationales de Baelo Claudia. Nouvelles recherches. Cádiz, Abril, 2010.*

Borja, F., Martínez, A., Troya, A., (1993): El proceso histórico de destrucción de la Ciudad Romana de Baelo Claudia *(SW Cádiz). Caracterización geotécnica y análisis de formaciones superficiales. Arqueología Espacial, 16-17, 297-308.*

Fincker, M. y Sillières, P. (2006): "Le théâtre de Baelo Claudia*: particularités architecturales et chronologie", Ventura A.V. y Márquez C. (Eds.). Teatros romanos en Hispania, (Colloque Cordoue 2003), pp. 81-98.*

Fincker, M. y Moretti, J-Ch. (2009): "Au théâtre de Baelo Claudia*: front de scène et lieu de culte", dans Moretti, J-Ch. (Ed.). Fronts de scène et lieu de culte dans le théâtre antique, TMO, pp. 157-173.*

Fincker, M., Moretti, J-Ch., Fellague, D., Le Meaux, H., Rodríguez-Gutierrez, O. (2010): El edificio de scaena *del teatro de* Baelo Claudia*. Deuxièmes Journées Internationales de* Baelo Claudia *. Nouvelles recherches. Cádiz, Abril, 2010.*

Giner-Robles, J.L., Rodríguez-Pascua, M.A., Pérez-López, R., Silva, P.G., Bardají, T., Grützner, C., Reicherter, K. (2009): Structural analysis of Earthquake Archaeological Effects (EAE): Baelo Claudia *Examples (Cádiz, South Spain). En: 1st INQUA-IGCP 567 International Workshop on Earthquake Archaeology and Paleoseismology, vol 2. INQUA-AEQUA.*

Giner-Robles, J.L., Silva Barroso, P.G., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Bajardí Azcárate, T., Garduño-Monroy, V.H., Lario Gómez, J. (2011): Evaluación del daño sísmico en edificios históricos y yacimientos arqueológicos. Aplicación al estudio de la peligrosidad sísmica: Proyecto EDASI. Fundación MAPFRE.110 pp.

Giner-Robles, J.L., Silva, P.G., Rodríguez-Pascua, M.A., Pérez-López, R., Bardají, T. (2013): Mapa e efectos arqueológicos (EAE) en la ciudad romana de Baelo Claudia *(Cádiz, España). En: Recorridos cuaternarios: Terrazas del Guadalquivir en el sector Carmona-Sevilla y paleosismología de terremotos en* Baelo Claudia *(Tarifa, Cádiz). AEQUA, 18-29.*

Grützner, C., Reicherter, K., Hübscher, C. y Silva, P.G. (2012): Active faulting and neotectonics in the Baelo Claudia *area, Campo de Gibraltar (Southern Spain). Tectonophysics, 554-557, 127-142.*

Hinzen, K.G. (2005): The use of engineering seismological models to interpret archaeoseismological findings in Tolbiacum*, Germany: A case study. Bulletin of the Seismological Society of America, 95 (2), 521-539.*

Korjenkov, A.M. y Mazor, E. (1999): Earthquake characteristics reconstructed from archaeological damage patterns: Shivita*, the Negev Desert, Israel. Natural Hazards, 18, 193-226.*

Marco, S. (2008): Recognition of earthquake-related damage in archaeological sites: Examples from the Dead Sea fault zone. Tectonophysics, 453, 148-156.

Ménanteau, L., Vanney, J.R. y Zazo, C. (1983): Belo *II:* Belo *et son environnement (Detroit de Gibraltar), Etude physique d'un site antique. Pub. Casa de Velázquez, Serie Archeologie 4., Ed. Broccard, París. 1983.*

Sillières, P., (1995): Le Capitole de Baelo Claudia*: Un cas d'incohérence de datations archéologique et stylistique et un exemple de solution. Annas, 7/8, 285-298.*

Sillières, P. (1997): Baelo Claudia*: Una ciudad romana de la Bética. Junta de Andalucía-Casa de Velázquez, Madrid.*

Prados, F. (2011): La necrópolis oriental de Baelo Claudia *(Tarifa, Cádiz) en el contexto de la religiosidad púnico-mauritana. Una lectura a partir de las últimas actuaciones arqueológicas. Zephyrus, 68. 191-210.*

Rodríguez-Pascua, M.A., Silva, P.G., Pérez-López, R., Giner-Robles, J.L., Martín-González, F. y Perucha, M.A. (2013): Preliminary intensity correlation between macroseismic scales (ESI07 and EMS98) and Earthquake Archaeological Effects (EAEs). En: 4th International INQUA Meeting on Paleoseismology, Active Tectonics and Archeoseismology (PATA), 9-14 October 2013, Aachen, Germany.

Silva, P.G., Borja, F., Zazo, C., Goy, J.L., Bardají, T., De Luque, L., y Lario, J. (2005): Archaeoseismic record at the ancient roman city of Baelo Claudia *(Cádiz, South Spain). Tectonophysics, 408, 129-146.*

Silva, P.G., Reicherter, K., Lario, J., Grützner, C., Rodríguez-Pascua, M.A., Pérez-López, R., Giner-Robles, J.L., Bardají, T., Goy, J.L., Zazo, C., García Jiménez, I. y Muñoz, A. (2009a): Archaeoseismology records at Baelo Claudia*. En: Paleoseismicity and Active Tectonics during the Quaternary in the Gibraltar Strait (Betic cordillera, South Spain), Field Trips Guide. 1st INQUA-IGCP 567 International Workshop on Earthquake Archaeology and Paleoseismology, vol 3. INQUA-AEQUA.*

Silva, P.G., Reicherter, K., Grützner, C., Bardají, T., Lario, J., Goy, J.L., Zazo, C. y Becker-Heidmann, P. (2009b): Surface and subsurface paleoseismic records at the ancient Roma city of Baelo Claudia *and the Bolonia Bay area, Cádiz (South Spain). En: Reicherter, K., Michetti, A.M. y Silva, P.G. (eds.). Historical and prehistorical records of earthquake ground effects for seismic hazards assessment. J. Geol. Soc. London, Spec. Publ., 316, 93-121.*

Silva, P.G., Giner-Robles, J. L., Rodríguez-Pascua, M.A., Reicherter, K., Grützner, C., Pérez-López, R., García-Jiménez, I. (2013): Paleosismología y arqueología de terremotos. Conjunto Arqueológico Romano de Baelo Claudia *(Tarifa, Cádiz). En: Recorridos cuaternarios: Terrazas del Guadalquivir en el sector Carmona-Sevilla y paleosismología de terremotos en* Baelo Claudia *(Tarifa, Cádiz). AEQUA, 18-29.*

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	ARQ004060.01.01 *01.01. Puerta Bastión Muralla Bolonia (Cádiz)*	EVENTO	ARQ004060 ***BAELO CLAUDIA.*** **BOLONIA. CA**	EFECTO	**EFECTO ARQUESISMOLÓGICO** **EAE: Hundimiento de dovelas**

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Bolonia	5°46'25,82"O	36°5'30,50"N	30 m	8 ha	≤ 20 km	SO-SSO	**NO CATALOGADO**

GEOLOLOA

Contexto Geomorfológico	Plataforma marina	**Pendiente del terreno**	Muy Suave (2-5%)
Descripción Geológica	Zona Litoral en la Ensenada de Bolonia a unos 200 m de la línea de costa. La zona analizada se desarrolla sobre niveles de relleno antrópicos de época romana (siglo I AD) sobre materiales marinos del Pleistoceno Superior (terrazas) y Holoceno (dunas). Todas estas formaciones se sitúan sobre potentes formaciones de arcillas eocenas de características expansivas. La zona que aquí se cataloga se desarrolla sobre una plataforma marina (+ 20 – 22 m) parcialmente cubierta por depósitos aluviales que conforma la parte alta de la ciudad, pero la muralla se cimenta sobre los materiales arcillosos del sustrato geológico (Silva *et al.*, 2005; 2009).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Arcillas	Arcillas	Masivo	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Eoceno	Eoceno	Sin datos	0,09 - 0,14	Antiguo

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, mampostería	Muralla, torreones y arcos	Muchas	Destructivo	Sin datos

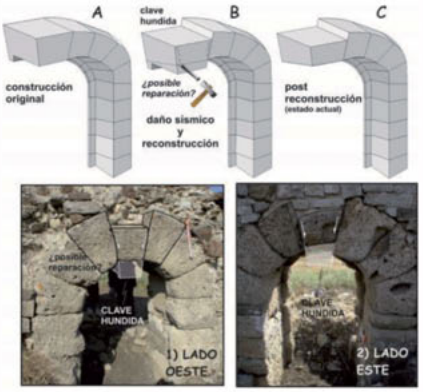
EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	HUNDIMIENTO DE DOVELAS: EAE/8

Descripción: La Muralla de *Baelo Claudia* posee dos fases distintas de construcción; la primera de la época de Augusto (siglo I AC) con grandes sillares calizos en seco, y la segunda, que data de mediados del siglo I AD, adosada a la anterior y construida con *opus caementicium* (Sillières, 1997). La primera muralla de grandes sillares fue destruida casi en sus tres cuartas partes como consecuencia del evento del siglo I AD (ver ARQ04060), y luego fue reparada y ampliada en muchos puntos reforzando los tramos menos afectados, pero, en la mayoría de su perímetro, fue reconstruida en su totalidad. Los tramos conservados de la primera muralla, se encuentran fuertemente basculados y rectificados por la segunda muralla de *opus caementicium* que sin duda se construyó para sostenerlos (Sillières, 1997). Una de las zonas mejor conservadas de la muralla original es la zona del bastión norte, en su sector oriental, donde en un segmento de unos 60 m de longitud se observan diferentes tipos de reparaciones de daños producidos por el terremoto de 40-60 AD, incluido el bastión norte (ver ARQ0260280.01.03). Aquí se cataloga, como representativo de las labores de reparación, lo que parece ser el hundimiento y posterior retoque de la clave central del arco de una de las pequeñas puertas existentes.

Interpretación: Este efecto post-sísmico constructivo nos indica el daño sufrido en el arco de la puerta por el hundimiento de su clave central. El movimiento sísmico produjo el hundimiento de la clave del arco (Giner *et al.*, 2011) inutilizando la puerta. La reparación consistió en la eliminación de la parte de la clave hundida, de forma que la puerta pudiera volver a ajustar en el hueco y se pudiera volver a utilizar. No hay una datación directa de esta reparación, pero considerando la remodelación y reparación de la muralla de la ciudad llevada a cabo con posterioridad al terremoto de 40-60 AD (Sillières, 1997; Silva *et al.*, 2005 y 2009), y que no se realizó reparación alguna en la muralla con posterioridad al terremoto de 260-290 AD (ver evento ARQ0260280), podemos considerar que el daño sufrido en el arco es un efecto del terremoto de 40-60 AD, y su reparación se produciría en el contexto de la segunda fase de construcción y remodelación de la ciudad durante la segunda mitad del siglo I AD. De hecho, se observa cómo la zona superior del arco corresponde a la segunda fase constructiva de la muralla con *opus caementicium* (Sillières, 1997).

Cuantificación: El efecto post sísmico constructivo (reparación del arco) no aporta cuantificación alguna al grado de intensidad sufrido, pero sí que nos permite establecer el daño sísmico sufrido en el arco. Este tipo de efectos (hundimientos de dovelas de arco) se documentan a partir de intensidad VII EMS-98 (Rodríguez-Pascua *et al.*, 2013), pero el daño sufrido por el conjunto de la muralla permite establecer una intensidad mínima de VIII EMS.



Hundimiento de la clave central del arco en la puerta de uno de los bastiones de la zona este de la muralla:
A) Posición original.
B) Daños sísmicos y posible reparación: eliminación de parte de la clave para ajustar el arco en la puerta.
C) Estado actual. (Fotos 1 y 2).
(Giner et al., 2011)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VIII	Calidad de los datos (Qg)	G	*Efectos geológicos y/o ambientales, correspondientes a eventos históricos y/o prehistóricos, por lo general no catalogados en los catálogos convencionales, y de los que tan solo se dispone de información procedente de publicaciones científicas recientes*

Referencias bibliográficas:

Giner-Robles, *et al.* (2011). Evaluación del daño sísmico en edificios históricos y yacimientos arqueológicos. Aplicación al estudio de la peligrosidad sísmica: Proyecto EDASI. Fundación MAPFRE.110 pp.
Rodríguez-Pascua, M.A. *et al.*, (2013). Preliminary intensity correlation between macroseismic scales (ESI07 and EMS98) and Earthquake archaeological effects (EAEs). 4th International INQUA Meeting on Paleoseismology, Active Tectonics and Archeoseismology (PATA), Aachen, Germany.
Sillières, P., (1997). *Baelo Claudia*: Una ciudad Romana de la Bética. Junta de Andalucía-Casa de Velázquez, Madrid.
Silva, P.G. *et al.* (2005): Archaeoseismic record at the ancient roman city of *Baelo Claudia* (Cádiz, South Spain). Tectonophysics, 408, 129-146.
Silva, P.G. *et al.* (2009): Surface and subsurfce palaeoseismic records at the ancient Roman city of *Baelo Claudia* and the Bolonia Bay area, Cádiz (South Spain). Geological Society, London, Special Publications 2009; v. 316; p. 93-121.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles (UAM); Pablo G. Silva (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	ARQ004060.01.02 *01.02. Bolonia (Cádiz)*	EVENTO	ARQ004060 *BAELO CLAUDIA.* BOLONIA. CA	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8 	
Código / Localidad	**Longitud**	**Latitud**	**Altitud**	**Área localidad**	**Distancia epicentral**	**Orientación epicentro**	**Datos Macrosísmicos IGN** INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Bolonia	5°46'25,44"O	36°5'24,99"N	16 m	8 ha	≤ 20 km	SO-SSO	**NO CATALOGADO**

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Paleoacantilado	**Pendiente del terreno**	Suave (5 -10%)
Descripción Geológica	Zona Litoral en la Ensenada de Bolonia a unos 200 m de la línea de costa. La zona analizada se desarrolla sobre niveles de relleno antrópicos de época romana (siglo I AD) sobre materiales marinos del Pleistoceno Superior (terrazas) y Holoceno (dunas). Todas estas formaciones se sitúan sobre potentes formaciones de arcillas eocenas de características expansivas. La zona que aquí se cataloga se desarrolla al pie de un pequeño paleoacantilado del Pleistoceno Superior aterrazado artificialmente con niveles de escombros para la construcción del sector monumental de la ciudad a finales del siglo I AD (Silva *et al.*, 2005).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	**Litología materiales afectados**	**Estructura interna**	**Grado Consolidación**	**Terreno NCSE02 (C)**
Sedimentario: Arcillas	Arcillas	Masivo	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Eoceno	Eoceno	Sin datos	0,09 - 0,14	Antiguo

DAÑOS

Tipo de Construcción	**Tipo de Estructura**	**Cantidad**	**Nivel de daño**	**INT. LOCAL EMS/ MSK**
Sillería, mampostería, ladrillo	Muros, pavimentos, enlosados y templos	Múltiples	Destructivo	Sin datos

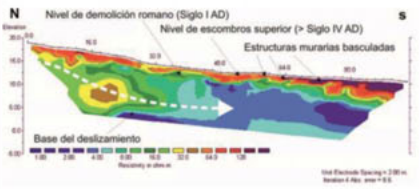
EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	**Efecto Secundario**	**Tipo de Efecto ESI-07**	**MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8**

Descripción: En la zona más nororiental de la zona excavada del yacimiento se localiza un deslizamiento cosísmico que parece haber funcionado en los dos eventos inventariados que han afectado a este yacimiento: en el siglo I AD (40-60) y en el siglo III AD (260-290, ver evento ARQ0260280).

Interpretación: El volumen aproximado de material deslizado es de unos 10.000 m³ (Silva *et al.*, 2009), que afecta a un aterrazamiento artificial en la zona NE del Foro. Las prospecciones de tomografía eléctrica realizadas en la parcela inferior del Templo de Isis (Silva *et al.*, 2013), muestran claramente la geometría del deslizamiento y estructuras murarias basculadas en su parte inferior. Las dataciones por C^{14} realizadas en el Templo de Isis (Grützner *et al.*, 2012), sugieren que la destrucción parcial del edificio durante su construcción, que finalizó en la década del 60 AD (Bendala *et al.*, 2010), se interpreta que el deslizamiento se produjo durante este evento (40-60 AD) y se reactivó, alcanzando el volumen estimado durante el evento del siglo III AD, afectando a todo el sector oriental del Foro (ver ARQ0260280.01.07). En las imágenes ERT 2D se observa que las estructuras murarías de la parte baja (embebidas en el nivel de escombros superior post-romano) se encuentran fuertemente basculadas hacia el Sur como consecuencia de la reactivación del deslizamiento en el 260-280 AD. No obstante, en la parte superior del deslizamiento adyacente al Templo de Isis se observa una fuerte deformación del sustrato arcilloso, con basculamientos de estructuras murarias a contrapendiente (Norte) que podrían ser anteriores y se asignan al evento que aquí se cataloga. De esta forma, el primer deslizamiento solo estaría registrado en los primeros c. 40 m de las tomografías eléctricas realizadas y su volumen sería posiblemente inferior.

Cuantificación: Los datos del volumen de material afectado por el primer deslizamiento son difíciles de evaluar, seguramente inferiores a los 10.000 m³ que se estiman para su reactivación. En cualquier caso, este volumen, junto con los daños asociados en murallas y resto de la ciudad, nos permite asignar una intensidad ESI-07 mínima de VIII.



Tomografía eléctrica del sector sin excavar situado inmediatamente ladera abajo del Templo de Isis.En su zona inferior a partir del punto métrico 48.0 se observan claras estructuras murarias basculadas ladera abajo. En la parte superior se observa la lengua principal del deslizamiento que se desarrolla hasta unos 15 m de profundidad, aunque el material removilizado en superficie alcanza hasta los 5 m.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	**VIII**	**Calidad de los datos (Qg)**	**G**	*Efectos geológicos y/o ambientales, correspondientes a eventos históricos y/o prehistóricos, por lo general no catalogados en los catálogos convencionales, y de los que tan solo se dispone de información procedente de publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Bendala, M., *et al.* (2010): La datación de los monumentos de *Baelo Claudia*. El problema de las discordancias entre la estratigrafía y los elementos decorativos. Deuxièmes Journées internationales de *Baelo Claudia*. Nouvelles recherches. Cádiz, Abril, 2010.

Grützner, C. *et al.* (2012): Active faulting and neotectonics in the *Baelo Claudia* area, Campo de Gibraltar (Southern Spain). Tectonophysics, 554-557, 127-142.

Silva *et al.* (2009): Surface and subsurface paleoseismic records at the ancient Roma city of *Baelo Claudia* and the Bolonia Bay area, Cádiz (South Spain). En: Reicherter, K., Michetti, A.M. y Silva, P.G. (eds.). Historical and prehistorical records of earthquake ground effects for seismic hazards assessment. J. Geol. Soc. London, Spec. Publ., 316, 93-121.

Silva, P.G. *et al.* (2013): Paleosismología y arqueología de terremotos. Conjunto Arqueológico Romano de *Baelo Claudia* (Tarifa, Cádiz). En: Recorridos cuaternarios: Terrazas del Guadalquivir en el sector Carmona-Sevilla y paleosismología de terremotos en *Baelo Claudia* (Tarifa, Cádiz). AEQUA, 18-29.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner-Robles, UAM; Pablo G. Silva, USAL*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	ARQ004060.01.03 *01.03. Muralla* *Bolonia (Cádiz)*	EVENTO	ARQ004060 ***BAELO CLAUDIA.*** **BOLONIA. CA**	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Colapso de muros

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Bolonia	5°46'24,52"O	36°5'23,29"N	10 m	8 ha	≤ 20 km	SO-SSO	**NO CATALOGADO**

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Terraza marina	Pendiente del terreno	Llano (< 2%)
Descripción Geológica	Zona Litoral en la Ensenada de Bolonia a unos 200 m de la línea de costa. La zona analizada se desarrolla sobre niveles de relleno antrópicos de época romana (siglo I AD) sobre materiales marinos del Pleistoceno Superior (terrazas) y Holoceno (dunas). Todas estas formaciones se sitúan sobre potentes formaciones de arcillas eocenas de características expansivas. La zona que aquí se cataloga se desarrolla sobre una plataforma marina del Pleistoceno Superior (+ 5 m) explanada artificialmente con niveles de escombros para la construcción del sector monumental de la ciudad a finales del siglo I AD (Silva *et al.*, 2005).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Arcillas	Arcillas	Masivo	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Eoceno	Eoceno	Sin datos	0,09 - 0,14	Antiguo

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, mampostería, ladrillo	Muros, pavimentos, enlosados y templos	Múltiples	Destructivo	Sin datos

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	COLAPSO DE MUROS: EAE/8

Descripción: La Muralla de *Baelo Claudia* posee dos fases distintas de construcción; la primera, de la época de Augusto (siglo I AC), con grandes sillares calizos en seco, y la segunda que data de mediados del siglo I AD adosada a la anterior y construida con *opus caementicium* (Sillières, 1997). La primera muralla de grandes sillares fue destruida casi en sus tres cuartas partes como consecuencia del evento del siglo I AD (ver ARQ04060), y luego fue reparada y ampliada en muchos puntos reforzando los tramos menos afectados, pero en la mayoría de su perímetro fue reconstruida en su totalidad. Los tramos conservados de la primera muralla se encuentran fuertemente basculados y rectificados por la segunda muralla de *opus caementicium*, que sin duda se construyó para sostenerlos (Sillières, 1997). En la segunda fase se reparan daños, se amplían y se adosan habitaciones intramuros y se abre la puerta oriental de acceso al teatro. Finalmente, se documentan modificaciones y reparaciones posteriores sin datación precisa entre los siglos III – IV AD. Durante los trabajos de excavación se han excavado las murallas hasta su nivel de cimentación original anterior al Siglo I AD, en los cuales se observan horizontes de colapso de grandes bloques de sillería de los paños de esa muralla. Estos al estar fracturados no fueron reutilizados en la reparación de la muralla y quedaron englobados en el horizonte de demolición.

Interpretación: Las reparaciones y ampliaciones de la muralla realizadas en la segunda fase constructiva coinciden con otras anomalías en la reparación y remodelación de muchos de los edificios y estructuras de la ciudad, anomalías relacionas con la ocurrencia de este terremoto del siglo I AD (40-60). Silva *et al.*, (2005; 2009) identifican el horizonte de demolición documentado en las excavaciones exploratorias realizadas a lo largo del perímetro oriental de la muralla. En la mayoría de estas catas exploratorias se registran horizontes de colapso de los sillares de la muralla original relacionados con el evento del 40-60 AD. Estos se sitúan sobre el nivel del suelo de la época y posteriormente, al no ser reutilizados, quedaron englobados en el denominado horizonte de demolición que sirvió para nivelar el terreno en la reconstrucción monumental de la ciudad, y más teniendo en cuenta los trabajos de nivelación que se realizaron en la ciudad con posterioridad a este sismo para la construcción de la zona monumental de la ciudad. La localización de este efecto es representativa ya que afecta prácticamente a todo el perímetro de la muralla y corresponde a una de las catas exploratorias realizadas a lo largo de la muralla en el sector bajo de la ciudad próximo a la Puerta de *Carteia* (Este).

Cuantificación: Los colapsos de muros de sillería se documentan a partir de grado VII de intensidad EMS-98. No obstante, y dada la destrucción generalizada de las tres cuartas partes de la muralla original y de la ciudad en general, podemos asignar un valor mínimo de intensidad VIII EMS para este efecto.



Horizonte de colapso en una de las catas de la muralla correspondiente a la destrucción de la muralla durante el evento del 40-60 AD. (Silva et al., 2005, 2009).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VIII	Calidad de los datos (Qg)	G	*Efectos geológicos y/o ambientales, correspondientes a eventos históricos y/o prehistóricos, por lo general no catalogados en los catálogos convencionales, y de los que tan solo se dispone de información procedente de publicaciones científicas recientes*

Referencias bibliográficas:

Bendala, M. *et al.* (2010): La datación de los monumentos de *Baelo Claudia*. El problema de las discordancias entre la estratigrafía y los elementos decorativos. Deuxièmes Journées internationales de *Baelo Claudia*. Nouvelles recherches. Cádiz, Abril, 2010.

Sillières, P. (1997): *Baelo Claudia*: Una ciudad romana de la Bética. Junta de Andalucía-Casa de Velázquez, Madrid.

Silva, P.G. *et al.* (2005): Archaeoseismic record at the ancient Roman city of *Baelo Claudia* (Cádiz, S Spain). Tectonophysics, 408, 129-146.

Silva, P.G. *et al.* (2009): Surface and subsurfce palaeoseismic records at the ancient Roman city of *Baelo Claudia* and the Bolonia Bay area, Cádiz (South Spain). Geological Society, London, Special Publications 2009, v. 316, p. 93-121.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles (UAM); Pablo G. Silva (USAL). QTECT-AEQUA*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	ARQ004060.01.04 *01.04. Teatro romano, Bolonia (Cádiz)*	EVENTO	ARQ004060 ***BAELO CLAUDIA.*** **BOLONIA. CA**	EFECTO	**EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Muros colapsados y fracturados**

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Bolonia	5°46'32,13"O	36°5'27,56"N	17 m	8 ha	≤ 20 km	SO-SSO	**NO CATALOGADO**

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Terraza marina / Escombros	Pendiente del terreno	Llano (< 2%)

Descripción Geológica	Zona Litoral en la Ensenada de Bolonia a unos 200 m de la línea de costa. La zona analizada se desarrolla sobre niveles de relleno antrópicos de época romana (siglo I AD) sobre materiales marinos del Pleistoceno Superior (terrazas) y Holoceno (dunas). Todas estas formaciones se sitúan sobre potentes formaciones de arcillas eocenas de características expansivas. La zona del Teatro, junto con la de los templos, se desarrolla en su mayoría sobre una terraza artificial realizada con escombros aprovechando una terraza marina del Pleistoceno Superior (+ 12 m), que enlaza la parte baja (monumental) con la parte alta de la ciudad (Silva *et al.*, 2005).

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Arcillas, Arenas y gravas	Derrubios, escombros, arenas y gravas	Masivo	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Eoceno	Holoceno (Romano)	Siglo I AD (Arqueológica)	0,09 - 0,14	Antiguo

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, mampostería, ladrillo	Muros, escaleras, bóvedas, pavimentos y enlosados	Múltiples	Destructivo	Sin datos

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	MUROS COLAPSADOS: EAE/8

Descripción: En el sector norte de la ciudad, el principal resto arqueológico es el Teatro construido durante la segunda fase de expansión de la ciudad (finales del siglo I AD y principios del II AD). Su sector norte (graderío) se encuentra directamente cimentado sobre el sustrato arcilloso eoceno, pero su sector sur (escenario, cávea y portada) se desarrolla sobre una terraza explanada artificialmente con escombros (2-3 m) sobre depósitos de gravas y arenas de una terraza marina (1,2 m) que se desarrolla sobre el sustrato arcilloso. Esta construcción muestra numerosas estructuras de deformación, aunque el origen de muchas de ellas no se pueda determinar debido al continuo uso que ha tenido en épocas posteriores a su construcción (construcción de una torre de vigilancia por parte de los musulmanes, reutilización como viviendas, o como cantera en épocas posteriores). Sin embargo, aquí documentamos una anomalía arqueológica sobre su proceso de construcción. El teatro se construyó en dos fases separadas por un periodo de tiempo de inactividad relativamente elevado (Fincker *et al.*, 2010). En la primera fase (10-20 AD), se utiliza piedra caliza marrón (material principal de la zona inferior del edificio). El proyecto principal sin acabar se interrumpe durante 50 años (20-70 AD). En la segunda fase (70-80 AD), se cambia la piedra de los elementos de mampostería y sillería mayor por una piedra caliza gris tableada, se modifican y reparan algunas partes de la estructura, y se construyen los contrafuertes externos para el refuerzo de la obra (Fincker *et al.*, 2010).

Interpretación: El dilatado periodo de tiempo en el que se deja inacabada la estructura es coincidente con el periodo de anomalías en el registro arqueológico de la ciudad, asignable al terremoto de 40-60 AD. En el inicio de la segunda fase de construcción se repara o modifica la cávea principal del teatro, que se restaura incluyendo fragmentos de sillares de piedra caliza marrón de la primera fase constructiva (Fincker *et al.*, 2010). También es importante señalar que en esta segunda fase de construcción se añaden las estructuras de apoyo exteriores a modo de contrafuertes, hecho bastante inusual en este tipo de construcciones, y que se pueden interpretar como medidas de refuerzo antisísmico de la estructura. Este refuerzo anómalo, junto con el resto de los datos, nos permite considerar que el daño sufrido en las obras de construcción de esta estructura debió ser considerable.

Cuantificación: No podemos establecer las características concretas de los daños sufridos por este edificio; no obstante, a partir de las anomalías consignadas podemos establecer una intensidad mínima de VIII EMS.



Aspecto de la zona norte del Teatro; al fondo se observan los restos de los contrafuertes añadidos al diseño inicial del edificio después del terremoto que afectó a las obras de construcción.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VIII	Calidad de los datos (Qg)	G	*Efectos geológicos y/o ambientales, correspondientes a eventos históricos y/o prehistóricos, por lo general no catalogados en los catálogos convencionales, y de los que tan solo se dispone de información procedente de publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:
Fincker, M. *et al.* (2010): El edificio de *scaena* del teatro de *Baelo Claudia*. Deuxièmes Journées internationales de *Baelo Claudia*. Nouvelles recherches. Cádiz, Abril, 2010.
Silva, P.G. *et al.* (2005): Archaeoseismic record at the ancient Roman city of *Baelo Claudia* (Cádiz, S Spain). Tectonophysics, 408, 129-146.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles (UAM); Pablo G. Silva (USAL). QTECT-AEQUA*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

9.3. ARQ 0260280 BOLONIA (Cádiz) 260-280 AD
Terremoto de **Baelo Claudia** *(Romano, Siglo IV)*

INFORMACIÓN MACROSÍSMICA ARQ 0260280: *BAELO CLAUDIA* (Bolonia - Cádiz). 260-280 AD											EFECTOS GEOLÓGICOS	
EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO	
ARQ 0260280AD	-	5°46' O	36°05' N	≥ 5,5 Mw	≥ VIII	≥ VIII	≥ VIII	Q	Q	G	*Baelo Claudia*. Bolonia. CA	
Tipo de Efectos Catalogados											Número de Fichas 14	02 EEEs 12 EAEs

Imagen Google Earth de la localización de efectos catalogados en la ciudad romana de *Baelo Claudia*



Información macrosísmica catalogada

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
01.01 *Baelo* (Acueducto de la Chorrera)	5°46'22,90"O	36°5'25,54"N	SM	≥ 20 km SSO	Sin datos	Sin datos	VIII
01.02 *Baelo* (Basílica)	5°46'29,65"O	36°5'22,41"N	EAE	≥ 20 km SSO	Sin datos	Sin datos	VIII
01.03 *Baelo* (Bastión Norte)	5°46'26,43"O	36°5'31,68"N	EAE	≥ 20 km SSO	Sin datos	Sin datos	VIII
01.04 *Baelo* (Cisterna)	5°46'29,70"O	36°5'30,82"N	EAE	≥ 20 km SSO	Sin datos	Sin datos	VIII
01.05 *Baelo* (*Decumanus* Este)	5°46'30,16"O	36°5'21,50"N	EAE	≥ 20 km SSO	Sin datos	Sin datos	VIII
01.06 *Baelo* (*Decumanus* Oeste)	5°46'32,33"O	36°5'22,09"N	EAE	≥ 20 km SSO	Sin datos	Sin datos	VIII
01.07 *Baelo* (Deslizamiento)	5°46'25,44"O	36°5'24,99"N	SM	≥ 20 km SSO	Sin datos	Sin datos	VIII
01.08 *Baelo* (Foro)	5°46'29,44"O	36°5'23,55"N	EAE	≥ 20 km SSO	Sin datos	Sin datos	VIII
01.09 *Baelo* (Mercado)	5°46'31,05"O	36°5'22,31"N	EAE	≥ 20 km SSO	Sin datos	Sin datos	VIII
01.10 *Baelo* (Muralla Este)	5°46'24,26"O	36°5'24,34"N	EAE	≥ 20 km SSO	Sin datos	Sin datos	VIII
01.11 *Baelo* (Muralla Oeste)	5°46'35,12"O	36°5'25,07"N	EAE	≥ 20 km SSO	Sin datos	Sin datos	VIII
01.12 *Baelo* (Teatro)	5°46'32,13"O	36°5'27,56"N	EAE	≥ 20 km SSO	Sin datos	Sin datos	VIII
01.13 *Baelo* (Templo de Isis)	5°46'27,84"O	36°5'24,39"N	EAE	≥ 20 km SSO	Sin datos	Sin datos	VIII
01.14 *Baelo* (Tiendas del Foro)	5°46'28,41"O	36°5'23,13"N	EAE	≥ 20 km SSO	Sin datos	Sin datos	VIII

ARQ 0260280: *BAELO CLAUDIA* (Bolonia - Cádiz). 260 - 280 AD										**ANTIGUO**
FECHA AMD	**HORA Y MIN.**	**LONGITUD**	**LATITUD**	**MAG (Mw/Ms/M*)**	**EMS 98**	**MSK 64**	**ESI 07**	**Q_e**	**Q_i**	**Q_g**	**LOCALIZACIÓN TERREMOTO**
0260280 *AD*	-	5°46' O	36°05' N	≥ 5,5 Mw	≥ VIII	≥ VIII	≥ VIII	Q	Q	G	***Baelo Claudia*. Bolonia. CA**

Método de datación:		NO CATALOGADO. Ref. Bibliográfica: Sillières (1987); Silva *et al.* (2005 y 2009)									**Tipo Evento:**	ARQ
Prof. km	-	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**M_0**	-	**Eventos asociados**		-	**Agencia:**	-
EEE Primarios		NO		**Longitud Falla**		-		**Desplazamiento**		-	**Tipo Desp.:**	SIN DATOS
EEE Secundarios		SÍ		**Categoría ESI07**		☐GK ☒SM ☐LQ ☐HD ☐HA ☐WA ☐TS					**Área afectada:**	< 1 km²
Otros EEE Ambientales		SÍ		☒ OTROS EFECTOS (OT): Asentamiento del terreno (10-100 cm) al Sur de la Basílica generando estructuras pseudo-circulares que podrían estar relacionadas con procesos de licuefacción. Evento de tsunami registrado en las Termas Marítimas (>255 AD) y *Decumanus maximus* que podría correlacionarse con este evento (Sin Catalogar).								
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ		☒ EAEs: Daños en el yacimiento romano de *Baleo Claudia*. Efectos arqueológicos en Foro, Muralla, *Decumanus Maximus*, Basílica, Teatro, Mercado, Templo de Isis y Templos de Júpiter, Juno y Minerva. Estos daños se corresponden con la aparición de un horizonte de destrucción en el registro arqueológico y un abandono injustificado de algunas de sus infraestructuras.								

Documentación IGN 2002: NO CATALOGADO

Referencias bibliográficas básicas:

Giner-Robles, J.L. *et al.* (2013): Mapa de efectos arqueológicos de terremotos (EAE) en la ciudad romana de *Baelo Claudia* (Cádiz, España). VIII Reunión de Cuaternario Ibérico, La Rinconada – Sevilla.

Grützner, C. *et al.* (2012): Active faulting and neotectonics in the *Baelo Claudia* area, Campo de Gibraltar (Southern Spain). Tectonophysics, 554-557, 127-142.

Ménanteau, L. *et al.* (1983): *Belo* II: *Belo* et son environnement (Detroit de Gibraltar), Etude physique d'un site antique. Pub. Casa de Velázquez, Serie Archeologie 4., Ed. Broccard, París. 1983.

Röth, J., *et al.* (2015): The *Baelo Claudia* tsunami hypothesis - results from a multi-method sediment analysis of late-Roman deposits (Gibraltar Strait, Southern Spain). Miscellanea INGV, 27, 418-422.

Sillières, P. (1997): *Baelo Claudia*: Una ciudad Romana de la Bética. Junta de Andalucía-Casa de Velázquez, Madrid.

Silva, P.G. *et al.* (2009): Surface and subsurface paleoseismic records at the ancient Roma city of *Baelo Claudia* and the Bolonia Bay area, Cádiz (South Spain). Geol. Soc. London, Spec. Pub. 316, 93-121.

Silva, P.G. *et al.* (2016): Los terremotos antiguos del conjunto arqueológico romano de *Baelo Claudia* (Cádiz, Sur de España): Quince años de investigación arqueosismológica. Estudios Geol 72 (1), e050.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	**LONGITUDE**	**LATITUDE**	**MAG (Mw/Ms/M*)**	**EMS 98**	**MSK 64**	**ESI 07**	**Q_g**	**SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)**
ARQ 0260280 *Baelo Claudia*. Bolonia.CA	5°46' W	36°05' N	≥ 5,5 Mw	≥ VIII	≥ VIII	≥ VIII	G	**Gibraltar Strait (Zone 49)**

EVENT NO CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Ménanteau *et al.* (1983); Sillières (1987); Silva *et al.* (2005 y 2009); Grützner *et al.* (2012); Giner-Robles *et al.* (2013)	**Event Type:**	**ANCIENT**

GENERAL DAMAGE: This earthquake is not listed in the databases of IGN. The occurrence of the seismic event is defined from different archaeological and geological analysis (Ménanteau *et al.*, 1983; Sillières, 1987; Silva *et al.*, 2005; 2009). The archaeological data recognize two earthquake events in the preserved remains of the roman city. The first in AD 40-60 and the second in AD 260-280. However the roman city is not completely abandoned, following a period of progressive ruin until AD 360-395. This file documents the second seismic event which is widely documented by nicely preserved examples of earthquake archaeological effects (EAEs) in public buildings, Forum, Basilica, Theatre, temples, fish factories and city walls. The application of archaeoseismologic analysis allowed to classify and map the complete set of EAEs within the city and the identified oriented damage records a common NE-SW orientation of ground motion for the entire archaeological site strongly supporting seismic damage (Silva *et al.*, 2005; 2009; 2016; Giner *et al.*, 2013). No data on probable archeoseismic damage for other existing roman cities around the zone, such as *Carteia* (Algeciras Bay) and *Gades* (Cádiz).

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Secondary environmental effects restricted to small landslides (2,000 - 10,000 m³) affecting the eastern part of the monumental zone of the city and the eastern aqueduct outside the city. The presence of a poorly consolidated demolition horizon for city rebuilding after the first seismic event (AD 40-60), triggered local site effects on the new monumental roman city favouring and enhancing the deformation (fracturing and folding) of pavements and building all over the city during the second event (AD 260-280) catalogued in this file. This earthquake is not really featured by relevant earthquake environmental effects (EEEs), but by abundant archaeological effects (EAEs) inventoried within the city. Multiple geophysical analyses (GPR and ERT profiles) has been carried out within and outside the city in order to characterize surface and surface deformations linked to the observed damage. Oriented damage records a common NE-SW orientation of ground motion for the entire archaeological site pointing to an offshore seimogenic source. 2 EEEs (landslides) y 12 EAEs.

☐ ***Surface ruptures (SR) and Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☐ ***Ground cracks (GK):*** *No Reported.*
☒ ***2 Slope movements (SM):*** *Moderate landslides (2,000 – 10,000 m³) on the clayey substratum and demolition horizon in the eastern zone of the city affecting the Forum and Temple area, as well as the eastern aqueduct outside the city.*
☐ ***Liquefaction processes (LQ):*** *No Reported.*
☐ ***Hydrogeological anomalies (HD; HA):*** *No Reported.*
☐ ***Anomalous waves and tsunamis (WA; TS):*** *No Reported.*
☐ ***Other effects:*** *Probable liquefaction effects linked to some individual pop-up structures in the southern sector of the forum and Basilica square (no catalogued). Tsunami event recorded by tsunamite-like deposits in the* Thermae maritima *and* Decumanus maximus *after 255 AD (Röth et al., 2015). This Late-Roman event can be related with the event catalogued here.*
☒ ***12 Archaeoseismic damages:*** *Abundant significant damage recorded in nearly all the public buildings and infrastructure of the Roman city of* Baelo Claudia*: Forum, Basilica, Theatre, temples, city walls,* Decumanus Maximus, Macellum, *Cisterna, etc. Oriented damage shows a consistent NE-SW ground motion for the entire site.*
☒ ***Geological Data:*** *Onshore and offshore geological and geophysical analyses carried out by Silva et al. (2005; 2009) and Grützner et al. (2012) around the Bolonia Bay area identified several active faults with Late Quaternary tectonic records as probable near-field seismic sources. Onshore geological analyses include 3 fault trench analyses in the N-S graben systems and the Cabo de Gracia left-lateral fault about 3 km west to the city, indicating that N-S oriented faults are the more probable seismic sources (Grützner et al., 2012). Offshore seismic reflection profiles developed by these authors also identify N-S trending structures in the Bolonia Bay (≤ 10 km S and SW) with recent tectonic activity able to produce a seismic event. Dimensions of identified fault segments indicate that all these N-S oriented structures are able to generate 5.5 – 6.0 Mw seismic events (Silva et al., 2009; Grützner et al, 2012).* ***Quality of Geological information: Class G.***

Research / Data compilation by: *P.G. Silva (USAL), J.L. Giner-Robles (UAM). Updated 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
ARQ 0260280 *Baelo Claudia*. Bolonia.CA	5°46' O	36°05' N	≥ 5,5 Mw	≥ VIII	≥ VIII	≥ VIII	G	**Arco de Gibraltar (Zona 49)**

EVENTO NO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN — **Tipo de Evento**: **ANTIGUO**

Ref.: Ménanteau *et al.* (1983); Sillières (1987); Silva *et al.* (2005 y 2009); Grützner *et al.* (2012); Giner-Robles *et al.* (2013)

DAÑOS GENERALES: Este terremoto no está catalogado en las bases de datos del IGN. La ocurrencia del mismo se ha definido a partir de diferentes análisis arqueológicos y geológicos (Ménanteau *et al.*, 1983; Sillières, 1987; Silva *et al.*, 2005; 2009). Los datos arqueológicos han permitido identificar dos eventos sísmicos en este yacimiento arqueológico romano. El primero en el 40-60 AD y el segundo en el 260-280 AD. La ciudad romana fue reconstruida y monumentalizada tras el terremoto del siglo I AD. Sin embargo, la ciudad romana no fue completamente abandonada tras el segundo terremoto (260-280 AD) siguiendo un periodo de progresivo abandono y ruina hasta el 360-395 AD. El segundo evento sísmico que aquí se cataloga se encuentra extensamente documentado por buenos y significativos ejemplos de efectos arqueológicos de los terremotos (EAEs) en edificios públicos tales como el Foro, Basílica, Teatro, templos, factorías de salazón y las Murallas de la ciudad. El análisis arquesismológico de los mismos ha permitido clasificar y cartografiar un completo conjunto de EAEs en el interior de la ciudad, así como identificar daños orientados que indican una orientación común NE-SW del movimiento del terreno para el variado conjunto de efectos analizados, que refuerza el origen sísmico de los daños (Silva *et al.*, 2009; Giner *et al.*, 2013). No existen datos sobre posibles daños arqueosísmicos en otras ciudades romanas próximas, como *Carteia* (Bahía de Algeciras) y *Gades* (Cádiz).

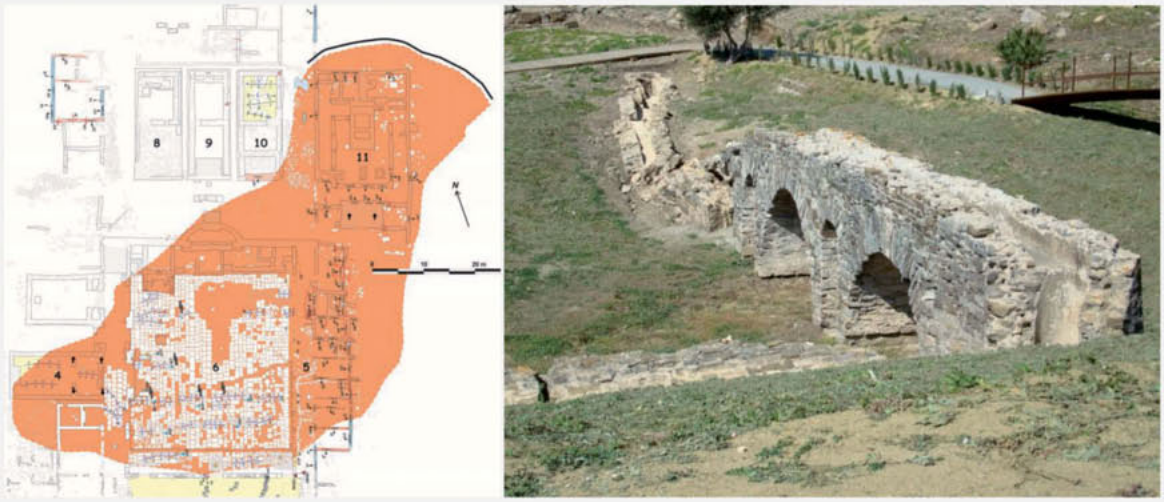
DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Los efectos secundarios quedan restringidos a relativamente pequeños deslizamientos (2.000 – 10.000 m³) que afectan la parte oriental de la zona monumental de la ciudad y el acueducto oriental de la misma. La existencia de un nivel de demolición para la reconstrucción y ampliación monumental de la ciudad tras el primer terremoto (40-60 AD) provocó efectos sitio locales que facilitaron y amplificaron la deformación (fracturación y plegamiento) de enlosados, pavimentos y estructuras murarias en toda la ciudad durante el segundo terremoto (260-280 AD) que se cataloga en esta ficha. Este evento no está caracterizado por un gran número de efectos geológicos (EEEs), sino por una abundante muestra de efectos arqueosismológicos (EAEs) en el interior de la antigua ciudad romana. Diferentes análisis geofísicos (GPR y ERT) se han llevado a cabo en el entorno de la ciudad y sus alrededores para poder caracterizar las deformaciones superficiales y del subsuelo ligadas a los numerosos daños documentados. El análisis de daños orientados registra una orientación NE-SO del movimiento del terreno homogénea para el conjunto de estructuras, daños que sugieren la existencia de una fuente sísmica en la plataforma continental de la Bahía de Bolonia. 2 EEEs (deslizamientos) y 12 EAEs.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☐ ***Agrietamientos del Terreno (GK):*** *No Registrados.*
☒ ***2 Movimiento de ladera (SM):*** *Procesos de deslizamiento (2.000 – 10,000 m³) del sustrato arcilloso y horizonte de demolición suprayacente sobre el que se asienta la ciudad en su zona oriental. Se encuentran afectados la zona del Foro y los templos, así como el acueducto localizado extramuros en esta zona.*
☐ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *No Registrados.*
☐ ***Anomalías Hidrogeológicas (HD; HA):*** *No Registradas.*
☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (WA; TS):*** *No Registrados.*
☐ ***Otros efectos:*** *Probables procesos de licuefacción asociados a estructuras pop-up individuales en el sector sur del Foro y plaza de la Basílica (no catalogados). Se registra un evento posterior al 255 AD en forma de niveles de tsunamitas en las termas marítimas y* Decumanus maximus *(Röth et al., 2015) que podría ser coetáneo con el evento aquí catalogado, sin embargo también salen fechas C¹⁴ algo más tardías entre 400 – 425 AD, que se corresponden con el abandono definitivo de la ciudad en el c. 395 AD. Los autores consideran un run-up mínimo de 8 m para este evento tardo-romano.*
☒ ***12 Daños arqueológicos:*** *Daños abundantes y significativos en la mayoría de los edificios públicos e infraestructuras de la ciudad romana de* Baelo Claudia*: Foro, Basílica, Teatro, templos, Murallas, mercado, pavimentos, enlosados, cisterna, acueducto, etc. Los daños orientados indican una deformación del terreno NE-SO común para todos los efectos analizados en el yacimiento arqueológico.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Análisis geológicos y geofísicos desarrollados por Silva et al. (2005; 2009) y Grützner et al. (2012) en la zona de la Bahía de Bolonia permiten identificar diferentes fallas activas con registros de deformación cuaternaria reciente como posible fuentes sísmicas en campo cercano. Los estudios geológicos incluyen la realización de 3 trincheras de falla en sistemas de grabens N-S y la falla de desgarre sinestral de Cabo de Gracia, localizados unos 3 km al oeste de la ciudad, indicando que las estructuras N-S son las de actividad más reciente y las fuentes sísmicas más probables (Grützner et al., 2012). También se han realizado campañas de sísmica de reflexión en el litoral de la Bahía de Bolonia identificando estructuras tectónicas N-S con actividad reciente al Sur y Suroeste de* Baelo Claudia *(≤ 20 km de distancia) capaces de producir un evento sísmico. Las dimensiones de estas estructuras N-S indican que son capaces de generar eventos sísmicos de magnitud mínima 5,5 – 6,0 Mw (Silva et al., 2009; 2016; Grützner et al, 2012).* ***Calidad de la información Geológica: Clase G.***

Investigación / Compilación de la información: *P.G. Silva (USAL); J.L. Giner-Robles (UAM). Actualizado 2017.*

IMAGEN EVENTO



Estructuras de plegamiento de tipo pop-up en el enlosado del antiguo Foro de *Baelo Claudia* constituyeron una de las primeras evidencias arqueosismológicas sobre daños orientados en el Conjunto Arqueológico Romano de *Baelo Claudia* (Tarifa, Cádiz). A la izquierda, cartografía del deslizamiento de la zona oriental del Foro. A la derecha, derrumbe y deformación del acueducto de la zona oriental extramuros ocasionado por procesos de deslizamiento cosísmicos.

INTERPRETACIÓN
ARQ 0260280: *BAELO CLAUDIA* (Bolonia - Cádiz). 260-280 AD **ANÁLISIS DE DATOS**

Autores: Pablo G. Silva, Departamento de Geología, Universidad de Salamanca.
Jorge L. Giner Robles, Departamento de Geología y Geoquímica, Universidad Autónoma de Madrid.

EEE. Efectos Geológicos y Ambientales del Terremoto de *Baelo Claudia*, Bolonia, 260-280 AD

La ciudad romana de *Baelo Claudia* fue fundada en el siglo II AC como un importante centro industrial pesquero y de producción de "*garum*", así como lugar estratégico para el tránsito de personas y mercaderías entre Europa y el norte de África (Sillières, 1997). El geógrafo griego Estrabón describió este asentamiento (*Belon*) como el principal puerto para alcanzar *Mauritania Tingitana*. Las excavaciones arqueológicas en la ciudad ponen de manifiesto tres periodos bien diferenciados, los cuales están separados por importantes discontinuidades en el registro arqueológico. Desde las primeras investigaciones, estas discontinuidades arqueológicas fueron ligadas a la ocurrencia de eventos sísmicos (Ménanteau *et al.*, 1983; Sillières, 1997). Estudios más recientes (Silva *et al.*, 2005; 2009) claramente indican a la ocurrencia de dos terremotos (40-60 AD y 260-280 AD) como los sucesos más decisivos en la historia de esta antigua ciudad romana. Los registros arqueológicos indican que el antiguo asentamiento romano es sustituido por una nueva ciudad durante la segunda mitad del siglo I AD. La antigua población adquirió el rango de Ciudad romana (*Oppidum Latinum*) entre los años 41-48 AD (Sillières, 1997). Así desde la segunda mitad del siglo I AD la ciudad experimentó un importante crecimiento urbanístico con la construcción de nuevas e importantes edificaciones públicas de carácter monumental como Foro, Templos, Basílica, Termas, etc. (Sillières, 1997).

En la segunda mitad del siglo I AD, con posterioridad al primer sismo registrado (40-60 AD; ver evento ARQ004060), la ciudad fue enteramente remodelada, datando de esta época el sector monumental de la misma (Basílica, Foro, Teatro, Templos, etc.). Según los datos más recientes entre los años 70-80 AD ya estarían completados todos los edificios monumentales de la ciudad (Bendala *et al.*, 2010). Los datos geológicos recopilados por Silva *et al.* (2005; 2009) indican que para los trabajos de reconstrucción de la ciudad se llevaron a cabo labores de demolición y nivelación en la parte baja de la ciudad, generándose un potente (2,3 – 4,4 m), pero discontinuo, horizonte de demolición de escasa calidad geotécnica que tuvo un papel relevante en la amplificación de los daños generados por el segundo evento que aquí se cataloga. En cualquier caso el sustrato arcilloso de carácter plástico sobre el que se asienta la ciudad posee también una pobre capacidad portante y presenta características expansivas (Borja *et al.*, 1993; Silva *et al.*, 2005).

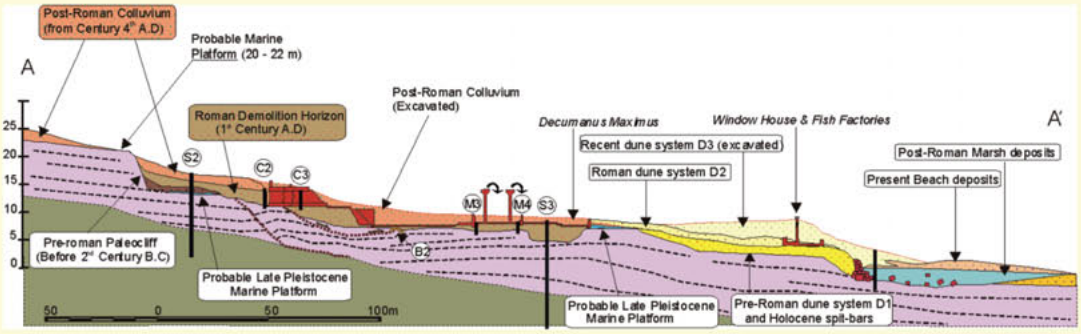


Fig. 1. Corte geológico NNE-SSO del Conjunto Arqueológico Romano de Baelo Claudia *mostrando la estratigrafía del sustrato geológico y unidades geo-arqueológicas pre y post romanas, incluyendo el horizonte de demolición del siglo I AD sobre el que se desarrolló el sector Monumental de la segunda ciudad (Modificado de Silva et al., 2005).*

Durante esta segunda mitad del siglo I y durante todo el siglo II AD, la ciudad experimentó un auge en actividad comercial y prosperidad. Entorno a los años 260 - 290 AD la antigua ciudad romana sufre un segundo periodo de destrucción, que diferentes autores (Ménanteau *et al.*, 1983; Sillières, 1997; Silva *et al.*, 2005; 2009; Grützner *et al.*, 2012) atribuyen a un fuerte terremoto de intensidad mínima VIII MSK que afectó a todo el conjunto amurallado y zona monumental de la ciudad. Las deformaciones generadas en monumentos y edificaciones por este segundo evento son las que se pueden observar claramente en la actualidad. A partir de este periodo se destruyen y abandonan la mayoría de los edificios monumentales de la ciudad y la actividad comercial prácticamente se detiene. El declive comercial y urbano es patente a partir de esta fecha y finalmente la presencia romana en la zona llega a su fin entre los años 365 -390 AD, tal y como lo atestiguan registros numismáticos en las excavaciones arqueológicas (Ménanteau *et al.*, 1983; Sillières, 1997). Finalmente, a finales del Siglo IV la ciudad es abandonada y se genera un nuevo, pero discreto, espacio urbano que es ocupado discontinuamente por paleocristianos, visigodos, musulmanes y castellanos en diferentes épocas, re-utilizando espacios urbanos de la parte baja de la ciudad (factorías de *Garum*) y enterrando la antigua zona monumental y parte de su recinto amurallado. En la actualidad, las ruinas de la antigua ciudad romana muestran claras señales de la causa de su deterioro en la segunda mitad del siglo III AD (evento sísmico) y de su posterior abandono a finales del siglo IV AD (estado de ruina). El declive del imperio romano allá por el siglo IV AD no permitió la reconstrucción de la ciudad, como ocurrió en su época de esplendor a partir de la segunda mitad del siglo I AD.

En un principio, Ménanteau *et al.* (1983) y Silva *et al.* (2005) atribuyen el segundo evento sísmico al periodo 365 – 395 AD. Estos autores ligan el declive y abandono definitivo de la ciudad a terremotos ocurridos entre los años 365 AD (Mediterráneo) y 390 AD (Atlántico). En concreto, estas interpretaciones se basaban en las descripciones de los catálogos de Galbis (1932; 1940), basadas en la trascripción de los textos del historiador romano Amiano Marcelino (330 – 378 AD):

> *"En el año segundo del reinado de Valentiniano y Valente (21/05/365), al rayar el alba de dicho día, se sintió en las provincias granadinas y en otras del imperio un violento terremoto. Las olas del Mediterráneo hirvieron como en la más deshecha borrasca. A muchas varas de distancia de Málaga y Adra, quedaron en seco las playas, que siempre habían estado bañadas por las aguas: los pescados, faltos de su natural elemento, eran cogidos a mano sobre la arena sin redes ni anzuelo. Absortos los habitantes de la costa, vieron la profundidad de los abismos, que colmatados de agua estaban quizás desde el principio del mundo. Al cabo de algunas horas retrocedió la mar con ímpetu furioso; los buques, que habían encallado en la arena, fueron lanzados con irresistible empuje dentro de tierra, y estrellados algunos contra los edificios de las ciudades cercanas. Las aguas inundaron los pueblos de la ribera, ahogando a multitud de familias".*

El nuevo catálogo de terremotos históricos en la Península Ibérica (Martínez Solares y Mezcua, 2002) no incluye este evento, que supuestamente identifican con el gran terremoto-tsunami de Creta (365 AD), del que se tiene constancia documental que asoló las costas del Mediterráneo oriental, pero del que no existe ningún dato que apoye efectos importantes en el Mediterráneo occidental (salvo la descripción realizada en el tercer tomo de la obra "Historias" de Amiano Marcelino). La mención expresa al litoral cercano a Adra (Almería), Málaga y provincias granadinas por parte de Amiano Marcelino transcrita en Galbis (1932), hace pensar que, muy posiblemente, el terremoto-tsunami de Creta del 365 AD pudo afectar en menor o mayor medida a las costas del Arco de Gibraltar. De ser así, este evento no provocó la destrucción de *Baelo Claudia*, pero incluso los posibles efectos de un tsunami en campo lejano (1-2 m de altura) que afectara la Bahía de Bolonia pudo ser la puntilla que acabara por destruir y arruinar las pocas maltrechas edificaciones que quedaran en la ciudad después del 280 AD. De hecho, tanto en la Bahía de Bolonia (Alonso-Villalobos *et al.*, 2003) como en la antigua ciudad de *Carteia* en la Bahía de Algeciras (Arteaga y González Martín, 2004) se registran niveles energéticos litorales de época romana, pero sus fechas, entre los siglos II AC y II AD los relacionan con el evento anterior que afectó a esta misma ciudad (ver evento ARQ0260280).

En cualquier caso, los efectos geológicos que se recogen en este catálogo corresponden a movimientos de ladera (SM) que afectaron la antigua ciudad romana coetáneamente, o poco después del terremoto del 260 – 290 AD. El más importante en el sector oriental de la ciudad (Foro, templos y Templo de Isis) abarca una extensión de aproximadamente unos 10.000 m^2. Los datos de georadar (Silva *et al.*, 2009) y tomografía eléctrica 2D (Silva *et al.*, 2013) indican que alcanzó al menos los 5 m de profundidad (deslizamiento muy superficial) movilizando un volumen mínimo de 50.000 m^3. El deslizamiento afectó: (1) Al Templo de Isis, produciendo su basculamiento a contrapendiente y sistemas de agrietamientos; (2) Al enlosado regular del antiguo Foro, dando lugar a sistemas de pop-ups y plegamientos de dirección general E-O (condicionado por su propia estructura regular); y (3) Sistemas de plegamientos de los muros de las tiendas de la parte oriental del Foro (Silva *et al.*, 2009). Perfiles de tomografía eléctrica en la zona sin excavar al Este del Foro registran numerosos basculamientos de estructuras murarias (sin excavar) producidas por este deslizamiento (Silva *et al.*, 2013). La zona afectada corresponde al pie de un pequeño paleoacantilado del último interglaciar que fue parcialmente rellenado por el horizonte de demolición del siglo I AD, y aterrazado artificialmente para la construcción de la plataforma de los templos y del Foro (Silva *et al.*, 2005). Por tanto, se trataba de una zona de talud artificial aterrazada con escombros procedentes de la destrucción de la antigua ciudad y, consecuentemente, una zona susceptible a este tipo de procesos. El segundo proceso de ladera (SM) se registra en el pequeño acueducto E-O que salva una pequeña vaguada al Este de la ciudad. La deformación (con arrastre y fracturación de la obra) se registra en la ladera occidental de la vaguada adyacente a la muralla de la ciudad y la obra se encuentra virada unos 30º hacia el SSO. Estos desplazamientos son coherentes con las orientaciones de daños medidas en la ciudad, pero es indudable que en su destrucción contribuyó decisivamente un fallo del terreno en su cimentación occidental. El volumen de este deslizamiento puede estimarse en unos 2.000 m^3 como mínimo. Por sí mismas, las dimensiones de estos deslizamientos, y los daños provocados, indican una intensidad mínima de VIII ESI-07. Por otro lado, Silva *et al.* (2009) describen una serie de estructuras de abombamientos y hundimientos en la zona sur del Foro, plaza sur de la Basílica y *Decumanus Maximus*, que interpretan tentativamente como consecuencia de procesos de licuefacción del terreno, y que aquí hemos considerado bajo el epígrafe general de otros efectos.

EAE. Efectos Arqueosismológicos del Terremoto de *Baelo Claudia,* Bolonia de 260-280 AD

Los efectos arqueosismológicos (EAEs) documentados en *Baelo Claudia* son numerosos y variados, sirviendo como modelo para el desarrollo de metodologías en el análisis de orientaciones de daños (Giner *et al.*, 2009) que posteriormente se han aplicado a otros yacimientos arqueológicos o a elementos del patrimonio histórico artístico en diversas partes del mundo. Los EAEs documentados en *Baelo Claudia* casi representan la totalidad de los EAEs recogidos en la clasificación de Rodríguez-Pascua *et al.* (2011), siendo los más importantes: (a) plegamiento de pavimentos de argamasa (*Macellum* y *Curia*); (b) fracturas, plegamientos y pop-ups en enlosados regulares (Foro); (c) fracturas, plegamientos y pop-ups en enlosados irregulares (*Decumanus*); y (d) compactación diferencial del terreno (*Basilica*, *Decumanus*).

Asimismo, existen numerosos ejemplos de efectos secundarios sobre la fábrica de las construcciones tales como: (a) Impactos entre enlosados (shock breakouts; *Decumanus*); (b) Contrafuertes desplazados y girados (Cisterna, Teatro); (c) Muros basculados (Muralla y estructuras murarias en la ciudad); (d) Muros plegados (tiendas de la parte oriental del Foro); (e) Fracturas penetrativas en bloques de sillería (Muralla, *Macellum* y edificios anexos a la Basílica); (f) Fracturas conjugadas (Muralla, edificios anexos a la Basílica); (g) Caída orientada de columnas (Basílica y Templo de Isis); (h) Claves de arco desplazadas (Muralla, Basílica, Termas); (i) Escalones y líneas de bordillo plegadas (Plaza de la Basílica, Teatro); (j) Esquinas de sillares fracturadas (Dipping broken corners, *Macellum*, Basílica); (k) Marcas de impacto (*Decumanus* y Foro) y sillares desplazados (*Macellum*, Teatro y templos). Todas estas estructuras se encuentran generadas por la deformación permanente (a – d) o transitoria del sustrato (e – k) consecuencia del movimiento del terreno al paso de las ondas sísmicas (Giner *et al.*, 2009; Rodríguez-Pascua *et al.*, 2011). Por otro lado, también se observan una serie de anomalías relacionadas con la caída de grandes bloques (Teatro) y desplome de estructuras murarias (templos) que podrían ser consecuencia del progresivo proceso de ruina que sufrió la ciudad hasta su abandono en el 360-395 AD. Para la descripción de las deformaciones en el presente catálogo, éstas no se han agrupado por EAEs concretos sino por zonas representativas de la ciudad (Teatro, Templo, Foro, *Decumanus*, etc.) que registran una serie de ellos representativos.

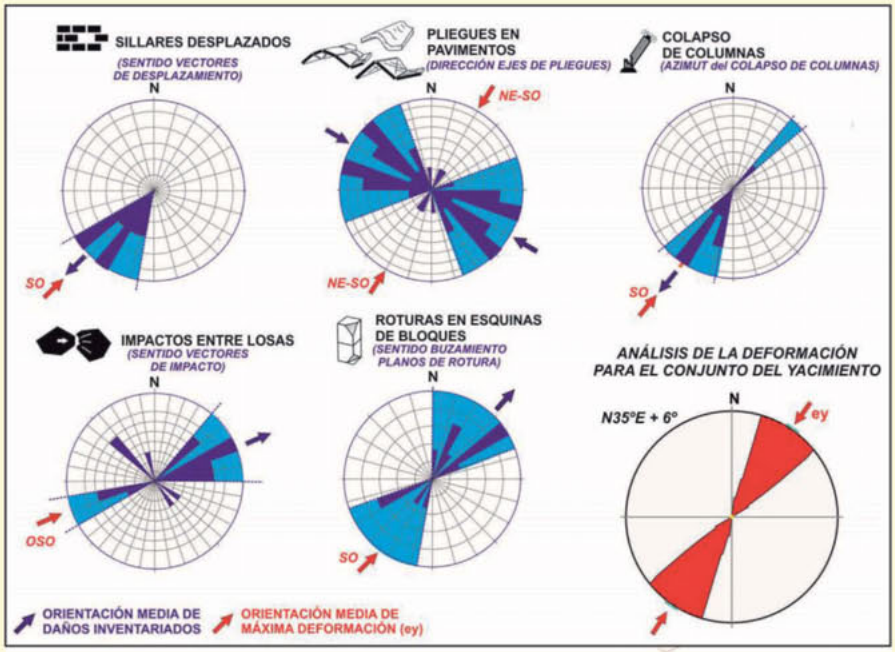


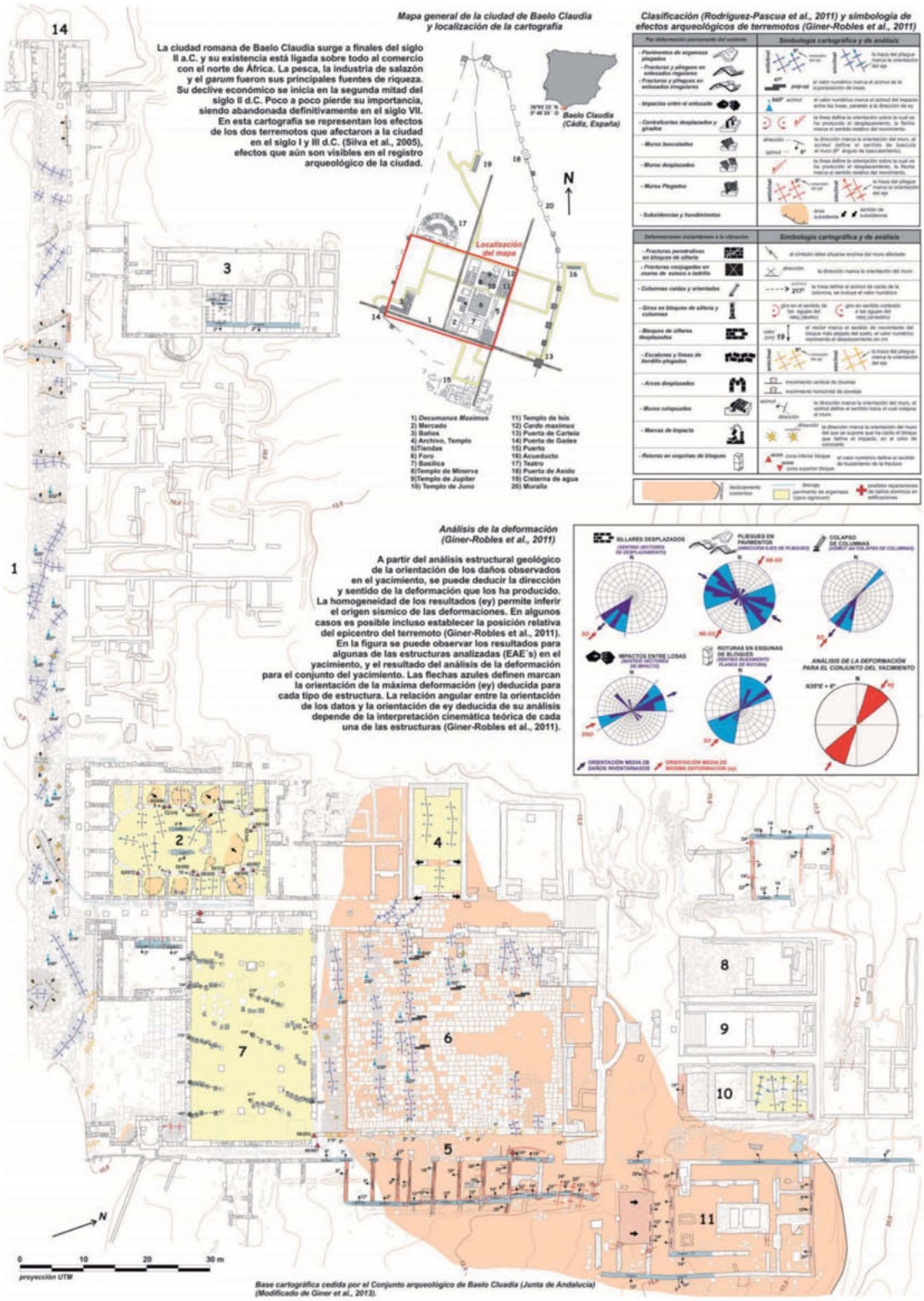
Fig. 2 Análisis de orientaciones de daños (análisis estructural) para alguno de los EAEs más representativos y para el conjunto de la Ciudad (Giner et al., 2009 y 2011).

El análisis de las orientaciones de daños en todas estas estructuras indica una orientación homogénea NE-SO, definiendo una dirección de deformación horizontal máxima del terreno N35º-N40ºE para la totalidad del conjunto arqueológico. El hecho de que estas orientaciones sean consistentes dentro de una categoría de EAEs particular y para el conjunto de la ciudad (Fig. 2) permite proponer que las deformaciones orientadas poseen un origen sísmico común relacionado con la dirección del movimiento del terreno promovida por la propagación de ondas sísmicas. Otro tipo de procesos de destrucción, como huracanes, guerras o la propia ruina progresiva de un lugar abandonado no tienen por qué presentar, ni presentan, este tipo de direccionalidad de daños tan marcada. Además, alguno de los EAEs permiten no solo obtener la dirección, sino también la orientación o sentido del movimiento, como es el caso de sillares desplazados, colapso orientado de columnas, impactos de inter-losados y roturas en las esquinas de los bloques (Fig. 2), que indican un sentido consistente desde el SO, sugiriendo una fuente sísmica cercana localizada en las inmediaciones de la Bahía de Bolonia (Silva *et al.*, 2005; 2009; Giner *et al.*, 2009).

En cualquier caso, los estudios realizados en la zona, y el hecho de que de este terremoto no se tenga mención histórica expresa de que afectara a *Baelo Claudia* o a cualquier otra ciudad próxima (*Carteia*, *Gades*), podría indicar que el evento aquí catalogado (siglo III AD) podría deberse a fuentes sísmicas situadas en campo cercano. Podría corresponder con la prolongación offshore de fallas próximas como la de Cabo de Gracia, Cantera Carrizales o la Sierra de La Laja (Silva *et al.*, 2005; 2009). Estudios de sísmica de reflexión realizados offshore han localizado fallas de dirección aproximada N-S afectando a los depósitos cuaternarios y suelo marino de la misma (Grützner *et al.*, 2012) en la parte central y oriental de la Bahía. Estos autores proponen estas fallas, localizadas hasta una distancia de 20 km offshore, como las fuentes sísmicas más probables que generaron este evento. Por otro lado, las estimaciones realizadas en la zona urbana de *Baelo Claudia* en base a datos geotécnicos existentes (Borja *et al.*, 1999) indican un más que posible efecto sitio, pudiéndose alcanzar en la zona

aceleraciones sísmicas en torno a 0,26 - 0,33 g según la antigua NCSE-02, como consecuencia de un terremoto cercano y superficial (Silva *et al.* 2009). La parametrización del mismo, según las dimensiones de las probables fuentes sísmicas y los daños registrados, indicaría una magnitud 5,5 – 6,0 Mw y una intensidad VIII e incluso IX en la escala EMS.

DISTRIBUCIÓN DAÑOS ESI-07/EMS-98 ARQ 0260280: *BAELO CLAUDIA* (Bolonia - Cádiz). 260-280 AD										EFECTOS GEOLÓGICOS
EVENTO	**HORA Y MIN.**	**LONGITUD**	**LATITUD**	**MAG (Mw/Ms/M*)**	**EMS 98**	**MSK 64**	**ESI 07**	**Q_e**	**Q_i**	**Q_g**	**LOCALIZACIÓN TERREMOTO**
ARQ 0260280AD	-	5º46' O	36º05' N	≥ 5,5 Mw	≥ VIII	≥ VIII	≥ VIII	Q	Q	G	***Baelo Claudia*. Bolonia. CA**



REFERENCIAS **DATOS**
ARQ 0260280: *BAELO CLAUDIA* (Bolonia - Cádiz). 260-280 AD **BIBLIOGRÁFICOS**

Autores: Jorge L. Giner Robles, Departamento de Geología y Geoquímica, Universidad Autónoma de Madrid.
Pablo G. Silva, Departamento de Geología, Universidad de Salamanca.

Bibliografía Terremoto de *Baelo Claudia*, Bolonia de 260-280 AD

Alonso-Villalobos, F.J., Gracia-Prieto, F.J., Ménanteau, L., Ojeda, R., Benavente, J., Martínez, J. A. (2003): Paléogeographie de l'anse de Bolonia (Tarifa, Espagne) à l'époque romaine. In: The Mediterranean World Environment and History. Elsevier, Amsterdam, 407–417.

Arteaga, C., González Martín, J.A. (2004): Presencia de materiales marinos y dunares sobre un alfar romano en la Bahía de Algeciras (Cádiz, España). En: G. Benito y A. Díez Herrero (eds.): Contribuciones recientes sobre Geomorfología. Actas VIII Reun. Nac. Geomorfología, Toledo. S.E.G., vol. I, pp. 393-400.

Bendala, M., Fellague, D., Roldan, L. y Sillières, P. (2010): La datación de los monumentos de Baelo Claudia. *El problema de las discordancias entre la estratigrafía y los elementos decorativos. Deuxièmes Journées internationales de* Baelo Claudia. *Nouvelles recherches. Cádiz, Abril, 2010.*

Fincker, M. y Sillieres, P. (2006): "Le théâtre de Baelo Claudia*: particularités architecturales et chronologie", Ventura A. y Márquez C. (Eds.), Teatros romanos en* Hispania, *(Colloque Cordoue 2003), pp. 81-98.*

Fincker, M y Moretti, J-Ch. (2009): "Au théâtre de Baelo Claudia*: front de scène et lieu de culte", dans Moretti, J-Ch. (Ed.), Fronts de scène et lieu de culte dans le théâtre antique, TMO, pp. 157-173.*

Fincker, M., Moretti, J-Ch., Fellague, D., Le Meaux, H., Rodríguez-Gutiérrez, O. (2010): El edificio de scaena *del teatro de* Baelo Claudia. *Deuxièmes Journées internationales de* Baelo Claudia. *Nouvelles recherches. Cádiz, Abril, 2010.*

Giner-Robles, J. L., Rodríguez-Pascua, M.A., Pérez-López, R., Silva, P.G., Bardají, T., Grützner, C., Reicherter, K. (2009): Structural analysis of Earthquake Archaeological Effects (EAE): Baelo Claudia *Examples (Cádiz, South Spain). En: 1st INQUA-IGCP 567 International Workshop on Earthquake Archaeology and Paleoseismology, vol 2. INQUA-AEQUA.*

Giner-Robles, J.L., Silva Barroso, P.G., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Bajardí Azcárate, T., Garduño-Monroy, V.H., Lario Gómez, J. (2011): Evaluación del daño sísmico en edificios históricos y yacimientos arqueológicos. Aplicación al estudio de la peligrosidad sísmica: Proyecto EDASI. Fundación MAPFRE.110 pp.

Giner-Robles, J. L., Silva, P.G., Rodríguez-Pascua, M.A., Pérez-López, R., Bardají, T. (2013): Mapa de efectos arqueológicos (EAE) en la ciudad romana de Baelo Claudia *(Cádiz, España). En: Recorridos cuaternarios: Terrazas del Guadalquivir en el sector Carmona-Sevilla y paleosismología de terremotos en* Baelo Claudia *(Tarifa, Cádiz). AEQUA, 18-29.*

Grützner, C., Reicherter, K., Hübscher, C. y Silva, P.G. (2012): Active faulting and neotectonics in the Baelo Claudia *area, Campo de Gibraltar (Southern Spain). Tectonophysics, 554-557, 127-142.*

Hinzen, K.G. (2005): The use of engineering seismological models to intrepret archaeoseismological findings in Tolbiacum, *Germany: A case study. Bulletin of the Seismological Society of America, 95 (2), 521-539.*

Korjenkov, A.M. y Mazor, E. (1999): Earthquake characteristics reconstructed from archaeological damage patterns: Shivita, the Negev Desert, Israel. Natural Hazards, 18, 193-226.

Marco, S. (2008): Recognition of earthquake-related damage in archaeological sites: Examples from the Dead Sea fault zone. Tectonophysics, 453, 148-156.

Ménanteau, L., Vanney, J.R. y Zazo, C. (1983): Belo *II:* Belo *et son environnement (Detroit de Gibraltar), Etude physique d'un site antique. Pub. Casa de Velázquez, Serie Archeologie 4., Ed. Broccard, París. 1983.*

Sillières, P. (1997): Baelo Claudia: Una ciudad romana de la Bética. Junta de Andalucía-Casa de Velázquez, Madrid.

Silva, P.G., Borja, F., Zazo, C., Goy, J.L., Bardají, T., De Luque, L., y Lario, J. (2005): Archaeoseismic record at the ancient roman city of Baelo Claudia *(Cádiz, South Spain). Tectonophysics, 408, 129-146.*

Silva, P.G., Reicherter, K., Lario, J., Grützner, C., Rodríguez-Pascua, M.A., Pérez-López, R., Giner-Robles, J.L.; Bardají, T.; Goy J.L., Zazo, C., García Jiménez, I. y Muñoz, A. (2009a): Archaeoseismology records at Baelo Claudia. *En: Paleoseismicity and Active Tectonics during the Quaternary in the Gibraltar Strait (Betic cordillera, South Spain), Field Trips Guide. 1st INQUA-IGCP 567 International Workshop on Earthquake Archaeology and Paleoseismology, vol 3. INQUA-AEQUA.*

Silva, P.G., Reicherter, K., Grützner, C., Bardají, T., Lario, J., Goy, J.L., Zazo, C. y Becker-Heidmann, P. (2009b): Surface and subsurface paleoseismic records at the ancient Roma city of Baelo Claudia *and the Bolonia Bay area, Cádiz (South Spain). En: Reicherter, K., Michetti, A.M. y Silva, P.G. (eds.). Historical and prehistorical records of earthquake ground effects for seismic hazards assessment. J. Geol. Soc. London, Spec. Publ., 316, 93-121.*

Silva, P.G., Giner-Robles, J. L., Rodríguez-Pascua, M.A., Reicherter, K., Grützner, C., Pérez-López, R., García-Jiménez., I. (2013): Paleosismología y arqueología de terremotos. Conjunto Arqueológico Romano de Baelo Claudia *(Tarifa, Cádiz). En: Recorridos cuaternarios: Terrazas del Guadalquivir en el sector Carmona-Sevilla y paleosismología de terremotos en* Baelo Claudia *(Tarifa, Cádiz). AEQUA, 18-29.*





LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	ARQ0260280.01.01 *01.01. Bolonia, Cádiz*	EVENTO	ARQ0260280 *BAELO CLAUDIA.* BOLONIA. CA	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Bolonia (Acueducto)	5°46'22,90"O	36°5'25,54"N	19 m	99 ha	≤ 20 km	SO-SSO	NO CATALOGADO

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera (vaguada)	Pendiente del terreno	Moderada (10-15 %)
Descripción Geológica	Ladera de pendiente moderada de una pequeña vaguada (Arroyo de La Chorrera), de dirección N-S, que recorre el exterior del recinto amurallado oriental de la antigua ciudad. La vaguada se desarrolla sobre los materiales arcillosos eocenos que constituyen el sustrato geológico de la zona. El efecto que se cataloga se desarrolla sobre la vertiente occidental de la vaguada adyacente a la Muralla de la ciudad afectando a un pequeño acueducto de 5 arcos, 32 m de longitud y unos 2,5 m de altura máxima.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Arcillas	Arcillas	Masivo	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Eoceno	Eoceno	Sin datos	0,09 - 0,14	Antiguo

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, mampostería	Acueducto	Única	Destructivo	Sin datos

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8

Descripción: El pequeño acueducto al este de la ciudad, situado fuera de las murallas cruza una pequeña vaguada orientada aproximadamente N-S. La parte oriental aparece colapsada hacia el oeste en el sentido de la pendiente, mientras que la occidental aparece combada, girada y fracturada formando siete fragmentos bien diferenciados, desplazados entre sí sobre la ladera oeste de la vaguada. Los arcos adyacentes a esta ladera muestran un desplazamiento rotacional según un eje horizontal que provocaron su destrucción y colapso. La deformación (con arrastre y fracturación de la obra) se registra en la prolongación del canal del acueducto sobre la ladera occidental de la vaguada adyacente a la muralla de la ciudad, encontrándose la obra se virada unos 30º hacia el SSO con un desplazamiento neto en torno a los 2 m. Hasta el año 2008 el acueducto se encontraba parcialmente enterrado por formaciones coluvionares post-romanas. Estos restos arqueológicos se excavaron y pusieron en valor para la realización del nuevo acceso al conjunto arqueológico. En la actualidad los bloques caídos de la arquería han sido restituidos a su posición original, pero respetando el carácter deformado de la obra.

Interpretación: Silva *et al.* (2009b) interpretan estos daños como resultado de una deformación asociada a un deslizamiento cosísmico que afecta a esa zona. Según estos autores las rotaciones de los arcos, la fracturación y arrastre de la obra son coherentes con una deformación lenta originada probablemente por una serie de pequeños desplazamientos del terreno paralelos entre sí y asociados al deslizamiento. No obstante, los desplazamientos ligeramente transversales a la ladera son coherentes con las orientaciones de daños (NE-SO) medidas en la ciudad, pero es indudable que en su destrucción contribuyó decisivamente un fallo del terreno en su cimentación occidental. El volumen de este deslizamiento puede estimarse en unos 2.000 m³ como mínimo. En cualquier caso, este deslizamiento ha de interpretarse dentro del conjunto de procesos de ladera que afectaron a todo el sector oriental de la antigua ciudad.

Cuantificación: La dimensión de este deslizamiento (c. 2.000 m³), los daños provocados y su proximidad a los deslizamientos que afectan al conjunto oriental de la ciudad (ver ARQ0260280.01.07), indican una intensidad mínima de VIII ESI.





Deformaciones en el acueducto de la zona este de la ciudad y características del sustrato arcilloso de su cimentación.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	C	*Efectos geológicos y/o ambientales, correspondientes a eventos históricos y/o prehistóricos, por lo general no catalogados en los catálogos convencionales, y de los que tan solo se dispone de información procedente de publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Giner-Robles, J.L. *et al.* (2009): Structural analysis of Earthquake Archaeological Effects (EAE): *Baelo Claudia* Examples (Cádiz, South Spain). 1st INQUA-IGCP 567 International Workshop on Earthquake Archaeology and Paleoseismology, vol 2, Publisher: AEQUA – IGME.

Silva, P.G. *et al.* (2009b): Surface and subsurface paleoseismic records at the ancient Roma city of *Baelo Claudia* and the Bolonia Bay area, Cádiz (South Spain). En: Reicherter, K., Michetti, A.M. y Silva, P.G. (eds.): Historical and prehistorical records of earthquake ground effects for seismic hazards assessment. J. Geol. Soc. London, Spec. Publ., 316, 93-121.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles (UAM); Pablo G. Silva (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	ARQ0260280.01.02 *01.02. Basílica romana, Bolonia (Cádiz)*	EVENTO	ARQ0260280 ***BAELO CLAUDIA.*** **BOLONIA. CA**	EFECTOS	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Caídas orientadas y fracturas penetrativas en muros

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Bolonia	5°46'29,65"O	36°5'22,41"N	10 m	99 ha	≤ 20 km	SO-SSO	NO CATALOGADO

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Terraza marina / Escombros	Pendiente del terreno	Llano (< 2%)
Descripción Geológica	Zona Litoral en la Ensenada de Bolonia a unos 200 m de la línea de costa. La zona analizada se desarrolla sobre niveles de relleno antrópicos de época romana (siglo I AD) sobre materiales marinos del Pleistoceno Superior (terrazas) y Holoceno (dunas). Todas estas formaciones se sitúan sobre potentes formaciones de arcillas eocenas de características expansivas. La zona que aquí se cataloga se desarrolla sobre una plataforma marina del Pleistoceno Superior (+ 5 m) explanada artificialmente con niveles de escombros para la construcción del sector monumental de la ciudad a finales del siglo I AD (Silva *et al.*, 2005).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Arcillas	Derrubios y Escombros	Masivo	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Eoceno	Holoceno (Romano)	Siglo I AD (Arqueológica)	0,09 - 0,14	Antiguo

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, mampostería, ladrillo	Muros, pavimentos, enlosados y columnas	Múltiples	Destructivo	Sin datos

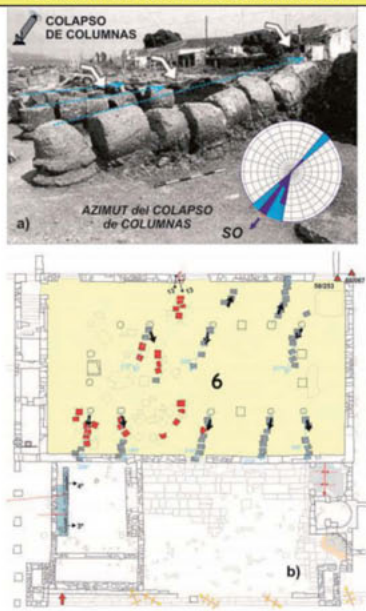
EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	CAÍDA ORIENTADA DE COLUMNAS: EAE/8

Descripción: La Basílica de la ciudad data de la segunda fase de construcción (50 AD), fechado a partir de la base de un monumento anterior bajo la Basílica (Bendala *et al.* 2010), fase de la que data toda la zona monumental de la ciudad. La Basílica, situada inmediatamente al sur del Foro, se cimenta parcialmente sobre estructuras urbanas previas arrasadas, niveladas y cubiertas por el nivel de demolición del siglo I AD para la construcción del sector monumental de la ciudad. En la excavación realizada por la Casa de Velázquez en la ciudad romana de *Baelo Claudia* (Sillières, 1997), las columnas de la Basílica aparecían colapsadas con un acimut subparalelo según SO, con los tambores de las columnas apilados con un estilo de fichas de dominó (estilo descrito en diferentes yacimientos arqueológicos como resultado de un evento sísmico), sin que aparecieran restos de escombros ni de cascotes entre los tambores de la columna y el pavimento de la Basílica (Sillières, 1997). También aparecen otros tipos de daños en las inmediaciones, como estructura de colapso de dovelas en una ventana adintelada de una de las estancias adjuntas a la Basílica, pliegues en las escaleras que descienden hacia el *Decumanus Maximus*, fracturas en las esquinas de los bloques de la zona noroeste de la estructura principal, o fracturas penetrativas en los muros de sillería de una de las estancias que se encuentran al sur de la Basílica.

Interpretación: Todas las estructuras inventariadas en la Basílica indican un proceso de deformación común al conjunto de la estructura. Las principales estructuras de deformación inventariada en este edificio son las caídas orientadas. Antes de su restauración, las columnas, en su conjunto, estaban mayoritariamente colapsadas con acimuts subparalelos según 215º (Silva *et al.*, 2005; Giner *et al.*, 2013), orientaciones coherentes con el resto de las direcciones de daños obtenidas para el conjunto del yacimiento que presentan una dirección NE-SO con acimuts según 220º (Giner *et al.*, 2009). Por otro lado, la inexistencia de escombros ni de cascotes entre los tambores de las columnas y el pavimento de la Basílica nos indica que el colapso se produjo de forma brusca y sin que hubiera signos de deterioro anteriores al evento que produjo los daños (Silva *et al.*, 2005). El resto de los efectos analizados en este edificio muestra también orientaciones subparalelas a las obtenidas del análisis de las columnas.

Cuantificación: Las caídas orientadas de columnas se documentan a partir de grado VII MSK, las grietas penetrativas en los muros de sillería están asociadas a intensidades mínimas de VIII MSK (Korjenkov y Mazor, 1999; Hinzen, 2005). Por los datos obtenidos en este punto, podemos asignar una intensidad mínima de VIII EMS.



Caída orientada de las columnas de la basílica. a) Imagen original de la excavación por la Casa de Velázquez (Sillières, 1997). b) Localización de los diferentes EAEs localizados en la zona (modificado de Giner et al., 2013)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VIII	Calidad de los datos (Qg)	G	*Efectos geológicos y/o ambientales, correspondientes a eventos históricos y/o prehistóricos, por lo general no catalogados en los catálogos convencionales, y de los que tan solo se dispone de información procedente de publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Bendala, M. *et al.* (2010): La datación de los monumentos de *Baelo Claudia*. El problema de las discordancias entre la estratigrafía y los elementos decorativos. Deuxièmes Journées internationales de *Baelo Claudia*. Nouvelles recherches. Cádiz, Abril, 2010.
Giner-Robles, J.L. *et al.* (2009): Structural analysis of Earthquake Archaeological Effects (EAE): *Baelo Claudia* Examples (Cádiz, South Spain). 1st INQUA-IGCP 567 International Workshop on Earthquake Archaeology and Paleoseismology, vol 2, Publisher: AEQUA – IGME.
Sillières, P. (1997): *Baelo Claudia*: Una ciudad romana de la Bética. Junta de Andalucía-Casa de Velázquez, Madrid.
Silva, P.G. *et al.* (2005): Archaeoseismic record at the ancient roman city of *Baelo Claudia* (Cádiz, South Spain). Tectonophysics, 408, 129-146.
Silva, P.G. *et al.* (2013): Paleosismología y arqueología de terremotos. Conjunto Arqueológico Romano de *Baelo Claudia* (Tarifa, Cádiz). En: Recorridos cuaternarios: Terrazas del Guadalquivir y paleosismología de terremotos en *Baelo Claudia* (Tarifa, Cádiz). AEQUA, 18-29.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles (UAM); Pablo G. Silva, Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	ARQ0260280.01.03 *01.03. Bastión muralla este, Bolonia (Cádiz)*	EVENTO	ARQ0260280 ***BAELO CLAUDIA.*** **BOLONIA. CA**	EFECTO	**EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Muros basculados y fracturas penetrativas**

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Bolonia	5°46'26,43"O	36°5'31,68"N	35 m	99 ha	≤ 20 km	SO-SSO	**NO CATALOGADO**

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Plataforma marina	Pendiente del terreno	Muy Suave (2-5%)

Descripción Geológica	Zona Litoral en la Ensenada de Bolonia a unos 200 m de la línea de costa. La zona analizada se desarrolla sobre niveles de relleno antrópicos de época romana (siglo I AD) sobre materiales marinos del Pleistoceno Superior (terrazas) y Holoceno (dunas). Todas estas formaciones se sitúan sobre potentes formaciones de arcillas eocenas de características expansivas. La zona que aquí se cataloga se desarrolla sobre una plataforma marina (+20 – 22 m) parcialmente cubierta por depósitos aluviales que conforma la parte alta de la ciudad, pero la muralla se cimenta sobre los materiales arcillosos del sustrato geológico (Silva *et al.*, 2005; 2009).

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Arcillas	Arcillas	Masivo	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Eoceno	Eoceno	Sin datos	0,09 - 0,14	Antiguo

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, mampostería	Muralla y torreones	Muchas	Destructivo	Sin datos

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	MUROS BASCULADOS: EAE/8

Descripción: La Muralla de *Baelo Claudia* posee dos fases distintas de construcción, la primera de la época de Augusto (siglo I AC) con grandes sillares calizos en seco y la segunda, que data de mediados del siglo I AD, adosada a la anterior y construida con *opus caementicium* (Sillières, 1997). La primera muralla de grandes sillares fue destruida casi en sus tres cuartas partes como consecuencia del evento del siglo I AD (ver ARQ040060) y luego fue reparada y ampliada en muchos puntos reforzando los tramos menos afectados, pero en la mayoría de su perímetro fue reconstruida en su totalidad. En cualquier caso, los tramos conservados de la primera muralla, en el norte y algunos lienzos de su perímetro este, se encuentran fuertemente basculados (25º) hacia el OSO (Silva *et al.*, 2009) y rectificados por la segunda muralla de *opus caementicium*, que sin duda se construyó para sostenerlos (Sillières, 1997). No obstante, esta segunda "muralla compuesta" se encuentra deformada y basculada significativamente en toda su extensión y fundamentalmente en su perímetro oriental, que es el mejor conservado. Su segmento más representativo es el denominado Bastión Norte que aquí se cataloga como representativo de las deformaciones relacionadas con el evento del 260-280 AD en esta construcción. Se trata de un segmento de unos 60 m de longitud que acaba en el Bastión Norte, el cual constituye uno de los torreones mejor conservados de la misma. Silva *et al.* (2009b) describen basculamientos de entre 25º (primera muralla) y 10-15º (segunda muralla), así como numerosas fracturas penetrativas con desplazamientos de hasta 20 cm atravesándola en su totalidad y pequeñas rotaciones y basculamientos de segmentos de muralla de varios metros de longitud.

Interpretación: Los segmentos conservados de la primera muralla, junto con los de la segunda, presentan numerosas deformaciones y fracturas penetrativas. Se interpreta que todo el conjunto de deformaciones y basculamientos hacia el Oeste y OSO registradas en el lienzo oriental de la muralla y en su bastión Norte fueron generados por este segundo evento. No obstante, el basculamiento pronunciado de 25º OSO del Bastión Norte es la suma de los dos eventos mencionados. Los basculamientos de segmentos en *opus caementicium* son inferiores a los 15º, y son los que se pueden atribuir al segundo evento que aquí se cataloga.

Cuantificación: Dadas las deformaciones presentes en el Bastión y en las zonas de la muralla adyacentes en su perímetro oriental podemos establecer una intensidad mínima de VIII.



Restos del bastión de la muralla este de la ciudad que aparece basculado hacia el oeste 25º.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VIII	Calidad de los datos (Qg)	G	*Efectos geológicos y/o ambientales, correspondientes a eventos históricos y/o prehistóricos, por lo general no catalogados en los catálogos convencionales, y de los que tan solo se dispone de información procedente de publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Sillières, P. (1997): *Baelo Claudia*: Una ciudad romana de la Bética. Junta de Andalucía-Casa de Velázquez, Madrid.

Silva, P.G. *et al.* (2005): Archaeoseismic record at the ancient roman city of *Baelo Claudia* (Cádiz, South Spain). Tectonophysics, 408, 129-146.

Silva, P.G. *et al.* (2009): Surface and subsurface paleoseismic records at the ancient Roma city of *Baelo Claudia* and the Bolonia Bay area, Cádiz (South Spain). En: Reicherter, K., Michetti, A.M. y Silva, P.G. (eds.): Historical and prehistorical records of earthquake ground effects for seismic hazards assessment. J. Geol. Soc. London, Spec. Publ., 316, 93-121.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles (UAM); Pablo G. Silva (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	ARQ0260280.01.04 *01.04. Cisterna, Bolonia (Cádiz)*	EVENTO	ARQ0260280 *BAELO CLAUDIA.* BOLONIA. CA		EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Contrafuertes girados y desplazados

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN (INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS)
01 / Bolonia	5°46'29,70"O	36°5'30,82"N	32 m	99 ha	≤ 20 km	SO-SSO	NO CATALOGADO

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Plataforma marina	Pendiente del terreno	Muy Suave (2-5%)

Descripción Geológica: Zona Litoral en la Ensenada de Bolonia a unos 200 m de la línea de costa. La zona analizada se desarrolla sobre niveles de relleno antrópicos de época romana (siglo I AD) sobre materiales marinos del Pleistoceno Superior (terrazas) y Holoceno (dunas). Todas estas formaciones se sitúan sobre potentes formaciones de arcillas eocenas de características expansivas. La zona que aquí se cataloga se desarrolla sobre una plataforma marina (+20 – 22 m) parcialmente cubierta por depósitos aluviales que conforma la parte alta de la ciudad (Silva *et al.*, 2005). La cisterna se encuentra excavada y cimentada sobre los materiales arcillosos del sustrato geológico.

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Arcillas	Arcillas	Masivo	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Eoceno	Eoceno	Sin datos	0,09 - 0,14	Antiguo

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, mampostería y ladrillo	Cisterna y contrafuertes	Única	Destructivo	Sin datos

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	CONTRAFUERTES GIRADOS Y DESPLAZADOS: EAE/8

Descripción: En la parte alta de la ciudad por encima de la zona del teatro se encuentra la única cisterna que ha sido localizada y excavada en esta ciudad romana. Se trata de una cisterna de agua que formaba parte del sistema de abastecimiento de la ciudad y se abastecía del acueducto que entraba por la zona norte. Se trata de una estructura alargada con planta rectangular de 30 m de longitud, 7 m de anchura y algo más de 2,5 m de profundidad probablemente del siglo I AD (Sillères, 1997). Solo se conserva la parte excavada en el sustrato arcilloso dedicada a contener el agua y las cimentaciones y contrafuertes de la bóveda subaérea de la misma, que se encontraba totalmente colapsada (Sillères, 1997) rellenando casi en su totalidad su compartimento subterráneo con sus escombros (ladrillos, tejas y mampuestos). Se observan desplazamientos y rotaciones NNE-SSO en los contrafuertes que soportaban la antigua estructura subaérea de la obra, especialmente en los muros occidentales de la misma. En la actualidad, la cisterna subterránea ha sido rellenada y enrasada con el terreno circundante para evitar su deterioro y el acceso turístico a la misma.

Interpretación: La mayor parte de la estructura de los contrafuertes, actualmente preservados, se encontraba por debajo del nivel del suelo (cimentaciones). Las deformaciones que se aprecian en estas estructuras, se caracterizan por fuertes rotaciones (máximo 15º), desplazamientos de algunas decenas de centímetros y fracturaciones importantes, que indicarían el desplazamiento diferencial de la cisterna con respecto a los contrafuertes de la estructura induciendo el completo colapso de la parte subaérea de la misma (Giner Robles *et al.*, 2011; Silva *et al.*, 2013). Los datos arqueológicos procedentes de su excavación indican que la estructura sería solo parcialmente funcional en el momento de su colapso, o habría sido reutilizada para otros fines. La cisterna se encontraba rellena en sus dos terceras partes por arenas y arcillas de decantación (semicolmatada), que se habían cubierto con un enlosado de mampostería sobre el que reposaban los escombros de la estructura de su bóveda. No se tienen elementos arqueológicos claros para la datación de su construcción, probablemente de época augústea (Sillères, 1997), ni de su destrucción.

Cuantificación: Este tipo de efectos están documentados a partir de intensidad VIII EMS, induciendo además el colapso total de la estructura subaérea de la cisterna.



Vista de la cisterna, con los contrafuertes girados (arriba) y de los rellenos de la parte subterránea (abajo).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VIII	Calidad de los datos (Qg)	G	*Efectos geológicos y/o ambientales, correspondientes a eventos históricos y/o prehistóricos, por lo general no catalogados en los catálogos convencionales, y de los que tan solo se dispone de información procedente de publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Giner-Robles, J.L. *et al.* (2011): Evaluación del daño sísmico en edificios históricos y yacimientos arqueológicos. Aplicación al estudio de la peligrosidad sísmica: Proyecto EDASI. Fundación MAPFRE.110 pp.
Sillières, P. (1997): *Baelo Claudia*: Una ciudad romana de la Bética. Junta de Andalucía-Casa de Velázquez, Madrid.
Silva, P.G. *et al.* (2005): Archaeoseismic record at the ancient roman city of *Baelo Claudia* (Cádiz, South Spain). Tectonophysics, 408, 129-146.
Silva, P.G. *et al.* (2013): Paleosismología y arqueología de terremotos. Conjunto Arqueológico Romano de *Baelo Claudia* (Tarifa, Cádiz). En: Recorridos cuaternarios: Terrazas del Guadalquivir y paleosismología de terremotos en *Baelo Claudia* (Tarifa, Cádiz). AEQUA, 18-29.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles (UAM); Pablo G. Silva, Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	ARQ0260280.01.05 *01.05.* Decumanus *Este, Bolonia (Cádiz)*	EVENTO	ARQ0260280 *BAELO CLAUDIA.* BOLONIA. CA	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Pliegues en enlosados irregulares

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Bolonia	5°46'30,16"O	36°5'21,50"N	5 m	99 ha	≤ 20 km	SO-SSO	NO CATALOGADO

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Terraza marina / dunas	Pendiente del terreno	Llano (< 2%)
Descripción Geológica	Zona Litoral en la Ensenada de Bolonia a unos 200 m de la línea de costa. La zona analizada se desarrolla sobre niveles de relleno antrópicos de época romana (siglo I AD) sobre materiales marinos del Pleistoceno Superior (terrazas) y Holoceno (dunas). Todas estas formaciones se sitúan sobre potentes formaciones de arcillas eocenas de características expansivas. La zona que aquí se cataloga se desarrolla sobre una plataforma marina del Pleistoceno Superior (+ 5 m), ya en el límite con los sistemas de dunas holocenas, explanada artificialmente con niveles de escombros para la construcción del sector monumental de la ciudad (Silva *et al.*, 2005).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Arcillas	Arenas, Derrubios y Escombros	Masivo	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Eoceno	Holoceno (Romano)	Siglo I AD (Arqueológica)	0,09 - 0,14	Antiguo

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, mampostería, ladrillo	Enlosados, pavimentos, muros y columnas	Múltiples	Destructivo	Sin datos

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	PLIEGUES EN ENLOSADOS IRREGULARES: EAE/8

Descripción: Al sur de la Basílica se encuentra la calle principal de este asentamiento: el *Decumanus Maximus*, orientada aproximadamente E-O. Esta vía de la ciudad esta pavimentada con grandes losas irregulares. Estas losas permiten reconocer una gran cantidad de deformaciones. En la zona más oriental de esta vía encontramos numerosas estructuras de plegamiento (sinclinales y anticlinales), impactos entre losas y marcas de impacto por caídas de bloques. También se observan numerosos impactos de caídas de bloques en la zona frente al mercado, relacionadas con el colapso hacia el SO de la fachada de este edificio. Aunque las deformaciones más representativas son los pliegues que afectan a las losas del pavimento, muy similares a los que se desarrollan en el pavimento enlosado del Foro (ver ARQ0260280.01.08). También son observables estos plegamientos en los escalones de las escaleras de acceso a la plaza de la Basílica. En las excavaciones realizadas en los últimos años en la zona oriental del *Decumanus*, próxima a la Puerta de *Carteia*, se ha encontrado niveles de colapso de las edificaciones sobre la vía (tejas, ladrillos, mampuestos y multitud de anzuelos), que fueron limpiados únicamente en las entradas para permitir el acceso a los edificios afectados, y que en principio se pueden relacionar con las labores de recuperación de enseres inmediatamente posteriores a este terremoto (Silva *et al.*, 2013).

Interpretación: Las deformaciones más representativas de esta parte del *Decumanus son* los pliegues que afectan al enlosado irregular que conforma el pavimento de esta vía. Los pliegues presentan una dirección bastante homogénea según N135ºE, lo que indicaría una dirección de acortamiento según NE-SO (Silva *et al.*, 2005), orientación subparalela al acimut de la deformación deducida del análisis de otro efecto arqueosismológico asociado a eventos sísmicos, como son de los impactos entre las losas del *Decumanus*, (Giner *et al.*, 2011). Al igual que en el mercado (ver ARQ0260280.01.09) es posible observar estructuras plegadas y subsidencias condicionadas por la presencia de estructuras subterráneas, que en este caso es evidente en tres zonas del *Decumanus*, bajo las cuales existen drenajes de la ciudad hacia la costa (Giner *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2013). Estas estructuras condicionan la orientación de los pliegues que se desarrollan alrededor de los drenajes, induciendo cierta dispersión en los resultados del análisis de las orientaciones de los pavimentos plegados.

Cuantificación: Este tipo de estructuras se documentan a partir de grado VIII EMS. La escala ESI-07 considera la aparición de fracturas y pliegues (ondulaciones de presión) en zonas asfaltadas, pavimentadas o enlosadas a partir de grado de grado VIII ESI-07. Pero, dado su frecuencia y nivel de destrucción asociado puede asignarse a esta parte baja de la ciudad una intensidad IX.



Estructuras de deformación en el enlosado del Decumanus. *Escaleras de acceso a la Basílica plegadas.*

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VIII	Calidad de los datos (Qg)	G	*Efectos geológicos y/o ambientales, correspondientes a eventos históricos y/o prehistóricos, por lo general no catalogados en los catálogos convencionales, y de los que tan solo se dispone de información procedente de publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Giner-Robles, J.L. *et al.* (2009): Structural analysis of Earthquake Archaeological Effects (EAE): *Baelo Claudia* Examples (Cádiz, South Spain). 1st INQUA-IGCP 567 International Workshop on Earthquake Archaeology and Paleoseismology, vol 2, Publisher: AEQUA – IGME.

Giner-Robles, J.L. *et al.* (2011): Evaluación del daño sísmico en edificios históricos y yacimientos arqueológicos. Aplicación al estudio de la peligrosidad sísmica: Proyecto EDASI. Fundación MAPFRE.110 pp.

Giner-Robles, J.L. *et al.* (2013): Mapa de efectos arqueológicos (EAE) en la ciudad romana de *Baelo Claudia* (Cádiz, España). En: Recorridos cuaternarios: Terrazas del Guadalquivir y paleosismología de terremotos en *Baelo Claudia* (Tarifa, Cádiz). AEQUA, 18-29.

Silva, P.G. *et al.* (2005): Archaeoseismic record at the ancient roman city of *Baelo Claudia* (Cádiz, South Spain). Tectonophysics, 408, 129-146.

Silva, P.G. *et al.* (2013): Paleosismología y arqueología de terremotos. Conjunto Arqueológico Romano de *Baelo Claudia* (Tarifa, Cádiz). En: Recorridos cuaternarios: Terrazas del Guadalquivir y paleosismología de terremotos en *Baelo Claudia* (Tarifa, Cádiz). AEQUA, 18-29.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles (UAM); Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	ARQ0260280.01.06 *01.06. Decumanus Oeste, Bolonia (Cádiz)*	EVENTO	ARQ0260280 *BAELO CLAUDIA.* BOLONIA. CA	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Caida Orientada

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Bolonia	5°46'32,33"O	36°5'22,09"N	7 m	99 ha	≤ 20 km	SO-SSO	NO CATALOGADO

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Terraza marina / dunas	Pendiente del terreno	Muy Suave (2 - 5%)
Descripción Geológica	Zona Litoral en la Ensenada de Bolonia a unos 200 m de la línea de costa. La zona analizada se desarrolla sobre niveles de relleno antrópicos de época romana (siglo I AD) sobre materiales marinos del Pleistoceno Superior (terrazas) y Holoceno (dunas). Todas estas formaciones se sitúan sobre potentes formaciones de arcillas eocenas de características expansivas. La zona que aquí se cataloga se desarrolla sobre una plataforma marina del Pleistoceno Superior (+ 5 m), ya en el límite con los sistemas de dunas holocenas, explanada artificialmente con niveles de escombros para la construcción del sector monumental de la ciudad en el siglo I AD (Silva *et al.*, 2005).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Arcillas	Arenas, Derrubios y Escombros	Masivo	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Eoceno	Holoceno (Romano)	Siglo I AD (Arqueológica)	0,09 - 0,14	Antiguo

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, mampostería, ladrillo	Enlosados, pavimentos, muros y columnas	Múltiples	Destructivo	Sin datos

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	PLIEGUES EN ENLOSADOS IRREGULARES: EAE/8

Descripción: Al sur de la ciudad se encuentra la calle principal de este asentamiento: el *Decumanus Maximus*, orientada aproximadamente E-O. Esta vía de la ciudad esta pavimentada con grandes losas irregulares. Estas losas permiten reconocer una gran cantidad de deformaciones. En la zona oeste de esta calle se pueden encontrar estructuras de plegamiento (sinclinales y anticlinales) e impactos entre losas, aunque de estos últimos se observan muy pocos efectos en esta zona, a diferencia de la zona oriental en la que son muy numerosos (ver ARQ0260280.01.05), sobre todo en las cercanías del *Macellum*. Las deformaciones más representativas son los pliegues que afectan a las losas, muy similares a los que se desarrollan en la el pavimento enlosado del Foro. Los pliegues están extendidos a lo largo del *Decumanus*, y la mayoría de ellos presentan orientaciones similares a las definidas en el mercado y en la plaza del Foro. Asociadas a estos plegamientos aparecen zonas que con subsidencias muy marcadas hacia el SSO. Estas deformaciones no están limitadas al pavimento sino que también se pueden observar en las estructuras que limitan con el *Decumanus*, como pueden ser los restos de la puerta oeste de la ciudad (Puerta de *Gades*) donde se observan fracturas penetrativas en los sillares inferiores. Al contrario de lo que ocurre en la parte oriental del *Decumanus*, esta zona occidental presenta una suave pendiente hacia el Oeste, que se resuelve mediante una serie de pequeños escalonamientos (20 – 30 cm) en esa dirección, descendiendo aproximadamente unos 1,50 m.

Interpretación: Las orientaciones principales de los ejes de los pliegues son similares a las observadas en la zona este del *Decumanus, según* N135ºE, lo que indicaría una dirección de acortamiento según NE-SO en toda esta vía (Silva *et al.*, 2005). La dispersión de los resultados del análisis de las orientaciones de los pliegues en estos enlosados está inducida por la presencia de estructuras subterráneas; en esta área del *Decumanus* hay un canal de drenaje subterráneo hacia la costa que condiciona la orientación de los pliegues que se desarrollan a su alrededor, al igual que ocurre en el *Macellum* (ver ARQ0260280.01.09) y en la zona más oriental de esta calle (ver ARQ0260280.01.05). El proceso de escalonamiento hacia el Oeste (que no existiría originalmente) puede interpretarse como un proceso de subsidencia diferencial, quizá relacionado con la existencia de agrietamientos del terreno de dirección N-S a NNE-SSW, aunque este último punto no se ha podido comprobar.

Cuantificación: Este tipo de estructuras se documentan a partir de grado VIII EMS. La escala ESI-07 considera la aparición de fracturas y pliegues (ondulaciones de presión) en zonas asfaltadas, pavimentadas o enlosadas a partir de grado de grado VIII ESI-07. Pero, dado su frecuencia y nivel de destrucción asociado puede asignarse a esta parte baja de la ciudad una intensidad IX.



Pliegues y subsidencia en la zona oeste del Decumanus, *y fracturas penetrativas en la puerta de* Gades.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VIII	Calidad de los datos (Qg)	G	*Efectos geológicos y/o ambientales, correspondientes a eventos históricos y/o prehistóricos, por lo general no catalogados en los catálogos convencionales, y de los que tan solo se dispone de información procedente de publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Giner-Robles, J.L. *et al.* (2013): Mapa de efectos arqueológicos (EAE) en la ciudad romana de *Baelo Claudia* (Cádiz, España). En: Recorridos cuaternarios: Terrazas del Guadalquivir y paleosismología de terremotos en *Baelo Claudia* (Tarifa, Cádiz). AEQUA, 18-29.
Giner-Robles, J.L. *et al.* (2009): Structural analysis of Earthquake Archaeological Effects (EAE): *Baelo Claudia* Examples (Cádiz, South Spain). 1st INQUA-IGCP 567 International Workshop on Earthquake Archaeology and Paleoseismology, vol 2, Publisher: AEQUA – IGME.
Silva, P.G. *et al.* (2005): Archaeoseismic record at the ancient roman city of *Baelo Claudia* (Cádiz, South Spain). Tectonophysics, 408, 129-146.
Silva, P.G. *et al.* (2013): Paleosismología y arqueología de terremotos. Conjunto Arqueológico Romano de *Baelo Claudia* (Tarifa, Cádiz). En: Recorridos cuaternarios: Terrazas del Guadalquivir y paleosismología de terremotos en *Baelo Claudia* (Tarifa, Cádiz). AEQUA, 18-29.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles (UAM); Pablo G. Silva (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	ARQ0260280.01.07 *01.07. Bolonia, Cádiz*	EVENTO	ARQ0260280 *BAELO CLAUDIA.* BOLONIA. CA	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8 	
Código / Localidad	**Longitud**	**Latitud**	**Altitud**	**Área localidad**	**Distancia epicentral**	**Orientación epicentro**	**Datos Macrosísmicos IGN** INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Bolonia	5°46'25,44"O	36°5'24,99"N	16 m	99 ha	≤ 20 km	SO-SSO	**NO CATALOGADO**

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Paleoacantilado	**Pendiente del terreno**	Suave (5 -10%)
Descripción Geológica	Zona Litoral en la Ensenada de Bolonia a unos 200 m de la línea de costa. La zona analizada se desarrolla sobre niveles de relleno antrópicos de época romana (siglo I AD) sobre materiales marinos del Pleistoceno Superior (terrazas) y Holoceno (dunas). Todas estas formaciones se sitúan sobre potentes formaciones de arcillas eocenas de características expansivas. La zona que aquí se cataloga se desarrolla al pie de un pequeño paleoacantilado del Pleistoceno Superior aterrazado artificialmente con niveles de escombros para la construcción del sector monumental de la ciudad a finales del siglo I AD (Silva *et al.*, 2005).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	**Litología materiales afectados**	**Estructura interna**	**Grado Consolidación**	**Terreno NCSE02 (C)**
Sedimentario: Arcillas	Derrubios y Escombros	Masivo	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Eoceno	Holoceno (Romano)	Siglo I AD (Arqueológica)	0,09 - 0,14	Antiguo

DAÑOS

Tipo de Construcción	**Tipo de Estructura**	**Cantidad**	**Nivel de daño**	**INT. LOCAL EMS/ MSK**
Sillería, mampostería, ladrillo	Muros, pavimentos, enlosados y templos	Múltiples	Destructivo	Sin datos

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	**Efecto Secundario**	**Tipo de Efecto ESI-07**	**MOVIMIENTOS DE LADERA SM/8**

Descripción: Deslizamiento cosísmico de aproximadamente 1.000 m² de extensión (Silva *et al.*, 2009b) que afecta a un aterrazamiento artificial en la zona NE del Foro. Según estos autores, muchas de las deformaciones observadas en el Templo de Isis (ARQ0260280.01.13) y en la zona del Foro (ARQ0260280.01.08), se producen como consecuencia de este deslizamiento. Las primeras estimaciones realizadas por estos autores calculan un volumen entre 600 y 1.000 m³ para la zona del Foro y Templo de Isis en base a datos GPR de estas zonas. Posteriormente, prospecciones de tomografía eléctrica (ERT) realizadas en las parcelas contiguas sin excavar en la zona este de la ciudad, hasta aproximadamente su muralla oriental, indican que el deslizamiento abarca todo este área de la ciudad (Giner *et al.*, 2013), pudiéndose evaluar un volumen mínimo de 10.000 m³. El deslizamiento afecta al Templo de Isis, produciendo diversos procesos de basculamiento a contrapendiente; al sector oriental de las tiendas del Foro, produciendo plegamientos (E-O) en las estructuras murarias; y al conjunto del enlosado de la plaza principal del Foro, amplificando las estructuras pop-up que se registran en su enlosado regular.

Interpretación: Los datos aportados por los trabajos de prospección geofísica en la zona del Foro (GPR) y en las parcelas aledañas sin excavar (ERT) identifican que el deslizamiento alcanza algo más de 5 m de profundidad, afectando al sustrato arcilloso y al nivel de demolición sobre el que se construyó el sector monumental de la ciudad a finales del siglo I AD, afectando a todo el sector oriental de la ciudad. Se estima un volumen mínimo de material movilizado de alrededor de los 10.000 m³. La zona de los templos y del Foro fueron aterrazadas artificialmente a finales del siglo I AD, aprovechando y ampliando un pequeño paleoacantilado existente en la zona inmediatamente al Norte de los templos, donde se sitúa la cabecera del deslizamiento (Silva *et al.*, 2005; 2009b). Por lo tanto, según estos autores se trata de un proceso de deslizamiento sobre un talud artificial (o al menos artificialmente ampliado) y rellenos poco compactados de escasa calidad geotécnica. El deslizamiento al menos se extendió hasta el límite meridional del Foro adyacente a la Basílica, donde procesos de flujo o licuefacción en el pie del deslizamiento pudieron también participar en las importantes deformaciones que se observan en este lugar (Silva *et al.*, 2005). Catas arqueológicas realizadas en el extremo SE del Foro identifican estructuras de deformación sinsedimentarias (pseudo-convolutas) que son interpretadas como procesos de solifluxión por Menanteau *et al.* (1983), acorde a las características vérticas - expansivas y pobres propiedades geotécnicas del nivel de demolición y el sustrato arcilloso eoceno de la zona.

Cuantificación: El cálculo de la aceleración del terreno según la NCSE-02 resulta en valores máximos de 0,24 – 0,26 g, que indicarían una sacudida ≥ VII EMS (Silva *et al.*, 2009b). No obstante, dado el volumen de materiales afectados (c. 10.000 m³) y los daños asociados la intensidad ESI-07 mínima que podemos asignar a este efecto es de grado VIII.



Localización de la superficie afectada por el deslizamiento en la zona del antiguo Foro romano según Silva et al. (2005) (Modificado de Giner et al., 2013).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	**VIII**	**Calidad de los datos (Qg)**	**G**	*Efectos geológicos y/o ambientales, correspondientes a eventos históricos y/o prehistóricos, por lo general no catalogados en los catálogos convencionales, y de los que tan solo se dispone de información procedente de publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Giner-Robles, J.L. *et al.* (2013): Mapa de efectos arqueológicos (EAE) en la ciudad romana de *Baelo Claudia* (Cádiz, España). En: Recorridos cuaternarios: Terrazas del Guadalquivir y paleosismología de terremotos en *Baelo Claudia* (Tarifa, Cádiz). AEQUA, 18-29.

Menanteau, L., Vanney, J.R. y Zazo, C. (1983): Belo II: Belo et son environnement (Detroit de Gibraltar), Etude physique d'un site antique. Pub. Casa de Velazquez, Serie Archeologie 4., Ed. Broccard, París. 1983.

Silva, P.G. *et al.* (2009): Surface and subsurface paleoseismic records at the ancient Roma city of *Baelo Claudia* and the Bolonia Bay area, Cádiz (South Spain). En: Reicherter, K., Michetti, A.M. y Silva, P.G. (eds.): Historical and prehistorical records of earthquake ground effects for seismic hazards assessment. J. Geol. Soc. London, Spec. Publ., 316, 93-121.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles (UAM); Pablo G. Silva (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	ARQ0260280.01.08 *01.08. Foro, Bolonia (Cádiz)*	EVENTO	ARQ0260280 *BAELO CLAUDIA.* BOLONIA. CA	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Pliegues y pop-ups en enlosados

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Bolonia	5°46'29,44"O	36°5'23,55"N	10 m	99 ha	≤ 20 km	SO-SSO	NO CATALOGADO

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Terraza marina / Escombros	Pendiente del terreno	Llano (< 2%)
Descripción Geológica	Zona Litoral en la Ensenada de Bolonia a unos 200 m de la línea de costa. La zona analizada se desarrolla sobre niveles de relleno antrópicos de época romana (siglo I AD) sobre materiales marinos del Pleistocenos Superior (terrazas) y Holoceno (dunas). Todas estas formaciones se sitúan sobre potentes formaciones de arcillas eocenas de características expansivas. La zona que aquí se cataloga se desarrolla sobre una plataforma marina del Pleistoceno Superior (+ 5 m) explanada artificialmente con niveles de escombros para la construcción del sector monumental de la ciudad a finales del siglo I AD (Silva *et al.*, 2005).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Arcillas	Derrubios y Escombros	Masivo	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Eoceno	Holoceno (Romano)	Siglo I AD (Arqueológica)	0,09 - 0,14	Antiguo

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, mampostería, ladrillo	Enlosados, Pavimentos y Muros	Múltiples	Destructivo	Sin datos

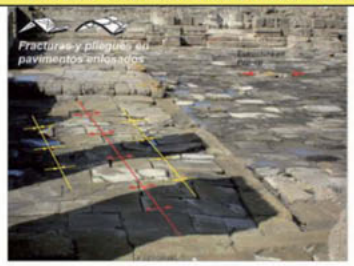
EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	PLIEGUES Y POP-UPs EN ENLOSADOS: EAE/8

Descripción: El área monumental de la ciudad, incluyendo la zona del Foro fue reconstruida a finales del Siglo Primero y comienzos del II AD en la etapa de mayor extensión y prosperidad de la ciudad, con posterioridad a la ocurrencia del terremoto de 40-60 AD (ver evento ARQ004060, en este catálogo) (Sillères, 1997; Silva *et al.*, 2005). El pavimento enlosado de la plaza del Foro está afectado por numerosas estructuras de deformación, fundamentalmente: plegamientos (anticlinales y sinclinales), estructuras en pop-up e impactos de caída de bloques. Los pliegues son las estructuras más desarrolladas en esta zona, y sus ejes presentan una orientación media según ONO-ESE, y si bien esta orientación está condicionada por la geometría regular del enlosado que conforma el pavimento de la plaza (Silva *et al.*, 2009), No obstante, la dirección de máxima deformación deducida es coherente con las deducidas en otras zonas del yacimiento (Silva *et al.*, 2013). Otra de las estructuras visibles en el enlosado de la plaza son las estructuras en pop-up. Estas estructuras se producen como consecuencia de la rigidez de las losas del pavimento del enlosado frente a la deformación producida por el terremoto. En principio se forman los pliegues, pero cuando la deformación aumenta, la falta de espacio y la rigidez de las losas producen la imbricación de las losas formando este tipo de estructuras. Este tipo de estructuras, al presentar mayor grado de libertad de movimientos permite establecer con mayor exactitud la dirección de máxima deformación, en este caso según NE-SO. Otro de los tipos de estructuras presentes en el Foro son las marcas de impacto por caídas de bloques. Estas estructuras permiten establecer las orientaciones preferentes de colapso de las fachadas de las edificaciones.

Interpretación: Todas las deformaciones presentes en la zona del Foro de la ciudad permiten establecer una dirección de máxima deformación común según NNE-SSO (Giner *et al.*, 2009), lo que indicaría el origen común por efecto del terremoto de las deformaciones observadas (Giner *et al.*, 2009, Giner *et al.*, 2011). Silva *et al.* (2009) relacionan gran parte de las deformaciones presentes en el Foro con la reactivación del deslizamiento cosísmico que afecta a la parte NE de la zona excavada del yacimiento durante el sismo del siglo III AD (ver ARQ0260280.01.07). No obstante, algunas de las deformaciones presentes en esta zona se localizan fuera del área afectada por el deslizamiento señalado por estos autores, por lo que algunas de las estructuras tendrían un origen sísmico directo (vibración y deformación del sustrato) y no solamente por la reactivación de este deslizamiento cosísmico.

Cuantificación: Este tipo de estructuras se documentan a partir de grado VIII EMS. La escala ESI-07 considera la aparición de fracturas y pliegues (ondulaciones de presión) en zonas asfaltadas, pavimentadas o enlosadas a partir de grado de grado VIII ESI-07. Pero, dado su frecuencia y nivel de destrucción asociado puede asignarse a esta parte baja de la ciudad una intensidad IX.





Efectos en el Foro de la ciudad. Las estructuras más abundantes son los pliegues y pop-ups en el enlosado (modificado de Giner et al., 2013).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VIII	Calidad de los datos (Qg)	G	*Efectos geológicos y/o ambientales, correspondientes a eventos históricos y/o prehistóricos, por lo general no catalogados en los catálogos convencionales, y de los que tan solo se dispone de información procedente de publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Giner-Robles, J.L. *et al.* (2013): Mapa de efectos arqueológicos (EAE) en la ciudad romana de *Baelo Claudia* (Cádiz, España). En: Recorridos cuaternarios: Terrazas del Guadalquivir y paleosismología de terremotos en *Baelo Claudia* (Tarifa, Cádiz). AEQUA, 18-29.
Giner-Robles, J.L: *et al.* (2009): Structural analysis of Earthquake Archaeological Effects (EAE): *Baelo Claudia* Examples (Cádiz, South Spain). 1st INQUA-IGCP 567 International Workshop on Earthquake Archaeology and Paleoseismology, vol 2, Publisher: AEQUA – IGME.
Sillières, P. (1997): *Baelo Claudia*: Una ciudad romana de la Bética. Junta de Andalucía-Casa de Velázquez, Madrid.
Silva, P.G. *et al.* (2005): Archaeoseismic record at the ancient roman city of Baelo Claudia (Cádiz, South Spain). Tectonophysics, 408, 129-146.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles (UAM); Pablo G. Silva, Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	ARQ0260280.01.09 *01.09. Mercado, Bolonia (Cádiz)*	EVENTO	ARQ0260280 ***BAELO CLAUDIA.*** **BOLONIA. CA**	EFECTO	**EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Pliegues en pavimentos y roturas en esquinas de bloques**

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Bolonia	5°46'31,05"O	36°5'22,31"N	8 m	99 ha	≤ 20 km	SO-SSO	**NO CATALOGADO**

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Terraza marina / Escombros	Pendiente del terreno	Llano (< 2%)
Descripción Geológica	Zona Litoral en la Ensenada de Bolonia a unos 200 m de la línea de costa. La zona analizada se desarrolla sobre niveles de relleno antrópicos de época romana (siglo I AD) sobre materiales marinos del Pleistocenos Superior (terrazas) y Holoceno (dunas). Todas estas formaciones se sitúan sobre potentes formaciones de arcillas eocenas de características expansivas. La zona que aquí se cataloga se desarrolla sobre una plataforma marina del Pleistoceno Superior (+ 5 m) explanada artificialmente con niveles de escombros para la construcción del sector monumental de la ciudad a finales del siglo I AD (Silva *et al.*, 2005).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Arcillas	Derrubios y Escombros	Masivo	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**Edad sustrato (MAGNA)**
Eoceno	Holoceno (Romano)	Siglo I AD (Arqueológica)	0,09 - 0,14	Eoceno

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, mampostería, ladrillo	Enlosados, Pavimentos y Muros	Múltiples	Destructivo	Sin datos

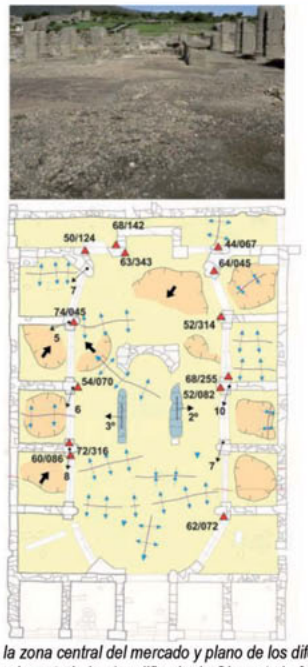
EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	PLIEGUES EN PAVIMENTOS: EAE/8

Descripción: El mercado de la ciudad (*Macellum*) también fue construido, como la mayor parte de los edificios de la zona monumental de la ciudad, a finales del siglo I AD, estando ya terminado en el 80 AD (Bendala *et al.* 2010). En este edificio se observan numerosas estructuras de deformación, tanto en pavimentos como en los diferentes muros que lo conforman. En los muros se observan numerosos bloques de columnas desplazados hacia el SO, orientación coincidente con la de otras estructuras similares en otras zonas del yacimiento. También es posible observar numerosas roturas de las esquinas de los bloques que conforman los muros interiores del mercado. Estas roturas son debidas al movimiento oscilatorio inducido por las ondas sísmicas, que produce el golpeo de los bloques forzando la rotura de sus esquinas, y son un buen efecto indicador del origen sísmico de las deformaciones (Marco, 2008; Giner-Robles *et al.*, 2011). Otro de los efectos muy presentes en el mercado son los pliegues que se pueden observar en el pavimento de argamasa (*opus signinum*) que recubre el suelo de este edificio; y aunque las orientaciones de estos plegamientos son similares a las analizadas en otras zonas del yacimiento, existe otro grupo de estructuras plegadas en este edificio que parecen estar condicionadas por una cimentación anterior.

Interpretación: Las orientaciones de los pliegues indican en su mayor parte una orientación según NO-SE compatible con las orientaciones de los ejes de los pliegues inventariados, tanto en la plaza del Foro como en el enlosado del *Decumanus Maximus*, y coherente con la dirección de máximo acortamiento deducida para el conjunto del yacimiento según NE-SO. No obstante, se puede observar cierta dispersión en los resultados ya que existen algunos pliegues que parecen estar condicionados por restos de cimentaciones de antiguas estructuras que quedaron cubiertos por el pavimento del edificio (Silva *et al.*, 2005). También son muy visibles en las columnas de separación de las diferentes estancias de este edificio, desplazamientos y roturas en las esquinas de los bloques. Aplicando la metodología de análisis de la deformación para este tipo de estructuras propuesto por Giner *et al.* (2009 y 2011), la máxima deformación también tendría una orientación según NE-SO, subparalela a la deducida para los pliegues del pavimento.

Cuantificación: Este tipo de estructuras se documentan a partir de grado VIII EMS. La escala ESI-07 considera la aparición de fracturas y pliegues (ondulaciones de presión) en zonas asfaltadas, pavimentadas o enlosadas a partir de grado de grado VIII ESI-07. Pero, dado su frecuencia y nivel de destrucción asociado podría asignarse a esta parte baja de la ciudad una intensidad IX.



Vista de la zona central del mercado y plano de los diferentes efectos inventariados (modificado de Giner et al., 2013).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VIII	Calidad de los datos (Qg)	G	*Efectos geológicos y/o ambientales, correspondientes a eventos históricos y/o prehistóricos, por lo general no catalogados en los catálogos convencionales, y de los que tan solo se dispone de información procedente de publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Giner-Robles, J.L. *et al.* (2009): Structural analysis of Earthquake Archaeological Effects (EAE): *Baelo Claudia* Examples (Cádiz, South Spain). 1st INQUA-IGCP 567 International Workshop on Earthquake Archaeology and Paleoseismology, vol 2, Publisher: AEQUA – IGME.

Giner-Robles, J.L. *et al.* (2011): Evaluación del daño sísmico en edificios históricos y yacimientos arqueológicos. Aplicación al estudio de la peligrosidad sísmica: Proyecto EDASI. Fundación MAPFRE.110 pp.

Giner-Robles, J.L. *et al.* (2013): Mapa de efectos arqueológicos (EAE) en la ciudad romana de *Baelo Claudia* (Cádiz, España). En: Recorridos cuaternarios: Terrazas del Guadalquivir y paleosismología de terremotos en *Baelo Claudia* (Tarifa, Cádiz). AEQUA, 18-29.

Silva, P.G. *et al.* (2005): Archaeoseismic record at the ancient roman city of *Baelo Claudia* (Cádiz, South Spain). Tectonophysics, 408, 129-146.

Silva, P.G. *et al.* (2013): Paleosismología y arqueología de terremotos. Conjunto Arqueológico Romano de *Baelo Claudia* (Tarifa, Cádiz). En: Recorridos cuaternarios: Terrazas del Guadalquivir y paleosismología de terremotos en *Baelo Claudia* (Tarifa, Cádiz). AEQUA, 18-29.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles (UAM); Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	ARQ0260280.01.10 *01.10. Muralla este, Bolonia (Cádiz)*	EVENTO	ARQ0260280 ***BAELO CLAUDIA.* BOLONIA. CA**	EFECTO	**EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Basculamientos y desplazamientos en muros**

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Bolonia	5°46'24,26"O	36°5'24,34"N	25 m	99 ha	≤ 20 km	SO-SSO	**NO CATALOGADO**

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Terraza marina / Escombros	Pendiente del terreno	Llano (< 2%)
Descripción Geológica	Zona Litoral en la Ensenada de Bolonia a unos 200 m de la línea de costa. La zona analizada se desarrolla sobre niveles de relleno antrópicos de época romana (siglo I AD) sobre materiales marinos del Pleistoceno Superior (terrazas) y Holoceno (dunas). Todas estas formaciones se sitúan sobre potentes formaciones de arcillas eocenas de características expansivas. La zona que aquí se cataloga se desarrolla sobre una plataforma marina del Pleistoceno Superior (+ 5 m) explanada artificialmente con niveles de escombros para la construcción del sector monumental de la ciudad a finales del siglo I AD (Silva *et al.*, 2005).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Arcillas	Derrubios y Escombros	Masivo	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**Edad sustrato (MAGNA)**
Eoceno	Holoceno (Romano)	Siglo I AD (Arqueológica)	0,09 - 0,14	Eoceno

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, mampostería, ladrillo	Muros, pavimentos, enlosados y columnas	Múltiples	Destructivo	Sin datos

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	**BASCULAMIENTOS Y DESPLAZAMIENTOS EN MUROS: EAE/8**

Descripción: La Muralla de *Baelo Claudia* posee dos fases distintas de construcción; la primera de la época de Augusto (siglo I AC) con grandes sillares calizos en seco, y la segunda, que data de mediados del siglo I AD, adosada a la anterior y construida con *opus caementicium* (Sillières, 1997). La primera muralla de grandes sillares fue destruida casi en sus tres cuartas partes como consecuencia del evento del siglo I AD (ver ARQ040060), y luego fue reparada y ampliada en muchos puntos, reforzando los tramos menos afectados, pero en la mayoría de su perímetro fue reconstruida en su totalidad. En cualquier caso, los tramos conservados de la primera muralla, en el norte y algunos lienzos de su perímetro este, se encuentran fuertemente basculados (25°) hacia el OSO (Silva *et al.*, 2009) y rectificados por la segunda muralla de *opus caementicium*, que sin duda se construyó para sostenerlos (Sillières, 1997). No obstante, esta segunda "muralla compuesta" se encuentra deformada y basculada significativamente en toda su extensión y fundamentalmente en su perímetro oriental que es el mejor conservado. Los mayores daños se observan a lo largo de toda la muralla este, que presenta basculamientos generalizados. Este basculamiento suele estar acompañado de una intensa fracturación y por la rotación de algunos segmentos del muro en sentido antihorario (Silva *et al.*, 2013). En algunos casos, las deformaciones inventariadas en la muralla están relacionadas directamente con deformaciones que se producen en las estancias adosadas a la misma, como es el caso de las estancias en la zona excavada de la muralla, en las proximidades del acueducto o en el bastión mejor conservado de esta parte de la muralla en el que se llegan a observar desplazamientos decimétricos (ver ARQ0260280.01.03).

Interpretación: La muralla este de la ciudad y algunos de sus bastiones se excavaron y se conservan lo suficiente como para que sean visibles algunas deformaciones. Los mayores daños se observan a los largo de toda la muralla este, que presenta basculamientos principalmente hacia el OSO entre 15° y 20°, llegando a los 25° en algunos casos, presentando desplazamientos decimétricos (Silva *et al.*, 2009). Muchas de estas deformaciones están asociadas a los daños inventariados en algunas estancias adosadas a las murallas, siendo coherentes los basculamientos del lienzo de la muralla con plegamientos en muros interiores o en pavimentos de argamasa (Giner *et al.*, 2011). Las orientaciones de máxima deformación son coherentes con las obtenidas para el conjunto del yacimiento (Giner *et al.*, 2011). En la zona baja de la ciudad, la muralla presenta diferentes procesos de colapso que afectan tanto a los sillares del siglo I AC que se conservan en su parte basal, como a los tramos superiores construidos con *opus caementicium* correspondientes a su refuerzo y ampliación a mediados del siglo I AD.

Cuantificación: Dadas las deformaciones presentes en la muralla, y en sus diferentes bastiones y torreones de su perímetro oriental, podemos establecer una intensidad mínima de VIII.



Basculamiento hacia el OSO de uno de los bastiones mejor conservados del lienzo este de la muralla en la parte baja de la ciudad. Efectos asociados a la misma deformación que afecta a la muralla: muros y pavimentos plegados.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VIII	Calidad de los datos (Qg)	G	*Efectos geológicos y/o ambientales, correspondientes a eventos históricos y/o prehistóricos, por lo general no catalogados en los catálogos convencionales, y de los que tan solo se dispone de información procedente de publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Giner-Robles, J.L. *et al.* (2011): Evaluación del daño sísmico en edificios históricos y yacimientos arqueológicos. Aplicación al estudio de la peligrosidad sísmica: Proyecto EDASI. Fundación MAPFRE.110 pp.
Sillières, P. (1997): *Baelo Claudia*: Una ciudad romana de la Bética. Junta de Andalucía-Casa de Velázquez, Madrid.
Silva, P.G. *et al.* (2009): Surface and subsurface paleoseismic records at the ancient Roma city of *Baelo Claudia* and the Bolonia Bay area, Cádiz (South Spain). En: Reicherter, K., Michetti, A.M. y Silva, P.G. (eds.). Historical and prehistorical records of earthquake ground effects for seismic hazards assessment. J. Geol. Soc. London, Spec. Publ., 316, 93-121.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles (UAM); Pablo G. Silva (USAL). QTECT-AEQUA*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	ARQ0260280.01.11 *01.11. Muralla oeste, Bolonia (Cádiz)*	EVENTO	ARQ0260280 ***BAELO CLAUDIA.* BOLONIA. CA**	EFECTO	**EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Basculamientos y desplazamientos en muros**

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Bolonia	5°46'35,12"O	36°5'25,07"N	9 m	99 ha	≤ 20 km	SO-SSO	**NO CATALOGADO**

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Terraza marina / Escombros	Pendiente del terreno	Suave (2 - 5%)

Descripción Geológica	Zona Litoral en la Ensenada de Bolonia a unos 200 m de la línea de costa. La zona analizada se desarrolla sobre niveles de relleno antrópicos de época romana (siglo I AD) sobre materiales marinos del Pleistoceno Superior (terrazas) y Holoceno (dunas). Todas estas formaciones se sitúan sobre potentes formaciones de arcillas eocenas de características expansivas. La zona que aquí se cataloga se desarrolla sobre una plataforma marina del Pleistoceno Superior (+ 5 m) explanada artificialmente con niveles de escombros para la construcción del sector monumental de la ciudad a finales del siglo I AD (Silva *et al.*, 2005).

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Arcillas	Derrubios y Escombros	Masivo	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**Edad sustrato (MAGNA)**
Eoceno	Holoceno (Romano)	Siglo I AD (Arqueológica)	0,09 - 0,14	Eoceno

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	Tipo de Construcción
Sillería, mampostería, ladrillo	Muros, pavimentos, enlosados y columnas	Múltiples	Destructivo	Sillería, mampostería, ladrillo

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	**BASCULAMIENTOS Y DESPLAZAMIENTOS EN MUROS: EAE/8**

Descripción: La Muralla de *Baelo Claudia* posee dos distintas fases de construcción; la primera de la época de Augusto (siglo I AC) con grandes sillares calizos en seco, y la segunda, que data de mediados del siglo I AD, adosada a la anterior y construida con *opus caementicium* (Sillières, 1997). La primera muralla de grandes sillares fue destruida casi en sus tres cuartas partes como consecuencia del evento del siglo I AD (ver ARQ040060), y luego fue reparada y ampliada en muchos puntos reforzando los tramos menos afectados, pero en la mayoría de su perímetro fue reconstruida en su totalidad. En los extremos del *Decumanus Maximus* se encuentran las dos puertas principales de la ciudad: la *Puerta de Gades* en el oeste, y en la zona oriental la *Puerta de Carteia*. La *Puerta de Gades* aparece con importantes fracturas penetrativas en las hiladas inferiores (ver ARQ0260280.01.06), posiblemente asociadas a las deformaciones que afectan también al enlosado del *Decumanus* (ver ARQ0260280.01.05 y 06). Aunque la zona oeste de la muralla esté poco excavada y mal conservada, son evidentes los mismos daños que se observan en esa zona este de la muralla (ver ARQ0260280.01.10), sobre todo en las proximidades del teatro, que es donde aún se conserva parte del lienzo y de los cimientos de algunas torres de vigilancia, observándose sobre todo basculamientos hacia el oeste, desplazamientos y fracturas penetrativas (Silva *et al.*, 2009).

Interpretación: En esta zona de la muralla los ángulos de basculamiento de los muros pueden llegar a los 15°, y son visibles desplazamientos muy evidentes de hasta 15 cm. Normalmente, esos desplazamientos están asociados a los basculamientos, aunque en algunos casos son visibles desplazamientos sin relación con este tipo de efectos y que parecen estar asociados a deformaciones permanentes en el sustrato (Giner *et al.*, 2009).

Cuantificación: Dadas las deformaciones presentes en la muralla y en sus diferentes torreones de su perímetro oriental podemos establecer una intensidad mínima de VIII.



Basculamiento y desplazamiento del lienzo de la muralla en la zona oeste de la ciudad.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VIII	Calidad de los datos (Qg)	G	*Efectos geológicos y/o ambientales, correspondientes a eventos históricos y/o prehistóricos, por lo general no catalogados en los catálogos convencionales, y de los que tan solo se dispone de información procedente de publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Giner-Robles, J.L: *et al.* (2009): Structural analysis of Earthquake Archaeological Effects (EAE): *Baelo Claudia* Examples (Cádiz, South Spain). 1st INQUA-IGCP 567 International Workshop on Earthquake Archaeology and Paleoseismology, vol 2, Publisher: AEQUA – IGME.

Sillières, P. (1997): *Baelo Claudia*: Una ciudad romana de la Bética. Junta de Andalucía-Casa de Velázquez, Madrid.

Silva, P.G. *et al.* (2005): Archaeoseismic record at the ancient roman city of *Baelo Claudia* (Cádiz, South Spain). Tectonophysics, 408, 129-146.

Silva, P.G. *et al.* (2009): Surface and subsurface paleoseismic records at the ancient Roma city of *Baelo Claudia* and the Bolonia Bay area, Cádiz (South Spain). En: Reicherter, K., Michetti, A.M. y Silva, P.G. (eds.). Historical and prehistorical records of earthquake ground effects for seismic hazards assessment. J. Geol. Soc. London, Spec. Publ., 316, 93-121.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles (UAM); Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	ARQ0260280.01.12 *01.12. Teatro, Bolonia (Cádiz)*	EVENTO	ARQ0260280 *BAELO CLAUDIA.* BOLONIA. CA	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Colapsos de muros y pliegues en enlosados

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Bolonia	5°46'32,13"O	36°5'27,56"N	17 m	99 ha	≤ 20 km	SO-SSO	NO CATALOGADO

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Terraza marina / Escombros	Pendiente del terreno	Llano (< 2%)
Descripción Geológica	Zona Litoral en la Ensenada de Bolonia a unos 200 m de la línea de costa. La zona analizada se desarrolla sobre niveles de relleno antrópicos de época romana (siglo I AD) sobre materiales marinos del Pleistoceno Superior (terrazas) y Holoceno (dunas). Todas estas formaciones se sitúan sobre potentes formaciones de arcillas eocenas de características expansivas. La zona del Teatro, junto con la de los templos, se desarrolla en su mayoría sobre una terraza artificial realizada con escombros aprovechando una terraza marina del Pleistoceno Superior (+ 12 m), que enlaza la parte baja (monumental) con la parte alta de la ciudad (Silva *et al.*, 2005).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Arcillas; Arenas y gravas	Derrubios , Escombros, arenas y gravas	Masivo	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Eoceno	Holoceno (Romano)	Siglo I AD (Arqueológica)	0,09 - 0,14	Antiguo

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, mampostería, ladrillo	Muros, escaleras, bóvedas, pavimentos y enlosados	Múltiples	Destructivo	Sin datos

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	COLAPSOS ORIENTADOS Y PLEGAMIENTOS: EAE/8

Descripción: En el sector norte de la ciudad, el principal resto arqueológico es el teatro construido durante la segunda fase de expansión de la ciudad (finales del siglo I AD y principios del II AD). Su sector norte (graderío) se encuentra directamente cimentado sobre el sustrato arcilloso eoceno, pero su sector sur (escenario, cávea y portada) se desarrolla sobre una terraza explanada artificialmente con escombros (2-3 m) sobre depósitos de gravas y arenas de una terraza marina (1,2 m) que se desarrolla sobre el sustrato arcilloso. Esta construcción muestra numerosas estructuras de deformación, aunque el origen de muchas de ellas no se pueda determinar debido al continuo uso que ha tenido en épocas posteriores a su construcción (construcción de una torre de vigilancia por parte de los musulmanes, reutilización como viviendas o como cantera en épocas posteriores). Debido a ese uso múltiple a lo largo del tiempo, es muy complicado asignar un origen sísmico de las deformaciones observadas. No obstante, existen estructuras que pueden ser asignadas a la ocurrencia de un sismo (Ménanteau *et al.*, 1983; Sillères *et al.*, 1997; Silva *et al.*, 2005; Silva *et al.*, 2009). Se puede observar, en la parte alta del teatro, una escalera colapsada *in situ* (Silva *et al.*, 2009a). También son visibles otras estructuras muy similares a las observadas en el Foro (ARQ0260280.01.08) y en el *Decumanus Maximus (*ARQ0260280.01.05 y 06*)* como son los plegamientos en los pavimentos enlosados. Otros efectos, como la caída de grandes bloques, seguramente se encuentran relacionados con el proceso de ruina posterior.

Interpretación: En la zona baja del teatro es posible observar colapsos de grandes bloques de materiales de la parte superior del mismo, orientados hacia el SO. Estos colapsos son interpretados como el resultado directo de la ocurrencia de este sismo. En cuanto a los plegamientos observados en los pavimentos enlosados, presentan orientaciones similares (según NO-SE) a los analizados en otras zonas del yacimiento como en el Foro, en el *Decumanus* o en el Mercado. Otras estructuras presentan también orientaciones de máxima deformación coherentes con el resto del yacimiento, como una de las escaleras de la parte alta del teatro, que colapsa *in situ* hacia la parte central de la estructura (SO). El teatro no fue destruido en su totalidad, aunque con daños graves, toda la zona del graderío (Norte) fue reutilizada posteriormente, pero la zona de su cávea y portada principal (Sur) quedó prácticamente destruida. La cimentación sobre distintos materiales, fundamentalmente escombros (Sur) y sustrato arcilloso (Norte) pudo tener una incidencia importante en la distribución de los daños inventariados.

Cuantificación: El conjunto de los efectos asignables a este evento sísmico inventariado en el teatro nos permite establecer una intensidad mínima de VIII.



Colapso orientado de una escalera en la parte alta del teatro. Caída de grandes bloques hacia el SO en la parte baja del mismo.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VIII	Calidad de los datos (Qg)	G	*Efectos geológicos y/o ambientales, correspondientes a eventos históricos y/o prehistóricos, por lo general no catalogados en los catálogos convencionales, y de los que tan solo se dispone de información procedente de publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Ménanteau, L. *et al.* (1983): *Belo* II: *Belo* et son environnement (Detroit de Gibraltar), Etude physique d'un site antique. Pub. Casa de Velázquez, Serie Archeologie 4., Ed. Broccard, París. 1983.
Sillières, P. (1997): *Baelo Claudia*: Una ciudad romana de la Bética. Junta de Andalucía-Casa de Velázquez, Madrid.
Silva, P.G. *et al.* (2005): Archaeoseismic record at the ancient roman city of *Baelo Claudia* (Cádiz, South Spain). Tectonophysics, 408, 129-146.
Silva, P.G. *et al.* (2009): Archaeoseismology records at *Baelo Claudia*. En: Paleoseismicity and Active Tectonics during the Quaternary in the Gibraltar Strait (Betic cordillera, South Spain), Field Trips Guide. 1st INQUA-IGCP 567 International Workshop on Earthquake Archaeology and Paleoseismology, vol 3. INQUA-AEQUA.
Silva, P.G. *et al.* (2013): Paleosismología y arqueología de terremotos. Conjunto Arqueológico Romano de *Baelo Claudia* (Tarifa, Cádiz). En: Recorridos cuaternarios: Terrazas del Guadalquivir y paleosismología de terremotos en *Baelo Claudia* (Tarifa, Cádiz). AEQUA, 18-29.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles (UAM); Pablo G. Silva (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	ARQ0260280.01.13 *01.13. Templo de Isis, Bolonia (Cádiz)*	EVENTO	ARQ0260280 ***BAELO CLAUDIA.*** **BOLONIA. CA**	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Muros basculados y colapsados

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Bolonia	5°46'27,84"O	36°5'24,39"N	13 m	99 ha	≤ 20 km	SO-SSO	NO CATALOGADO

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Terraza marina / Escombros	Pendiente del terreno	Llano (< 2%)
Descripción Geológica	Zona Litoral en la Ensenada de Bolonia a unos 200 m de la línea de costa. La zona analizada se desarrolla sobre niveles de relleno antrópicos de época romana (siglo I AD) sobre materiales marinos del Pleistoceno Superior (terrazas) y Holoceno (dunas). Todas estas formaciones se sitúan sobre potentes formaciones de arcillas eocenas de características expansivas. La zona de los templos se desarrolla sobre una terraza artificial realizada con escombros aprovechando una terraza marina del Pleistoceno Superior (+ 12 m), que enlaza la parte baja (monumental) con la parte alta de la ciudad (Silva *et al.*, 2005).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Arcillas; Arenas y gravas	Derrubios, Escombros, arenas y gravas	Masivo	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Eoceno	Holoceno (Romano)	Siglo I AD (Arqueológica)	0,09 - 0,14	Antiguo

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, mampostería, ladrillo	Muros, columnas, pavimentos y enlosados	Múltiples	Destructivo	Sin datos

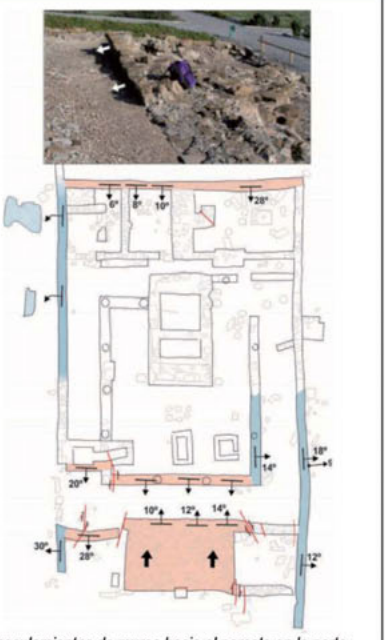
EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	MUROS BASCULADOS y COLAPSADOS: EAE/8

Descripción: El Templo de Isis construido en los años 60 AD (Bendala *et al.* 2010) se sitúa junto a la tríada de templos romanos en una plataforma que se alza sobre el lado norte del Foro. La plataforma se desarrolló sobre una plataforma marina que se explanó y rellenó con escombros (horizonte de demolición) para tal propósito durante la segunda mitad del siglo I AD (Silva *et al.*, 2005). El templo presenta diferentes efectos y deformaciones asociadas tanto al evento que aquí se cataloga (260-280 AD), como al anterior que afectó a la ciudad en el siglo I AD (Silva et al, 2009; Grützner *et al.*, 2012). Estos efectos se encuentran definidos por numerosos daños en las estructuras murarias del templo, sobre todo basculamientos hacia el suroeste, aunque también se pueden observar basculamientos y colapsos de los muros hacia el noroeste y el sureste, algunos de ellos sobre potentes rellenos antrópicos posteriores y que resultan de su proceso de ruina posterior. También son visibles fracturas penetrativas en los muros con desplazamientos centimétricos visibles.

Interpretación: Silva *et al.* (2009) proponen que la mayor parte del daño estructural y arquitectónico que se observa en esta zona es el resultado de un efecto geológico secundario: un deslizamiento con la cabecera en la zona NE del Templo de Isis (ver ARQ0260280.01.07). En este templo, las paredes presentan diferentes orientaciones de colapso, con desplazamientos decimétricos. También se observan columnas y pilares colapsados hacia el SO. Las prospecciones de tomografía eléctrica realizadas en la parcela inferior del Templo de Isis (Silva *et al.*, 2009), muestran claramente la geometría del deslizamiento y diferentes estructuras murarias basculadas en su parte inferior. Dataciones de C^{14} en el Templo (Grützner *et al.*, 2012) sugieren que el primer evento sísmico (siglo I AD, ver evento ARQ004060) provocó la destrucción de un edificio anterior por un deslizamiento cosísmico, aunque indudablemente se reactivó durante el evento del siglo III AD, afectando al templo y a todo el sector oriental del Foro (ver ARQ0260280.01.08). Independientemente de que la mayoría de las deformaciones puedan asimilarse al desplazamiento de los materiales como consecuencia del deslizamiento (efecto cosísmico secundario), hay diferentes efectos que pueden asimilarse directamente a la vibración del terreno como consecuencia del paso de las ondas sísmicas. Esta construcción, junto con la tríada de templos adyacentes quedó en estado ruinoso tras el evento, como lo demuestra la existencia de potentes rellenos antrópicos posteriores. Su localización, sobre una terraza artificial construida con escombros, y el proceso de deslizamiento que le afectó, explican el estado de ruina en que quedó esta construcción.

Cuantificación: Los daños inventariados en esta estructura pueden asignarse a una intensidad de grado VIII, coherente con la asignada al deslizamiento cosísmico que le afecta (ver ARQ0260280.01.07).



Basculamientos de muros hacia el noreste en la parte delantera del templo. Plano de los efectos inventariados. (Giner et al, 2013)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VIII	Calidad de los datos (Qg)	G	*Efectos geológicos y/o ambientales, correspondientes a eventos históricos y/o prehistóricos, por lo general no catalogados en los catálogos convencionales, y de los que tan solo se dispone de información procedente de publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Giner-Robles, J.L. *et al.* (2013): Mapa de efectos arqueológicos (EAE) en la ciudad romana de *Baelo Claudia* (Cádiz, España). En: Recorridos cuaternarios: Terrazas del Guadalquivir y paleosismología de terremotos en *Baelo Claudia* (Tarifa, Cádiz). AEQUA, 18-29.

Grützner, C. *et al.* (2012): Active faulting and neotectonics in the *Baelo Claudia* area, Campo de Gibraltar (Southern Spain). Tectonophysics, 554-557, 127-142.

Silva, P.G. *et al.* (2009): Surface and subsurface paleoseismic records at the ancient Roma city of *Baelo Claudia* and the Bolonia Bay area, Cádiz (South Spain). En: Reicherter, K., Michetti, A.M. y Silva, P.G. (eds.): Historical and prehistorical records of earthquake ground effects for seismic hazards assessment. J. Geol. Soc. London, Spec. Publ., 316, 93-121.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles (UAM); Pablo G. Silva (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	ARQ0260280.01.14 *01.14. Tiendas del Foro, Bolonia (Cádiz)*	EVENTO	ARQ0260280 *BAELO CLAUDIA.* BOLONIA. CA	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Muros plegados y basculados

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN (INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS)
01 / Bolonia	5°46'28,41"O	36°5'23,13"N	11 m	99 ha	≤ 20 km	SO-SSO	NO CATALOGADO

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Terraza marina / Escombros	Pendiente del terreno	Llano (< 2%)

Descripción Geológica	Zona Litoral en la Ensenada de Bolonia a unos 200 m de la línea de costa. La zona analizada se desarrolla sobre niveles de relleno antrópicos de época romana (siglo I AD) sobre materiales marinos del Pleistoceno Superior (terrazas) y Holoceno (dunas). Todas estas formaciones se sitúan sobre potentes formaciones de arcillas eocenas de características expansivas. La zona que aquí se cataloga se desarrolla sobre una plataforma marina del Pleistoceno Superior (+ 5 m) explanada artificialmente con niveles de escombros para la construcción del sector monumental de la ciudad a finales del siglo I AD (Silva *et al.*, 2005).

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Arcillas	Derrubios y Escombros	Masivo	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Eoceno	Holoceno (Romano)	Siglo I AD (Arqueológica)	0,09 - 0,14	Antiguo

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, mampostería, ladrillo	Enlosados, Pavimentos y Muros	Múltiples	Destructivo	Sin datos

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	MUROS PLEGADOS Y BASCULADOS: EAE/8

Descripción: Las tiendas situadas en la zona oriental del Foro presentan numerosos daños asociados a este terremoto. Todos los muros que conforman esta zona comercial presentan numerosos efectos, siendo los más comunes son los basculamientos, pliegues y fracturas en las estructuras murarias. Esta zona oriental del Foro se sitúa sobre el deslizamiento que afectó a este sector de la ciudad como consecuencia de este evento (ver ARQ0260280.01.07). Los muros interiores del lienzo oriental de las tiendas se encontraban parcialmente excavados sobre el terreno y un *cardo* (calle N-S) subía paralelamente a ellos hacia la terraza de los templos. Los enlosados de esta calle también sufrieron los procesos de plegamiento como se ilustra en la fotografía de detalle que acompaña a esta ficha.

Interpretación: La orientación de los muros limita los acimuts de los basculamientos, pero todos ellos presentan un acimut hacia el SSO o hacia el OSO, en ningún caso se observan basculamientos hacia el norte o hacia el este. Según Silva *et al.* (2009), gran parte de las deformaciones observadas en esta zona estarían producidas por la reactivación del deslizamiento cosísmico que afecta a toda la zona oriental excavada del yacimiento (ARQ0260280.01.07). Los plegamientos de estructuras murarias de dirección N-S muestran claramente un desplazamiento del terreno hacia el SSO coherente con el deslizamiento que afectó a la zona. Independiente del origen directo o indirecto (deslizamiento) de las deformaciones, las orientaciones de los basculamientos y plegamientos son coherentes con las deducidas para el resto del yacimiento que no están afectadas por este fenómeno. Como consecuencia de la conjunción de efectos destructivos, toda la zona oriental del Foro quedó completamente destruida por el evento que aquí se cataloga.

Cuantificación: Dada la alta densidad de efectos presentes en estas estructuras podemos establecer una intensidad mínima de VIII, coherente con la asignada a la plaza del Foro y al deslizamiento que afecta a la zona.





Pliegues en los muros de las tiendas del Foro. Mapa de los principales efectos inventariados en esta zona. (Modificado de Giner et al., 2013). Abajo detalle de uno de los pliegues donde se observa que afecta al enlosado de un cardo adyacente (Foto F. Borja, 1999).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VIII	Calidad de los datos (Qg)	G	*Efectos geológicos y/o ambientales, correspondientes a eventos históricos y/o prehistóricos, por lo general no catalogados en los catálogos convencionales, y de los que tan solo se dispone de información procedente de publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Giner-Robles, J.L. *et al.* (2013): Mapa de efectos arqueológicos (EAE) en la ciudad romana de *Baelo Claudia* (Cádiz, España). En: Recorridos cuaternarios: Terrazas del Guadalquivir y paleosismología de terremotos en *Baelo Claudia* (Tarifa, Cádiz). AEQUA, 18-29.

Silva, P.G. *et al.* (2005): Archaeoseismic record at the ancient roman city of *Baelo Claudia* (Cádiz, South Spain). Tectonophysics, 408, 129-146.

Silva, P.G. *et al.* (2009b): Surface and subsurface paleoseismic records at the ancient Roma city of *Baelo Claudia* and the Bolonia Bay area, Cádiz (South Spain). En: Reicherter, K., Michetti, A.M. y Silva, P.G. (eds.): Historical and prehistorical records of earthquake ground effects for seismic hazards assessment. J. Geol. Soc. London, Spec. Publ., 316, 93-121.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles (UAM); Pablo G. Silva (USAL). QTECT-AEQUA*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

9.4. GEO 0300400 TOBARRA (Albacete) 300-400 AD
Terremoto de **Ilunum** *(Romano, Siglo IV)*

INFORMACIÓN MACROSÍSMICA GEO 0300400: *ILUNUM* (Tobarra - Albacete). 300-400 AD											EFECTOS GEOLÓGICOS	
EVENTO	**HORA Y MIN.**	**LONGITUD**	**LATITUD**	**MAG (Mw/Ms/M*)**	**EMS 98**	**MSK 64**	**ESI 07**	**Q_e**	**Q_i**	**Q_g**	**LOCALIZACIÓN TERREMOTO**	
GEO 0300400*AD*	-	1°39'29'' O	38°35'10'' N	6,8 Mw*			X	G	G	G	***Ilunum*. Tobarra. Ab.**	
Tipo de Efectos Catalogados											**Número de Fichas 05**	**04 EEEs 01 EAEs**

Imagen Google Earth de la localización de efectos catalogados en la zona epicentral



Información macrosísmica catalogada

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
01.01 Tobarra, Laguna de Alboraj	1°39'28''O	38°35'6''N	PR	-	Sin datos	Sin datos	X
01.02 Tobarra, Laguna de Alboraj	1°39'32''O	38°35'12''N	PR	-	Sin datos	Sin datos	X
01.03 Tobarra, Laguna de Alboraj	1°39'23''O	38°35'03''N	GR	-	Sin datos	Sin datos	X
01.04 Tobarra, Laguna de Alboraj	1°39'10''O	38°35'02''N	LQ	-	Sin datos	Sin datos	VIII
02.01 Tolmo de Minateda.	1°36'22''O	38°28'35''N	EAE	NE 12,5 km	Sin datos	Sin datos	VIII

GEO 0300400: *ILUNUM* (Tobarra - Albacete). 300 - 400 AD — GEOLÓGICO

FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw*/Ms/M)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
300 - 400 *AD*		1°39'29'' O	38°35'10'' N	6,8 Mw*			X	G	G	G	***Ilunum*. Tobarra. AB.**

Método de datación:		NO CATALOGADO: C14 Ref. Bibliográfica: Rodríguez-Pascua, M.A. *et al.* (2012).									**Tipo Evento:**	GEO
Prof. km	-	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**M_o**	-	**Eventos asociados**		-	**Agencia:**	-
EEE Primarios		SÍ		**Longitud Falla**		8 km		**Desplazamiento**		1,2 m	**Tipo Desp.:**	Direccional normal diestro
EEE Secundarios		SÍ		**Categoría ESI07**		☒GK ☐SM ☒LQ ☐HD ☐HA ☐WA ☐TS					**Área afectada:**	1,2 km²
Otros EEE Ambientales		-		☐ OTROS EFECTOS (OT): No registrados.								
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ		☒ EAEs: Destrucción de la cercana ciudad romana de *Ilunum* (Parque Arqueológico de El Tolmo de Minateda) y abandono de la región y de sus sistemas de riego (s. IV AD), con un gap de registro arqueológico de más de 100 años.								

Referencias bibliográficas básicas:

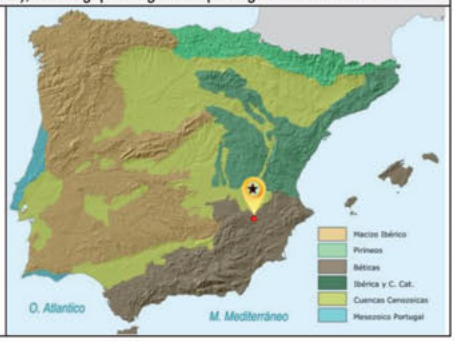
Rodríguez-Pascua, M.A., *et al.* (2008): Recent seismogenic fault activity in a Late Quaternary closed-lake graben basin (Albacete, SE Spain). *Geomorphology*, 102 (1): 169-178.

Rodríguez-Pascua, M.A., *et al.* (2009): Estimation of the tectonic slip-rate from Quaternary lacustrine facies within the intraplate Albacete province (SE of Spain). *Sedimentary Geology*, 222 (1-2): 89-97.

Rodríguez-Pascua, M.A., *et al.* (2010): Ancient earthquakes from archaeoseismic evidence during the Visigothic and Islamic periods in the archaeological site of "Tolmo de Minateda" (SE Spain). In: Sintubin, M., Stewart, I.S., Niemi, T.M., and Altunel, E., (eds.). *Ancient Earthquakes*: Geological Society of America Special Paper 471: 171-184.

Rodríguez-Pascua, M.A., *et al.* (2012): Paleoseismic and geomorphologic evidence of recent tectonic activity of the Pozohondo Fault (Betic Cordillera, SE Spain). *Journal of Iberian Geology*, 38 (1): 113-126.

Rodríguez-Pascua, M.A. *et al.* (2013): Roman, Visigothic and Islamic evidence of earthquakes recorded in the archaeological site of "El Tolmo de Minateda" (Prebetic Zone, southeast of Spain). Cuaternario y Geomorfología, 27 (3-4): 65-72.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw*/Ms/M)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
GEO 0300400 *Ilunum*, Tobarra, AB	1°39'29'' W	38°35'10'' N	6.8 Mw*			X	G	**Eternal Prebetic Zone (Zone 30)**

EVENT NO CATALOGED IN THE IGN DATA BASES: Reported by: Rodríguez-Pascua, M.A. *et al.* (2012).	**Event Type:**	**GEOLOGIC**

GENERAL DAMAGE: No reported by historical sources. Archaeoseismic data (Rodríguez-Pascua *et al.*, 2010; 2013) indicate the occurrence of damage ≥ VIII EMS in the ancient Roman City of "*Ilunum*" (El Tolmo de Minateda), located 12 km away SW of the fault-trenching sites on the Pozohondo Fault Zone.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects PRESENT, located close to the Alboraj Lake. The coseismic fault scarp (1.5 km long and 1.2 m of freeface) is visible in this area with NW-SE strike and linked to a system of large ground cracks of similar orientation triggering the development of a NW-SE elongated Horst-Graben micro-relief conditioning the drainage and the occurrence of a fault-pond (sag-pond) in its SE termination. Environmental damage by secondary effects preserved affected an area of 1.2 km² delineating a narrow NW-SE strip along the fault trace. Several papers report two trenches excavated on the main fault trace as well as the analysis of the seismites in the Alboraj Lake. 2 EEE records for primary effects, 2 records for secondary effects and 1 EAE records.

☒ ***1 Surface ruptures (SR):*** *1.5 km long of fault coseismic surface rupture.*
☒ ***1 Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *Coseismic fault free face of 1.2 m.*
☒ ***1 Ground cracks (GK):*** *Significant system of open ground cracks of decametric length and metric width affecting to Late Pleistocene-Holocene lacustrine limestone rocks assembled with the main ground rupture. This ground rupture system conditioned the drainage and the development of a fault-pond (Alboraj Lake).*
☐ ***Slope movements (SM):*** *No Reported.*
☒ ***1 Liquefaction processes (LQ):*** *Fault graded beds and sand dikes reported in the lake sediments of Alboraj Lake indicating paleo-liquefaction processes consistent with the radiocarbon ages obtained from the fault trenching analyses.*
☐ ***Hydrogeological anomalies (HD; HA):*** *No Reported.*
☐ ***Anomalous waves and tsunamis (WA; TS):*** *No Reported.*
☐ ***Other effects:*** *No Reported.*
☒ ***1 Archaeoseismic damage:*** *The ancient Roman City of* Ilunum *(El Tolmo de Minateda, located 12 km away SW) and the agricultural area were destroyed and abandoned during the 4th century. Evidence of this abandonment includes the partial detritical infilling of the fresh-water supply and irrigation canals in the Zama town (close to* Ilunum*), as well as the increasing population dispersion outwards from the site (Abad-Casal, 1998). As coseismic effects, both the solid defensive wall and the watchtowers in the entrance of de city collapsed, and it is possible identify penetrative fractures across the in-situ remained stone blocks (Rodríguez-Pascua* et al., *2013).*

☒ ***Geological Data:*** *The most important geological effects are related to the coseismic fault rupture and the abundant ground cracks. Two trenches were excavated in the main fault trace and the last event has a bracketed age (^{14}C) between AD 1st – 4th centuries, during the High Roman Empire. Seismites (fault graded beds) are described in the sedimentary record of the Alboraj Lake and the radiometric dating (^{14}C) is consistent with the fault-trench data. All of these data are reported by Rodríguez-Pascua* et al. *(2008, 2009; 2012).* ***Quality of Geological Information Class G.***

Research / Data compilation by: *M.A. Rodríguez-Pascua, M.A. Perucha Atienza (IGME). Updated 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw*/Ms/M)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
GEO 0300400 *Ilunum*, Tobarra, AB	1°39'29'' O	38°35'10'' N	6,8 Mw*			X	G	**Prebético Externo (Zona 30)**

EVENTO NO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN
Registrado por: Rodríguez-Pascua, M.A., *et al.* (2012).

Tipo de Evento: **GEOLÓGICO**

DAÑOS GENERALES: No registrados por fuentes históricas. Datos arqueosísmicos (Rodríguez-pascua *et al.*, 2010; 2013) indican el registro de daños ≥ VIII EMS en la antigua ciudad romana de *Ilunum* (Tolmo de Minateda) situado 12 km al SO de las trinchera de falla realizadas sobre la Falla de Pozohondo.

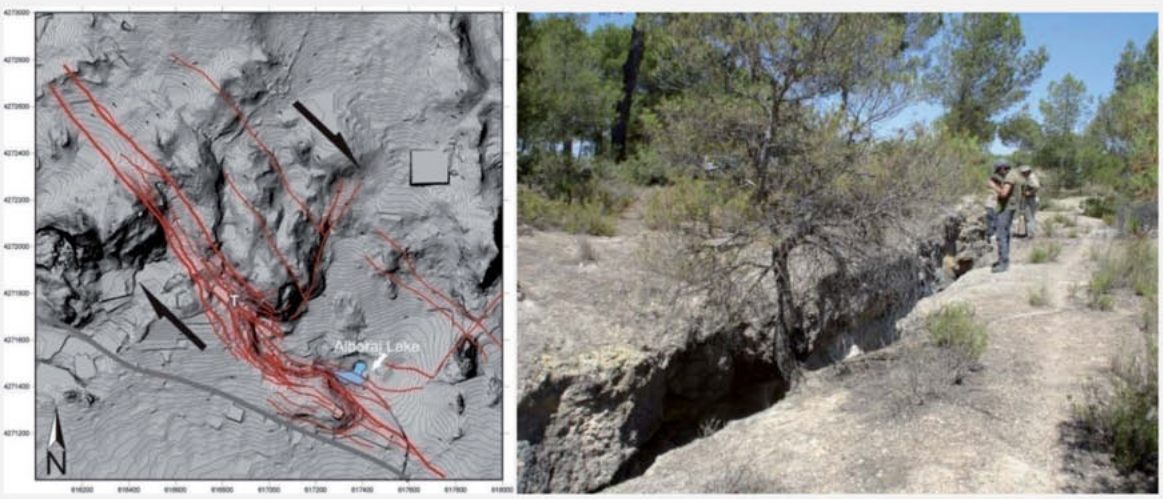
DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios PRESENTES, se encuentran localizados en el entorno de la Laguna de Alboraj. El escarpe cosísmico de falla (1,5 km de longitud y 1,2 m de salto superficial) es visible en esta área con dirección NW-SE. Este se relaciona y continua con un sistema de grandes grietas de similar orientación dando lugar a un micro-relieve de tipo Hosrt-Graben NW-SE al cual se adapta el drenaje y da lugar al desarrollo de una laguna de falla (Laguna de Alboraj) en su terminación SE. El área afectada por efectos secundarios es de 1,2 km² ciñéndose a una pequeña banda de dirección NW-SE a lo largo de la traza de la ruptura superficial. Varios artículos científicos documentan dos trincheras de falla y el análisis de sismitas en la Laguna de Alboraj. En total se han registrado 4 EEEs y 1 EAE.

☒ ***1 Rupturas de Falla (SR):*** *1,5 km de ruptura superficial de falla de dirección general NW-SE.*
☒ ***1 Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *Escarpe cosismico de falla de 1,2 m.*
☒ ***1 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Amplio sistema de Grietas de longitud hectométricas y apertura métrica en materiales carbonatados lacustres de edad Pleistoceno Superior-Holoceno de dirección subparalela a la falla principal, con la cual se ensamblan en algunas zonas. Junto con el escarpe de falla principal condicionan el drenaje y el desarrollo de la "Laguna de Falla" de Alboraj.*
☐ ***Movimientos de ladera (SM):*** *No Registrados.*
☒ ***1 Procesos de licuefacción (LQ):*** *Niveles de sismitas (espesor cm) y pequeños diques de arena en sondeos realizados en la laguna de falla de Alboraj que indican procesos de licuefacción de los sedimentos lacustres de edad radiométrica coherente con la de la ruptura superficial de falla.*
☐ ***Anomalías Hidrogeológicas (HD; HA):*** *No Registrados.*
☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (WA; TS):*** *No Registrados.*
☐ ***Otros efectos:*** *No Registrados.*
☒ ***1 Efectos arqueosísmicos:*** *La antigua ciudad romana de* Ilunum *(El Tolmo de Minateda) y el área agrícola circundante fue destruida y abandonada en el Siglo IV AD. Las pruebas de este abandono incluyen el relleno detrítico parcial de los sistemas de riego en la cercana localidad de Zama, así como el despoblamiento de la zona. Los efectos arqueosísmicos que podemos destacar son: la caída orientada de la sólida muralla defensiva y las dos torres de vigilancia de la entrada a la ciudad, y es posible observar fracturas penetrativas en los bloques de sillería que aún forman los cimientos.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *El efecto geológico más importante es la ruptura superficial de falla cosísmica y la abundante presencia de grietas superficiales aún visibles en la zona, así como la Laguna de Falla de Alboraj (Sag pond). Se han excavado dos trincheras de falla y el plano principal asociado al último evento ha sido datado (C^{14}) en el periodo comprendido entre los siglos I y IV AD, durante el Alto Imperio Romano. También se han descrito niveles de sismitas (fault graded beds y diques de limos) en la mencionada Laguna de Falla (Alboraj) y su datación (C^{14}) es congruente con los datos de la trinchera. Todos estos datos han sido tomados de Rodríguez-Pascua* et al. *(2008, 2009, 2012).* ***Calidad de la información geológica de Clase G.***

Investigación / Compilación de la información: *M.A. Rodríguez-Pascua, M.A. Perucha Atienza (IGME). Actualizado 2017.*

IMAGEN EVENTO



Modelo digital de elevaciones de detalle (resolución de 0,5 m) en el área de la Laguna de Alboraj (Tobarra, AB) donde se localizan la mayoría de los efectos geológicos producidos por el terremoto. Las líneas gruesas rojas indican las trazas principales de la falla, y las líneas finas, las grietas del sustrato aún observables sobre el terreno. La "T" indica la posición de la trinchera realizada sobre la falla de la que se disponen de dataciones absolutas mediante C^{14}. A la izquierda ruptura superficial del terremoto de Tobarra 300-400AD. Tomada de Rodríguez-Pascua, M.A., *et al.* (2012).

INTERPRETACIÓN **ANÁLISIS DE DATOS**

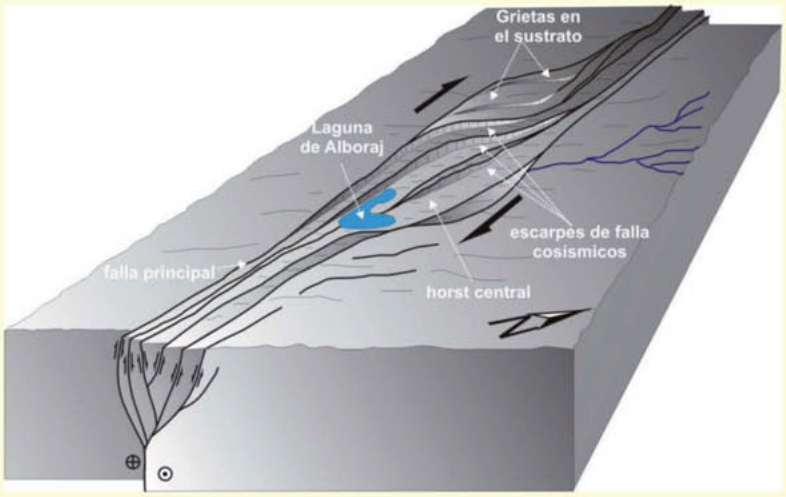
GEO 0300400: *ILUNUM* (Tobarra - Albacete). 300-400 AD

Autores: Miguel Ángel Rodríguez-Pascua y María Ángeles Perucha Atienza,
Instituto Geológico y Minero de España (IGME).

EEE. Efectos Geológicos y Ambientales del Terremoto de *Ilunum,* Tobarra 300-400 AD

La Falla de Pozohondo forma parte de la banda de transferencia norte del Arco Estructural Cazorla-Alcaraz-Hellín en el Prebético Externo. Corresponde a un conjunto de desgarres destrorsos, formado por las fallas de: Socovos, Lietor y Pozohondo (FPH) (Rodríguez-Pascua y De Vicente, 2001 y Rodríguez-Pascua *et al.*, 2003). Todas estas fallas tienen una orientación NO-SE y sus trazas superficiales superan ampliamente los 50 km de longitud. Las principales evidencias geomorfológicas de la actividad de la FPH están situadas en su tramo medio, entre las localidades de Tobarra y Cordovilla, que dan nombre al segmento estudiado.

Los efectos geológicos más destacables del último terremoto registrado en las trincheras realizadas son las grietas del terreno y el propio escarpe cosísmico de la falla de Pozohondo en el segmento Tobarra-Cordovilla. En este segmento se ha generado una cuenca "pull-apart" por variaciones en la orientación del plano principal de falla. Como consecuencia de esto se ha generado una zona endorreica donde se encuentra actualmente la Laguna de Alboraj, represada por el salto acumulado del plano de falla. En toda esta zona es posible observar en la actualidad grietas abiertas con desplazamientos en la horizontal. El escarpe de falla también es observable con una conservación bastante buena en muchos casos, sobre todo donde se encuentran afloramientos de calizas lacustres, y está más degradado en zonas donde los cambios laterales de facies del propio lago hacen que se pase a materiales poco competentes como margas y arcillas.



Bloque diagrama de la zona de ruptura de la Falla de Pozohondo en la zona de la laguna de Alboraj. (Tomada de Rodríguez-Pascua et al.*, 2012)*

Los primeros trabajos sobre la actividad cuaternaria de FPH corresponden a García del Cura *et al.* (1979). En este trabajo se describen tanto el relleno lacustre de la Cuenca de Cordovilla, como la actividad de fallas normales NO-SE que afectan al relleno carbonatado cuaternario.

Rodríguez-Pascua *et al.* (2008) interpretan un escarpe cosísmico asociado a un paleoterremoto entre los 1 y 2 ka B.P. mediante la aplicación de técnicas geomorfológicas. Al mismo tiempo realizan estimaciones de la energía liberada por este evento utilizando las relaciones empíricas de Wells y Coppersmith (1994), aplicadas a distintas cartografías obteniendo un valor medio aproximado de Mw ≥ 6.1.

Rodríguez Pascua *et al.* (2009) calculan la tasa de deslizamiento para FPH desde el Pleistoceno medio a partir del relleno sedimentario de la Cuenca de Cordovilla. Esta cuenca endorreica se genera mediante la actividad transtensiva continuada durante el Cuaternario de FPH, siendo activa en la actualidad en la Laguna de Alboraj y en los saladares cercanos. Mediante este trabajo, Rodríguez-Pascua *et al.* (2009) definen tres etapas distintas de actividad de FPH: (1) > 700 ka B.P.; (2) entre 400-100 ka B.P. y (3) 100 ka B.P.-Actualidad. Dichas etapas corresponden a la correlación estratigráfica de las diferentes formaciones estratigráficas dentro de la cuenca y datan mediante U-Th los sistemas de tobas en 100 ka B.P. Utilizando las diferencias de cota del salto principal acumulado que afecta a los sistemas de tobas correlacionables, obtienen valores mínimos para la tasa de deslizamiento de 0,09 mm/año (100ka B.P.-Actualidad), siendo de 0,05 mm/año para periodos anteriores (400-100 ka B.P.). Mediante las curvas de Slemons (1982) calculan un periodo de recurrencia 10 ka para terremotos de 6 $<M_w<$ 7. También realizan una serie de trincheras en la falla obteniendo estructuras de desgarre y una roca de

falla de más de dos metros de potencia, pudiéndose identificar al menos dos paleoterremotos en los últimos 100 ka.

Este segmento Cordovilla de la FPH tiene una orientación de N130ºE y corresponde a una banda de deformación intensamente fracturada de unos 4 km de ancho aproximadamente. Además, se encuentra flanqueado por dos fuentes termales: La Pestosa (al NO) y los Baños de Sta. Quiteria (al SE), siendo esta última conocida y utilizada desde tiempos romanos. En la parte central de la banda de deformación se encuentra la laguna de Alboraj, represada por la actividad de la falla en los últimos 100 ka (Rodríguez-Pascua *et al.*, 2008 y 2009). El origen de esta cuenca es consecuencia de la existencia de un graben central de tipo complejo. El escarpe más reciente expuesto en superficie está junto al límite SO de esta laguna y afecta a distintos tipos de materiales lacustres del Pleistoceno superior-Holoceno. Estos autores realizan una trinchera en la zona de falla con una mayor componente de desgarre, pero no es posible obtener materiales aptos para la datación, observándose al menos dos eventos en dicha trinchera. Por este motivo deciden realizar una segunda trinchera en una zona donde pueda haber mayor probabilidad de encontrar materia orgánica para datar, ubicando la trinchera en una zona con una mayor componente normal en un área con evidencias de endorreísmo. Para la selección de la ubicación de la segunda trinchera se utilizaron criterios geomorfológicos aplicados mediante la ecuación de difusión (Rodríguez-Pascua *et al.*, 2008) y criterios de campo en los que se buscaron zonas donde hubiese más sedimentación en el escarpe. El lugar elegido fue la continuación hacia el NO de una de las fracturas abiertas con desplazamiento en la horizontal, que se pueden seguir en las calizas lacustres (Rodríguez-Pascua *et al.*, 2008), hasta que su cambio de orientación le da un carácter netamente normal.

La trinchera está orientada hacia los N050ºE, con una longitud total de 11 m y 3 m de ancho. En la trinchera puede observarse un salto de falla normal con el bloque levantado en su extremo SO y el hundido en el NE. En el último terremoto, el arrastre del bloque hundido genera un giro de la parte superficial de éste, produciendo una cuña con una falla inversa perpendicular a la falla normal principal. Como consecuencia del último terremoto que generó el salto principal, observable actualmente en el terreno, se generaron fracturas abiertas en la superficie con un relleno posterior de materia orgánica de origen edáfico con restos vegetales (cuadrículas de trinchera: B6-B7-B8), madera y gasterópodos, todos ellos susceptibles de datación mediante C^{14}. Las formaciones que aparecen dentro de la trinchera corresponden a sedimentos lacustres depositados sobre yesos reelaborados de facies Keuper (Triásico).

Se pueden identificar al menos dos terremotos (Rodríguez-Pascua *et al.*, 2012):

- El más reciente tiene un salto neto de falla de 1,2 m. El plano de falla fue observado en la trinchera, con una orientación media de N145ºE/65ºNE (cuadrículas de trinchera: B8-C7-D7) con un cabeceo de 88º medido en sentido horario. Realizando una excavación a lo largo del plano de falla para observar su irregularidad, se pudieron realizar un total de 19 medidas de plano de falla con estría obteniendo mediante el método de los "diedros rectos" un régimen tectónico normal a normal direccional para el último terremoto. Utilizando la relación empírica de Wells y Coppersmith (1994) se obtiene una M_w = 6,8. Se han realizado dos dataciones de la cuña clástica que queda junto al plano de falla fosilizándolo (cuadrículas de trinchera: B7-C7) obteniendo un valor de 1950±30 años B.P. (gasterópodo) y 1630±30 años B.P. (material edáfico con alto contenido en materia orgánica).

- El segundo terremoto se puede identificar mediante una cuña clástica (cuadrículas de trinchera: C5-C6-C7) fosilizada por un conglomerado de grano fino y un paleosuelo conservado solo en el bloque hundido. Esta cuña tiene una potencia máxima de 80 cm y aplicando la relación empírica de Wells y Coppersmith (1994) se obtiene una $M_w \geq 6,7$. Este evento se ha podido datar mediante un trozo de madera carbonizada tomado de la discordancia angular, dando una edad de 7.380±90 años B.P. Por tanto, este terremoto debe tener una edad inmediatamente inferior a este valor, ya que la cuña clástica asociada a este evento fosiliza la discordancia angular.

También se puede identificar un evento más antiguo, registrado por una discordancia angular de los materiales lacustres. Estos fueron deformados mediante un pliegue de arrastre durante el salto cosísmico y posteriormente erosionado y fosilizado nuevamente por la sedimentación lacustre. Sin embargo, no se puede afirmar con fiabilidad un salto mínimo, debido a la carencia de capas de referencia en estos materiales.

Otro de los efectos geológicos más importantes, son las sismitas localizadas mediante sondeos superficiales en el fondo actual de la Laguna de Alboraj. Se realizaron 35 sondeos dentro de la laguna encontrando un registro sedimentario con alternancias de capas de carbonatos laminados, que facilitan mucho la observación de estructuras de deformación de origen sísmico. Las principales estructuras localizadas han sido "fault graded beds" y pequeñas intrusiones de limos y arenas carbonatadas. Estas estructuras fueron datadas gracias a la materia orgánica que abunda en estos sondeos y las edades son compatibles con el s. I-IV AD.

A unos 12 km en línea recta desde la trinchera se encuentra el Parque Arqueológico de El Tolmo de Minateda. En este yacimiento se ha podido constatar, mediante técnicas arqueosismológicas, la presencia de un terremoto acaecido entre el s. I y el s. IV, época Altoimperial Romana, en el que se produjo el colapso orientado de la muralla defensiva, abandono de sistemas de riego, despoblación de la ciudad y de toda la zona (Rodríguez-Pascua *et al.*, 2013). En este mismo yacimiento se han podido constatar los efectos de otros terremotos importantes en la zona, uno de época Visigoda (s. VII AD), época Islámica (s. IX AD) y los efectos del terremoto de Lisboa de 1º de noviembre de 1755.

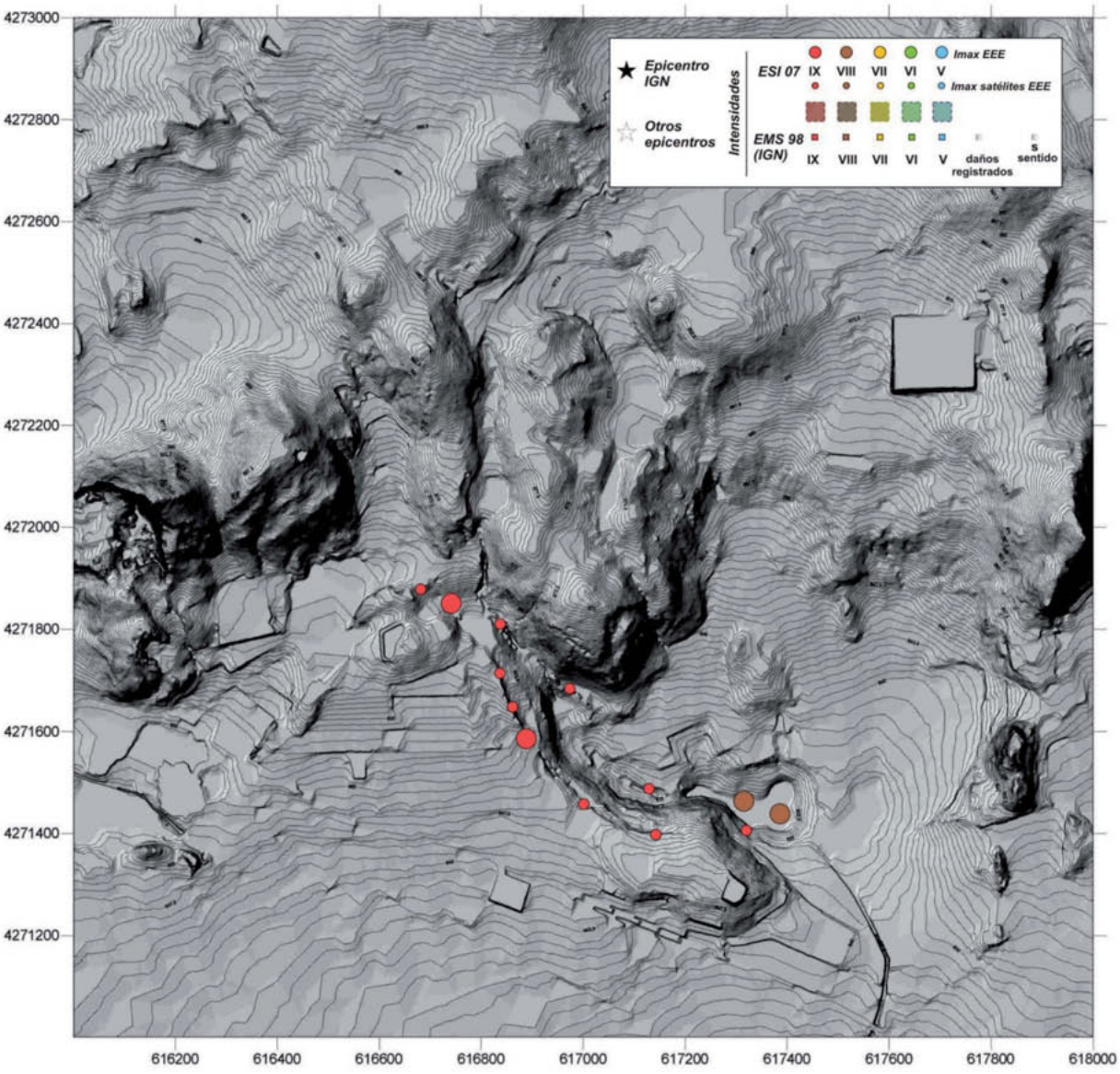


Trinchera de falla realizada por Rodríguez-Pascua et al. *(2012) en la Falla de Pozohondo en las proximidades de la laguna de Alboraj, en la que se pueden observar las grietas superficiales y el salto de falla del último evento.*

La falla de Pozohondo es una falla activa, con importantes evidencias tectosedimentarias, paleosismológicas y arqueosismológicas que así lo indican. Su tasa de deslizamiento reciente (100 ka BP-actualidad) es de 0,09 mm/año, obtenida mediante correlaciones estratigráficas en la Cuenca de Cordovilla, cuenca endorreica generada por la actividad de la falla. Su último terremoto importante data de época romana (2000-1600 BP) con 1,2 m de salto neto que indicaría una M_w = 6,8. Se ha podido constatar la presencia de otro terremoto anterior, cuyo salto neto es ≥ 0,8 m habiendo podido generar una $M_w \geq 6,7$, la edad radiometría obtenida indicaría que es más reciente de 7.000 años BP.

Por último, solo comentar que, como en el resto de los casos de eventos geológicos, la localización epicentral corresponde a la trinchera de falla donde se ha detectado el evento paleosísmico sobre la traza de la falla, por tanto es solo indicativa, correspondiéndole un índice de calidad de determinación epicentral (Q_e) G. De la misma forma, el índice de calidad de determinación de la intensidad (Q_i) es también geológico (G), lo que supone que se ha determinado a partir de relaciones empíricas existentes sobre longitud de ruptura-magnitud o desplazamiento-magnitud.

DISTRIBUCIÓN DAÑOS ESI-07/EMS-98 GEO 0300400: *ILUNUM* (Tobarra - Albacete). 300-400 AD											EFECTOS GEOLÓGICOS
EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
GEO 0300400*AD*	-	1°39'29'' O	38°35'10'' N	6,8 M*	-	-	X	G	G	G	***Ilunum*. Tobarra. AB.**



REFERENCIAS **DATOS BIBLIOGRÁFICOS**

GEO 0300400: *ILUNUM* (Tobarra - Albacete). 300-400 AD

Autores: Miguel Ángel Rodríguez-Pascua y María Ángeles Perucha Atienza, Instituto Geológico y Minero de España (IGME).

Bibliografía Terremoto de *Ilunum*, Tobarra de 300-400 AD

Abad-Casal, L., Gutiérrez-Lloret, S., Sanz-Gamo, R. (1998): El Tolmo de Minateda, una historia de tres mil quinientos años. Ed. Junta de Comunidades de Castilla – La Mancha. Toledo. 161 p.

García del Cura, M.A., Ordóñez, S., Calvo, J.P., (1979): Estudio sedimentológico de la cuenca Cuaternaria de Cordovilla (Provincia de Albacete). En: Zaragoza, CSIC (Ed.), Actas de la III Reunión Nacional del Grupo Español de Trabajo del Cuaternario, pp. 247–257.

Rodríguez-Pascua, M.A., de Vicente, G. (2001): Estado de esfuerzos actual en la Cordillera Bética Oriental. Boletín Geológico y Minero de España, 112(4): 79-95.

Rodríguez-Pascua, M.A., De Vicente, G., Calvo, J.P., Pérez-López, R. (2003): Similarities between recent seismic activity and paleoseismites during the Late Miocene in the External Betic Chain: relationship by "b" value and fractal dimension. Journal of Structural Geology, 25: 749–763.

Rodríguez-Pascua, M.A., Pérez-López, R., Calvo, J.P. García del Cura, M.A. (2008): Recent seismogenic fault activity in a Late Quaternary closed-lake graben basin (Albacete, SE Spain). Geomorphology, 102(1): 169-178. doi: 10.1016/j.geomorph.2007.06.023.

Rodríguez-Pascua, M.A., Bischoff, J., Garduño-Monroy, V.H., Pérez-López, R., Giner-Robles, J.L., Israde-Alcántara, I., Calvo, J.P., Williams, R.W. (2009): Estimation of the tectonic slip-rate from Quaternary lacustrine facies within the intraplate Albacete province (SE of Spain). Sedimentary Geology, 222(1-2): 89-97. doi: 10.1016/j.sedgeo.2009.06.007.

Rodríguez-Pascua, M.A., Silva, P.G., Garduño-Monroy, V.H., Pérez-López, R., Israde-Alcántara, I., Giner-Robles, J.L., Bischoff, J.L., Calvo, J.P. (2010): Ancient earthquakes from archaeoseismic evidence during the Visigothic and Islamic periods in the archaeological site of "Tolmo de Minateda" (SE Spain). In: Sintubin, M., Stewart, I.S., Niemi, T.M., and Altunel, E., (eds.). Ancient Earthquakes: Geological Society of America Special Paper 471: 171-184. doi: 10.1130/2010.2471(15).

Rodríguez-Pascua, M.A.; Pérez-López, R.; Garduño-Monroy, V.H.; Giner-Robles, J.L.; Silva, P.G.; Perucha-Atienza, M.A.; Hernández-Madrigal, V.M.; Bischoff, J. (2012): Paleoseismic and geomorphologic evidence of recent tectonic activity of the Pozohondo Fault (Betic Cordillera, SE Spain). Journal of Iberian Geology, 38(1), 113-126.

Rodríguez-Pascua, M.A.; Abad Casal, L.; Pérez-López, R.; Gamo Parra, B.; Silva, P.G.; Garduño-Monroy, V.H.; Giner-Robles, J.L.; Perucha-Atienza, M.A.; Israde-Alcántara, I.; Bischoff, J.; Calvo, J.P. (2013): Roman, Visigothic and Islamic evidence of earthquakes recorded in the archaeological site of "El Tolmo de Minateda" (Prebetic Zone, southeast of Spain). Cuaternario y Geomorfología, 27 (3-4): 65-72.

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	GEO0300400.01.01 *01.01. Tobarra (Albacete)*	EVENTO	GEO0300400 *ILUNUM*. TOBARRA. AB	EFECTO	EFECTO PRIMARIO (RUPTURA SUPERFICIAL): SR/10

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Tobarra. AB	1°39'28"O	38°35'6"N	597 m	0 km²	-	-	Sin Datos (Geológico)

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Zona exhumada de la cuenca lacustre de Cordovilla	Pendiente del terreno	Muy baja (5%)
Descripción Geológica	Trinchera de falla realizada en la Falla de Pozohondo, en el segmento Tobarra-Cordovilla. Se ha excavado un segmento con componente principalmente de desgarre.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario	Calizas oncolíticas y Tobas lacustres	Estratificado	Consolidado	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno	Plioceno	100 ka BP	0,09	Geológico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	Sin datos

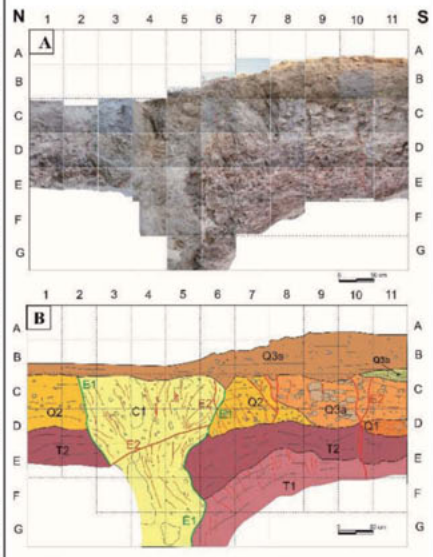
EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Primario	Tipo de Efecto ESI-07	ELEVACIÓN TECTÓNICA DEL TERRENO: SR/10

Descripción: ***Unidades T1 y T2:*** Arcillas triásicas, posiblemente facies Keuper, que presentan numerosos planos de fracturación y están plegados cerca de la zona de cizalla. ***Unidad L1:*** canal fluviolacustre de base erosiva con oncolitos retrabajados que se encaja en las facies T2 (30 cm de potencia máxima). ***Unidad L2:*** carbonatos lacustres con estratificación horizontal, con oncolitos dispersos (60 cm de potencia). Es erosionado por la capa L3. Presenta fracturación en las proximidades de la roca de falla. ***Unidad L3:*** canal carbonático de base erosiva con clastos de tamaño decimétrico en la parte central de la estructura. ***Unidad L4:*** canal de base erosiva de pequeñas dimensiones (20 cm de potencia) y compuesto por arenas silíceas sin consolidar. ***Unidad C1:*** roca de falla compuesta principalmente por las unidades L1 y L2 fracturadas, apareciendo espejos de falla en los clastos fragmentados. Los oncolitos encontrados aparecen pulidos y algunos elongados según una línea de cabeceo entre 30°-80° sobre el plano de falla (165°/41°E). Esta roca de falla aparece limitada por sendos planos de falla, los cuales se encuentran deformados en el contacto con las arcillas de las unidades T1 y T2. El grado de fracturación es muy importante, apareciendo dos etapas de fracturación deducidas por relaciones de corte. Se han observado grandes bloques de carbonatos que engloban la matriz de la roca de falla, que muy posiblemente se hayan formado *in situ* por la circulación preferente de fluidos a favor del plano de falla y posterior precipitación. Estos bloques engloban matriz y clastos orientados. **Unidad S:** nivel edáfico actual que presenta mayor potencia en la zona S de la trinchera. Aparece afectado por la última etapa de fracturación (cuadrícula 4A y 5A).

Interpretación: Geométricamente, la diferencia de cota de 9 m entre los labios de la falla normal direccional (NO-SE) que corta las tobas datadas en 100 ka, sugiere una tasa de deslizamiento preliminar de la falla en 0,09 mm/año, siendo este valor el más lento posible.

Cuantificación: Movimiento transpresivo que produce fallas direccional-inversas y estructuras en flor positivas que llegan a afectar al nivel de suelo (pendiente de datación). Este último evento pasa a ser de componente normal-direccional hacia el NO de la falla, pudiéndose observar un escarpe con un *freeface* de 1,9 m. Este escarpe ha sido datado mediante análisis morfométricos de escarpes de falla (Ecuaciones de Difusión de la pendiente del escarpe) entre 1 y 2 ka (Rodríguez Pascua *et al.*, 2008,2009).



Trinchera 1 realizada en la falla de Pozohondo en las inmediaciones de la Laguna de Alboraj.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	X	Calidad de los datos (Qg)	G	*Efectos geológicos y/o ambientales observables en campo y mediante trincheras.*

Referencias bibliográficas:

Rodríguez-Pascua, M.A., Pérez-López, R., Calvo, J.P. García del Cura, M.A. (2008): Recent seismogenic fault activity in a Late Quaternary closed-lake graben basin (Albacete, SE Spain). *Geomorphology*, 102(1): 169-178. doi: 10.1016/j.geomorph.2007.06.023.
Rodríguez-Pascua, M.A., Bischoff, J., Garduño-Monroy, V.H., Pérez-López, R., Giner-Robles, J.L., Israde-Alcántara, I., Calvo, J.P., Williams, R.W. (2009): Estimation of the tectonic slip-rate from Quaternary lacustrine facies within the intraplate Albacete province (SE of Spain). *Sedimentary Geology*, 222(1-2): 89-97. doi: 10.1016/j.sedgeo.2009.06.007.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua y María Ángeles Perucha Atienza, Instituto Geológico y Minero de España (IGME).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	GEO0300400.01.02 *01.02. Tobarra (Albacete)*	EVENTO	GEO0300400 *ILUNUM.* TOBARRA. AB	EFECTO	EFECTO PRIMARIO (RUPTURA SUPERFICIAL): SR/10

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Tobarra. AB	1°39'32''O	38°35'12''N	606 m	0 km²	-	-	Sin datos (Geológico)

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Zona exhumada de la cuenca lacustre de Cordovilla	Pendiente del terreno	Muy baja (5%)
Descripción Geológica	Trinchera de falla realizada en la Falla de Pozohondo, en el segmento Tobarra-Cordovilla. Se ha excavado un segmento con componente principalmente de desgarre tanstensivo, falla normal en cuenca "*pull-apart*".		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario	Calizas oncolíticas y Tobas lacustres	Estratificado	Consolidado	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno	Plioceno	100 ka BP	0,09	Geológico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	Sin datos

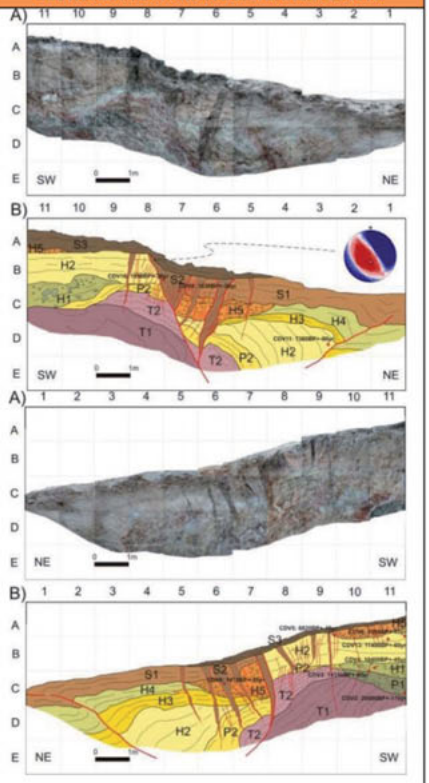
EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Primario	Tipo de Efecto ESI-07	ELEVACIÓN TECTÓNICA DEL TERRENO: SR/10

Descripción: ***Unidades T1 y T2:*** Unidades más antiguas correspondientes a facies Keuper (Triásico). Estos materiales aparecen fracturados y plegados con recristalizaciones de yeso. ***Unidad P1:*** Canal fluviolacustre de 50 cm de potencia de base erosiva que afecta a las unidades T1 y T2. El relleno del canal está compuesto por oncolitos y fragmentos de toba reelaborados. ***Unidad P2:*** Caliza lacustre con laminación horizontal y presencia de oncolitos (60 cm de potencia). ***Unidad H1:*** Conglomerado de matriz arenosa con clastos de calizas y tobas lacustres. ***Unidad H2:*** Depósitos fluviolacustres con estratificación horizontal y bioturbación. ***Unidad H3:*** Caliza lacustre con estratificación planar con oncolitos de tamaño centimétrico. ***Unidad H4:*** Caliza detrítica lacustre con matriz micrítica y bien estratificada. ***Unidad H5:*** Cuña detrítica de conglomerado de matriz arenosa, formada por materiales lacustres reelaborados. ***Unidad S1:*** Paleosuelo formado por arenas siliciclásticas con cantos carbonatados y rico en materia orgánica. ***Unidad S2:*** Relleno de grietas del sustrato (*groundcracks*) con alto contenido en materia orgánica y gasterópodos terrestres. ***Unidad S3:*** Suelo actual.

Interpretación: La tasa de deslizamiento reciente de la falla de Pozohondo (100 ka BP-actualidad) es de 0,09 mm/año, obtenida mediante correlaciones estratigráficas en la Cuenca de Cordovilla, cuenca endorreica generada por la actividad de la falla. Su último terremoto importante data de época romana (300-400 AD) con 1,2 m de salto neto que indicaría una M_w = 6,8. Se ha podido constatar la presencia de otro terremoto anterior, cuyo salto neto es ≥ 0,8 m habiendo podido generar una M_w ≥ 6,7, la edad radiometría obtenida indicaría que es más reciente de 7.000 años BP.

Cuantificación: El evento más reciente tiene un salto neto de falla de 1,2 m. El plano de falla fue observado en la trinchera, con una orientación media de N145ºE/65ºNE (B8-C7-D7) con un cabeceo de 88º medido en sentido horario (diedros rectos de la figura: el azul representa la máxima extensión y el rojo la máxima compresión). Realizando una excavación a lo largo del plano de falla para observar su irregularidad, se pudieron realizar un total de 19 medidas de plano de falla con estría obteniendo mediante el método de los "diedros rectos" un régimen tectónico normal a normal direccional para el último terremoto. El desplazamiento en la ruptura de falla más importante indica una intensidad mínima de X ESI-07 a lo largo de la zona de falla.



Las dos caras de la Trinchera 2 realizada en la falla de Pozohondo en las inmediaciones de la Laguna de Alboraj.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	X	Calidad de los datos (Qg)	G	*Efectos geológicos y/o ambientales observables en campo y mediante trincheras.*

Referencias bibliográficas:	Rodríguez-Pascua, M.A.; Pérez-López, R.; Garduño-Monroy, V.H.; Giner-Robles, J.L.; Silva, P.G.; Perucha-Atienza, M.A.; Hernández-Madrigal, V.M.; Bischoff, J. (2012). Paleoseismic and geomorphologic evidence of recent tectonic activity of the Pozohondo Fault (Betic Cordillera, SE Spain). *Journal of Iberian Geology*, 38 (1), 113-126.		
Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua y María Ángeles Perucha Atienza, Instituto Geológico y Minero de España (IGME).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	GEO0300400.01.03 *01.03.Tobarra (Albacete)*	EVENTO	GEO0300400 *ILUNUM*. TOBARRA. AB	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/10

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN (INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS)
01 / Tobarra	1°39'23"O	38°35'03"N	594 m	1,5 ha	-	-	Sin datos (Geológico)

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Zona exhumada de la cuenca lacustre de Cordovilla	Pendiente del terreno	Muy baja (5%)
Descripción Geológica	Cuenca Lacustre de Cordovilla.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario	Calizas oncolíticas y Tobas lacustres	Estratificado	Consolidado	-
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475}IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno	Plioceno-Pleistoceno	≥ 100 ka (Th/U)	0,09	Geológico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin Datos	Sin datos

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/10

Descripción: Calizas oncolíticas, calizas estromatolíticas y tobáceas en facies netamente lacustres. En total estos materiales sedimentarios poseen 16 m de potencia y el techo de la serie se encuentra a una cota de 616 m de altura s.n.m. Estos depósitos poseen una edad Plio-Pleistocena; los más recientes del Pleistoceno Superior. Las facies oncolíticas se encuentran retrabajadas y asociadas a canales, con cantos imbricados que indican direcciones de corriente NE-SO y un sentido de movimiento del agua hacia el SE. Si nos desplazamos hacia el eje central de la cuenca, se atraviesa una zona de falla normal con un graben y horst central que separa los sedimentos más antiguos de los más recientes. Muestran importantes sistemas de grietas en los materiales rocosos cementados de longitud hectométrica y apertura métrica subparalelas a la ruptura de falla principal y en los casos más relevantes relacionados con la misma. La edad de estas calizas oscila entre los 700 ka en el punto más bajo de la columna estratigráfica y los 100 ka en el superior, siendo actualmente activa la Laguna de Alboraj donde se siguen acumulando sedimentos (Rodríguez-Pascua *et al.*, 2012).

Interpretación: La Falla de Pozohondo (NO-SE) en esta zona tiene una componente transtensiva generando una cuenca "pull-apart". En esta zona topográficamente deprimida es donde se desarrolla la Laguna de Alboraj durante todo el Cuaternario. Durante el último evento sísmico, datado entre el 300-400 AD, las calizas lacustres depositadas en esta cuenca son afectadas por el movimiento de cizalla de la falla generando abundantes grietas superficiales. En algunos casos estas grietas ya han sido cubiertas por suelos y se ve parcialmente su desarrollo, pero en otras ocasiones se pueden observar directamente sobre el terreno como se muestra en las fotografías adjuntas.

Cuantificación: En esta zona, cerca de la ruptura superficial de la Falla de Pozohondo, junto a la laguna de Alboraj se pueden observar grietas abiertas en el sustrato con una orientación NO-SE y aperturas que superan el metro. Estas fracturas se pueden continuar durante más de 1 km de longitud, en segmentos que pueden superar ampliamente los 100 m de longitud y presentar aperturas ≥0.7 m (ocasionalmente métricas). Estas dimensiones y la frecuencia de fracturas en la zona indican una intensidad mínima de X ESI-07.



Aspecto de las grietas que afectan a las calizas lacustres en el entorno de la laguna de Alboraj (Tobarra).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	X	Calidad de los datos (Qg)	G	*Efectos geológicos y/o ambientales observables en campo y mediante trincheras.*

Referencias bibliográficas: Rodríguez-Pascua, M.A.; Pérez-López, R.; Garduño-Monroy, V.H.; Giner-Robles, J.L.; Silva, P.G.; Perucha-Atienza, M.A.; Hernández-Madrigal, V.M.; Bischoff, J. (2012): Paleoseismic and geomorphologic evidence of recent tectonic activity of the Pozohondo Fault (Betic Cordillera, SE Spain). *Journal of Iberian Geology*, 38(1), 113-126.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua y María Ángeles Perucha Atienza, Instituto Geológico y Minero de España (IGME).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	GEO0300400.01.04 *01.04 Tobarra (Albacete)*	EVENTO	GEO0300400 *ILUNUM*. TOBARRA. AB	EFECTO	LICUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/8

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Tobarra	1°39'10"O	38°35'02"N	585 m	-	-	-	Sin datos (Geológico)

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Fondo de lago	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	Sismitas extraídas de sondeos de gravedad realizados en el relleno sedimentario actual de la Laguna de Alboraj (Tobarra).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Calizas	Limos y Arenas	Estratificada	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pleistoceno	Pleistoceno	100 ka BP U-Th	0,09	Geológico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	Sin datos

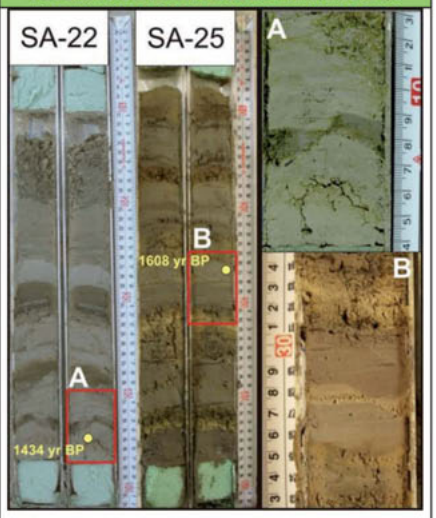
EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LICUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/8

Descripción: Se han tomado 35 sondeos realizados con sonda de gravedad en el fondo de la Laguna de Alboraj. En la actualidad la laguna tiene una profundidad máxima de 6 m y los sondeos registran los primeros 50 cm del relleno lacustre, los cuales corresponden a un registro sedimentario máximo de unos 3000 años (datado mediante C^{14}). Se han localizado diferentes estructuras de deformación, de escala centimétrica, en estos sedimentos, fundamentalmente fallas normales e intrusiones de limos y arenas (Rodríguez-Pascua *et al.*, 2012).

Interpretación: Las estructuras de deformación observadas corresponden a sismitas conocidas como "*fault graded beds*". Estas estructuras implican fenómenos de licuefacción para su génesis, al igual que los diques de limos que también aparecen en la serie estratigráfica, por lo que la magnitud mínima para generarlos es de M ≥ 5-5,5. Se producirían en los sedimentos del fondo de la laguna. Las edades radiométricas obtenidas son coherentes con las obtenidas en las trincheras de falla para el último evento datado en torno al 300-400 AD en época Altoimperial romana. Por tanto se puede correlacionar con este evento que también destruyó la ciudad romana de *Ilunum* (actualmente corresponde al Parque Arqueológico de El Tolmo de Minateda) que también se ha catalogado.

Cuantificación: Se han observado tres niveles con fracturación normal (ver fotografía adjunta), en una posición estratigráfica correlacionable entre los distintos sondeos y una edad radiométrica sin calibrar de entre 1608 años BP y 1434 años BP. La potencia de los niveles deformados es de unos 4 cm, indicando una intensidad mínima de VII ESI-07. No obstante, la correlación cronológica de estas deformaciones con las edades de los desplazamientos registrados en las trincheras de falla adyacentes y los valores de los mismos sugieren que esta localidad experimentó una sacudida de intensidad ≥ VIII ESI-07.



Sondeos SA-22 y SA-25 en los que se han observado "fault graded beds" (puntos A y B).
Imágenes de detalle de los "fault graded beds" de dichos sondeos.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	G	*Efectos geológicos y/o ambientales observados en sondeos de gravedad realizados en el fondo actual de la Laguna de Alboraj.*

Referencias bibliográficas: Rodríguez-Pascua, M.A.; Pérez-López, R.; Garduño-Monroy, V.H.; Giner-Robles, J.L.; Silva, P.G.; Perucha-Atienza, M.A.; Hernández-Madrigal, V.M.; Bischoff, J. (2012): Paleoseismic and geomorphologic evidence of recent tectonic activity of the Pozohondo Fault (Betic Cordillera, SE Spain). *Journal of Iberian Geology*, 38 (1), 113-126.

Información Recopilada: *Miguel Ángel Rodríguez-Pascua y María Ángeles Perucha Atienza, Instituto Geológico y Minero de España (IGME).*

Ficha Publicada: *Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España* | Número (Vol.): 2 | Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	GEO0300400.02.01 *02.01. Parque Arqueológico de El Tolmo de Minateda (Albacete)*	EVENTO	GEO0300400 ***ILUNUM*. TOBARRA. AB**	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Varios

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
02 / Tolmo de Minateda	1°36'22"O	38°28'35"N	486 m	10 ha	12,5 km	NORESTE	Sin datos (Geológico)

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Mesa	Pendiente del terreno	Muy Suave (5-10%)
Descripción Geológica	Pequeña muela de techo plano elevada sobre el entorno que le rodea. Constituye un cerro testigo desarrollado en calizas bioclásticas marinas (facies deltaicas) del Mioceno Superior.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Calizas bioclásticas	Roca	Estratificada / Subhorizontal	Consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno Superior	Mioceno Superior	Sin datos	0,09	Geológico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería y mampostería	Muralla y construcciones defensivas	Algunos	Destructivo	Sin datos

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	VENTILACIÓN ESPONTÁNEA SUBTERRÁNEA: EAE/8

Descripción: El Tolmo de Minateda tiene un registro arqueológico prácticamente continuo desde hace 3.500 años, teniendo una falta de registro injustificada a finales del siglo IV AD (Abad Casal *et al.*, 1998). En este periodo se registra un colapso orientado de la sólida muralla de entrada a la antigua ciudad romana de *Ilunum*, así como de las dos torres defensivas que flanqueaban la entrada al Tolmo en la zona conocida como El Reguerón. Este constituye un estrecho barranco de fuerte pendiente que permite el acceso a la parte superior del Tolmo, donde se situaba la ciudad. Estudios arqueosismológicos del lugar también indican el desarrollo de fracturas penetrativas en los restos de la muralla no derrumbados (Rodríguez-Pascua *et al.*, 2013). La ciudad queda totalmente destruida en este periodo y no es ocupada de nuevo hasta un siglo después, ya en época visigoda. Los sistemas de riego de la zona también fueron abandonados y no se volvieron a utilizar con posterioridad.

Interpretación: Las caídas orientadas de la muralla y de las torres defensivas de la entrada hacia el NE indican una posible llegada de la onda sísmica desde esa dirección. Esto indicaría que la ruptura superficial de falla localizada en la Laguna de Alboraj (Tobarra), situada a 12 km en línea recta, podría haber sido la responsable de la destrucción de la ciudad romana. Además, las edades radiométricas obtenidas en las trincheras y en los sondeos donde se han observado sismitas son compatibles con un terremoto ocurrido entre el año 300 y el 400 AD (Rodríguez-Pascua *et al.*, 2012). Por tanto, tenemos evidencias paleosismológicas de primer orden (rupturas superficiales de falla estudiadas en trincheras), grietas en el sustrato y sismitas (dentro de la Laguna de Alboraj) compatibles cronológicamente hablando con las evidencias arqueosismológicas de El Tolmo de Minateda, evidenciando un terremoto durante la primera mitad del siglo IV AD (Rodríguez-Pascua *et al.*, 2010; 2013). Datos de estos autores indican el registro de EAEs significativos en diferentes épocas de ocupación del Tolmo (Romana, Musulmana y Visigoda), así como el desprendimiento de grandes bloques de la parte sur de la muela durante el terremoto de Lisboa de 1755 AD, que no se han incluido en el presente catálogo.

Cuantificación: Los efectos observados dentro del Parque Arqueológico de El Tolmo de Minateda indican que la ciudad es totalmente destruida en esta época. Es abandonada y no es ocupada hasta un siglo más tarde. No solo es abandonada la ciudad romana sino que también se abandonan todos los sistemas de riego y explotaciones agrícolas de la zona, lo cual indicaría que hubo un evento que afecta a toda la zona de manera muy importante. El nivel de destrucción indica una intensidad mínima ≥ VIII EMS, la cual es coherente con la intensidad máxima asignada al evento (X ESI-07) en función de los parámetros geométricos obtenidos en las trincheras de falla a 12 km de distancia al NE (Rodríguez-Pascua *et al.*, 2012).



Imagen superior: colapso de la muralla romana construida con bloques de sillería grapados entre sí.
Imagen inferior: balsa de riego de Zama abandonada en el s. IV AD.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	≥VIII	Calidad de los datos (Qg)	G	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Abad-Casal, L., Gutiérrez-Lloret, S., Sanz-Gamo, R. (1998): El Tolmo de Minateda, una historia de tres mil quinientos años. Ed. Junta de Comunidades de Castilla – La Mancha. Toledo. 161 p.

Rodríguez-Pascua, M.A., Silva, P.G., Garduño-Monroy, V.H., Pérez-López, R., Israde-Alcántara, I., Giner-Robles, J.L., Bischoff, J.L., Calvo, J.P. (2010): Ancient earthquakes from archaeoseismic evidence during the Visigothic and Islamic periods in the archaeological site of "Tolmo de Minateda" (SE Spain). In: Sintubin, M., Stewart, I.S., Niemi, T.M., and Altunel, E., (eds.). *Ancient Earthquakes*: Geological Society of America Special Paper 471: 171-184. doi: 10.1130/2010.2471(15).

Rodríguez-Pascua, M.A.; Pérez-López, R.; Garduño-Monroy, V.H.; Giner-Robles, J.L.; Silva, P.G.; Perucha-Atienza, M.A.; Hernández-Madrigal, V.M.; Bischoff, J. (2012): Paleoseismic and geomorphologic evidence of recent tectonic activity of the Pozohondo Fault (Betic Cordillera, SE Spain). *Journal of Iberian Geology*, 38 (1), 113-126.

Rodríguez-Pascua, M.A.; Abad Casal, L.; Pérez-López, R.; Gamo Parra, B.; Silva, P.G.; Garduño-Monroy, V.H.; Giner-Robles, J.L.; Perucha, M.A.; Israde-Alcántara, I.; Bischoff, J.; Calvo, J.P. (2013):Roman, Visigothic and Islamic evidence of earthquakes recorded in the archaeological site of "El Tolmo de Minateda" (Prebetic Zone, southeast of Spain). Cuaternario y Geomorfología, 27 (3-4): 65-72.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua y María Ángeles Perucha Atienza, Instituto Geológico y Minero de España (IGME).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

9.5. ARQ 0350400 ALCALÁ DE HENARES (Madrid) 300-400 AD
Terremoto de **Complutum** *(Romano, Siglo IV)*

ARQ 0350400: *COMPLUTUM* (Alcalá de Henares-Madrid). 350 - 400 AD — ANTIGUO

FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
350 – 400 *AD*	-	3°19'9,21"O	40°30'17"N	≥ 5,5 Mw	≥ VIII	≥ VIII	IX	Q	Q	G	***Complutum*. A. de Henares. M**

Método de datación:	NO CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Rodríguez-Pascua *et al.* (2014; 2015; *in press*)							**Tipo Evento:**	ARQ
Prof. km	-	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**Mo**	-	**Eventos asociados**	-	**Agencia:**	SCI. PUB
EEE Primarios	NO			**Longitud Falla**		-		**Desplazamiento**	-	**Tipo Desp.:**	SIN DATOS
EEE Secundarios	SÍ			**Categoría ESI07**		☒GK ☐SM ☒LQ ☐HD ☐HA ☐WA ☐TS				**Área afectada:**	≥ 10 km²
Otros EEE Ambientales	NO			☐ OTROS EFECTOS (OT): No registrados.							
EAE Efectos Arqueosismológicos	SÍ			☒ EAEs: Daños en el yacimiento romano de La Magdalena (Barriada industrial de *Complutum*). Responden a rupturas direccionales del terreno y hundimientos-elevaciones del terreno de carácter centimétrico generados por la licuefacción generalizada de la zona, que provocan rupturas, desplazamientos y hundimientos de las edificaciones y cimientos (cisternas, basílicas, etc.). Una de las estructuras de licuefacción más importantes son los cráteres de arena por explosión, que también afectan a las instalaciones romanas. Las deformaciones también afectan a los enterramientos de la segunda mitad del siglo IV AD localizados en el sector Norte del yacimiento.							

Documentación IGN 2002: NO CATALOGADO

Referencias bibliográficas básicas:

Gómez-Pantoja, J. (2013): *Complutum* y su territorio. En: La romanización en Guadalajara, arqueología e historia. (M.L. Cerdeño, E. Gamo y T. Sagardoy, Eds.). Editorial La Ergástula, Madrid (España), 63-72.

Heras Martínez, C., *et al.* (2015): El conjunto industrial romano altoimperial de "La Magdalena II" (Alcalá de Henares): hornos, almacenes y conjuntos hidráulicos. Actas VIII Jornadas de Patrimonio Arqueológico en la Comunidad de Madrid. pp. 1-14.

Rodríguez-Pascua, M.A., *et al.* (2014): Evidencias Arqueosismológicas de la destrucción de *Complutum* en el siglo IV AD (Cuenca del Tajo, España). En: IBERFAULT II (F. Martín-González *et al.*, Eds). IGME – UCM, Madrid, España, pp. 141-144.

Rodríguez-Pascua, M.A., *et al.* (2015): New insights on the occurrence of ancient earthquakes in Central Spain: Archaeoseismology of the *Complutum* area (4th century AD, Madrid). Miscellanea, INGV, 27, 410-413.

Rodríguez-Pascua, *et al.* (2016): Seismically induced liquefaction structures in La Magdalena archaeological site, the 4th century AD Roman *Complutum* (Madrid, Spain). Sedimentary Geology, 344, p. 34-46. DOI: 10.1016/j.sedgeo.2016.01.025.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
ARQ 0350400 *Complutum*. A. Henares, M	3°19'9.21"W	40°30'17"N	≥ 5.5 Mw	≥ VIII	≥ VIII	IX	G	**Central Spain; Southern Meseta (Zone 12)**

EVENT NO CATALOGED IN THE IGN DATA BASES
Ref.: Rodríguez-Pascua *et al.* (2014; 2015; *in press*)

Event Type: **ANCIENT**

GENERAL DAMAGE: The most important EAEs in the site are liquefactions (sand dikes, explosive sand-gravel craters, open ground cracks and lateral spreading phenomena) affecting Roman structures, such as water tanks (cisterns), buildings and graves. Ground liquefaction generated significant ground cracks, explosive craters and folds in foundations of buildings. Ground shacking and liquefaction affected to the graveyards of the second half of the 4th Century AD disturbing the skeletons buried in wood coffins (allowing the free movement of bones). Previous and latter burials don't display such type of post-mortem alterations. The city of *Complutum*, 4 km away, was anomalously abandoned during the late 4th Century AD, shortly after their monumentalization during the early 4th Century. Several other Roman sites throughout the valley between *Complutum* (Alcalá) y La Arriaca (Guadalajara), in a radius of c. 20 km, were also abandoned abruptly during this period, in some cases with EAEs of similar origin.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Secondary effects featured by widespread liquefaction processes triggering ground cracking by lateral spreading, sand ejections and the occurrence of important explosive sand-gravel craters more than one meter in diameter. All these secondary earthquake effects caused the important damage in roman buildings and facilities summarized above.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☒ ***1 Ground cracks (GK):*** *Open ground cracks few meters length and c. 30 centimetres wide, linked to liquefaction and sand ejection processes. Several of these ground cracks are affecting to roman buildings and cisterns (water tanks) triggering the rupture of thick floors and walls (40 - 55 cm) built with "opus caementicium" (Roman Concrete) of hydraulic setting.*
☐ ***Slope movements (SM):*** *No Reported.*
☒ ***4 Liquefaction processes (LQ):*** *Widespread liquefaction processes throughout the eastern zone of the archaeological site, associated to an ancient sand-gravel point-bar. Liquefaction features include sand and gravel dikes, explosive sand-gravel craters (> 1m diameter) and lateral spreading (ground cracking) structures. Trenching and electric tomography data indicate that the liquefied sand levels was about 6 m in depth.*
☐ ***Hydrogeological Anomalies (HD; HA):*** *No Reported.*
☐ ***Anomalous Waves and Tsunamis (WA; TS):*** *No Reported.*
☐ ***Other effects:*** *No Reported.*
☒ ***3 Archaeoseismic damage:*** *Outstanding structures of deformations, such as: (1) disrupted, folded and differentially sunk building foundations; (2) Ruptured, rotated, tilted and collapsed walls and floors made of thick roman concrete by ground cracking and liquefaction; (3) Exploded water cistern corners by the occurrence of liquefaction explosion craters; (4) Disturbed skeletons in coffin burials triggered by ground shaking and liquefaction processes.*

☒ ***Geological Data:*** *Event supported by numerous geological and archaeological data since the earlier excavations of La Magdalena site in the year 2014 (i.e. Rodríguez-Pascua et al., 2014; 2016; Heras Martínez, 2015). Archeoseismological research mapped all the disturbed roman structures and burials. Site investigations include 2D electric tomography, trenching analyses of ground deformation structures, excavation of sand-gravel explosion craters (Rodríguez-Pascua et al., 2016). Geological and Geomorphological analyses point to the Henares Fault (c. 20 km length) as the suspect seismic source. This fault runs along the opposite valley margin, c. 0.8 km away from the archaeological site, displays recent deformation features of Late Quaternary age and their dimensions enable the generation of earthquakes ≥ 5.5 Mw capable to generate the set of liquefaction structures affecting the archaeological site. The earthquake is archaeologically dated in the second half of the 4th Century AD.* ***Quality of Geological information: Class G.***

Research / Data compilation by: *M.A. Rodríguez-Pascua (IGME), P.G. Silva (USAL), M.A. Perucha (IGME), J.L. Giner-Robles (UAM). Newly published 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
ARQ 0350400 *Complutum*. A. Henares, M	3°19'9,21"O	40°30'17"N	≥ 5,5 Mw	≥ VIII	≥ VIII	≥ VIII	G	**España Central; Sur de la Meseta (Zona 12)**
EVENTO NO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN Ref.: Rodríguez-Pascua *et al.* (2014; 2015)								**Tipo de Evento** **ANTIGUO**

DAÑOS GENERALES: Los efectos más importantes están asociados al proceso de licuefacción generalizada que sufrió la zona, dando lugar a intrusiones de diques de arena, cráteres de explosión de arena y gravas, agrietamientos del terreno y *lateral spreading*, que afectaron al conjunto de las estructuras presentes en el yacimiento romano. La licuefacción del terreno provocó grandes agrietamientos y su deformación diferencial produciendo pliegues y diferencias de cota que afectaron a los cimientos de las construcciones, como un almacén de planta basilical y cisternas. Las licuefacciones también afectaron a los enterramientos de la segunda mitad del siglo IV AD, removilizando y desplazando los esqueletos dentro de los ataúdes. Enterramientos anteriores y posteriores no presentan este tipo de alteraciones post-mortem. La propia ciudad de *Complutum* (a unos 4 km) fue abandonada anómalamente y reubicada de lugar durante este periodo poco después de su monumentalización a principios del siglo IV AD. Además, varios asentamientos romanos también fueron abruptamente abandonados durante la segunda mitad del mismo siglo en el Valle del Henares entre *Complutum* (Alcalá) y la Arriaca (Guadalajara), en un radio de unos 20 km.

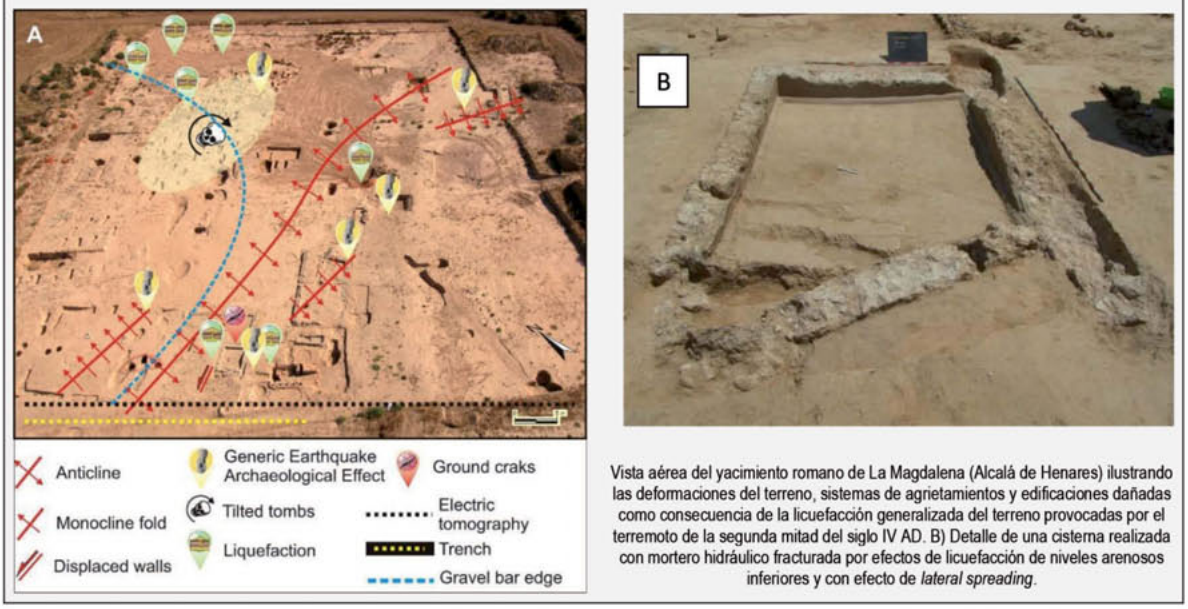
DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Efectos secundarios caracterizados por la licuefacción generalizada del terreno en la zona del yacimiento que provocó la generación de agrietamientos del terreno, lateral spreading, eyección de arenas y cráteres de explosión de más de un metro de diámetro. Todos estos procesos de deformación provocaron el severo daño sísmico que se sumariza en el apartado anterior. Las fichas EEE y EAE correspondientes a este evento recogen las deformaciones más importantes registradas en el yacimiento, pero no todas ellas.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☒ ***1 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Agrietamientos del terreno de unos pocos metros de longitud y anchura de unos 30 cm ligados a los procesos de licuefacción y eyección de arenas que afectan el lugar. Algunos de los agrietamientos más importantes afectan a edificaciones y cisternas romanas, provocando la ruptura, rotación, desplazamiento y destrucción de los suelos y muros de cisternas construidas en mortero hidráulico romano (opus caementicium) de unos 40-55 cm de espesor.*
☐ ***Movimiento de ladera (SM):*** *No Registrados.*
☒ ***4 Procesos de licuefacción (LQ):*** *Licuefacción generalizada del terreno en el sector oriental del yacimiento asociado a la presencia de una antigua barra de meandro arenosa sobre la que se ubica. Las estructuras de licuefacción incluyen diques de arenas y gravas, cráteres de explosión de gravas y arenas (> 1 m diámetro), así como estructuras de lateral spreading y agrietamientos del terreno asociados. La prospección geofísica y trincheras de exploración realizadas indican que los niveles de arenas licuefactados proceden de unos 6 m de profundidad.*
☐ ***Anomalías Hidrogeológicas (HD; HA):*** *No Registradas.*
☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (WA; TS):*** *No Registrados.*
☐ ***Otros efectos:*** *No Registrados.*
☒ ***3 Daños arqueológicos:*** *Las estructuras de deformación más significativas son: (1) cimentaciones de edificaciones desplazadas, plegadas y diferencialmente hundidas; (2) Muros y suelos de mortero romano rotos, rotados, inclinados y colapsados por procesos de agrietamiento y licuefacción del terreno; (3) Esquinas de cisternas estalladas como consecuencia de la ocurrencia de cráteres de explosión por licuefacción; (4) Esqueletos con huesos desplazados direccionalmente como consecuencia de la sacudida sísmica y licuefacción del terreno.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Evento documentado por numerosos datos geológicos y arqueológicos procedentes de las excavaciones del yacimiento de La Magdalena desde el año 2014 (Rodríguez-Pascua et al., 2014; 2016; Heras Martínez, 2015). La investigación arqueosismológica ha cartografiado y analizado todas las estructuras de deformación en edificaciones y enterramientos romanos. La investigaciones realizadas incluyen tomografías eléctricas 2D, análisis de trincheras en estructuras de deformaciones, excavación de los cráteres de explosión y análisis geocronológicos (Rodríguez-Pascua et al., 2016). Datos geológicos y geomorfológicos señalan a la Falla del Henares (c. 20 km de longitud) como la fuente sísmica responsable. Esta falla discurre por el margen opuesto del valle, a escasos 0,8 km de distancia del yacimiento arqueológico, presenta rasgos de deformación durante el Cuaternario reciente y sus dimensiones la habilitan para la generación de terremotos ≥ 5,5 Mw capaces de generar el conjunto de estructuras de licuefacción que afectan al yacimiento romano. El terremoto se encuentra datado arqueológicamente en la segunda mitad del siglo IV AD.* ***Calidad de la información Geológica: Clase G.***

Investigación / Compilación de la información: *M.A. Rodríguez-Pascua (IGME); P.G. Silva (USAL), M.A. Perucha (IGME), J.L. Giner-Robles (UAM). Nueva publicación 2017.*

IMAGEN EVENTO



Vista aérea del yacimiento romano de La Magdalena (Alcalá de Henares) ilustrando las deformaciones del terreno, sistemas de agrietamientos y edificaciones dañadas como consecuencia de la licuefacción generalizada del terreno provocadas por el terremoto de la segunda mitad del siglo IV AD. B) Detalle de una cisterna realizada con mortero hidráulico fracturada por efectos de licuefacción de niveles arenosos inferiores y con efecto de *lateral spreading*.

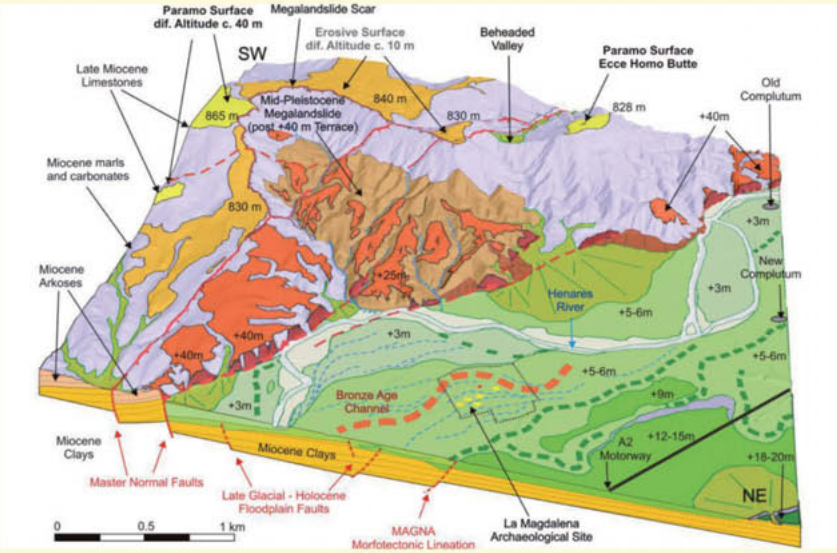
DESCRIPCIÓN
ARQ 0350400: *COMPLUTUM* (Alcalá Henares-Madrid). 350 - 400 AD **DATOS IGME**

Descripción del yacimiento arqueológico

El yacimiento de "La Magdalena" se localiza en el término municipal de Alcalá de Henares, antigua *Complutum* en época romana. Presenta hasta siete fases diferenciadas de ocupación, que se iniciarían con una necrópolis calcolítica con campaniforme (c. 2.500 AC). Tras un aparente largo periodo de desocupación se registran dos periodos de ocupación industrial y funeraria de época romana altoimperial (Siglos I – III AD) que dan paso a una gran necrópolis de inhumación bajoimperial (Siglos IV – V AD), que culminan en un proceso de ruralización del territorio con inhumaciones dispersas, en los siglos VI, VII e inicios del VIII AD correspondientes a la época Visigoda. Este yacimiento es una explotación agraria e industrial donde se procesaban productos tanto agrícolas como manufacturas (hierro y cerámicas) ligado a la gran metrópolis de *Complutum*. La antigua *Complutum* (Alcalá de Henares, Madrid) fue fundada en el siglo I AD y fue una de las ciudades más importantes de Hispania. *Complutum* fue destruida, abandonada bruscamente, reubicada y reconstruida en una nueva localización durante el Siglo IV AD. Las causas de la destrucción y la nueva localización de la ciudad son aún una incógnita para la arqueología, y quizá podría relacionarse con la destrucción sísmica de La Magdalena que aquí se documenta, aunque esta fase todavía se encuentra en estudio.

El yacimiento arqueológico de La Magdalena se encuentra asentado sobre la llanura de inundación del río Henares a +5 m sobre el thalweg del cauce actual del río. En detalle, el yacimiento ocupa la cara interna de un antiguo meandro del Henares, situándose sobre la barra (point-bar) del mismo. Las tomografías eléctricas realizadas en el yacimiento indican que se trata una sucesión de barras de gravas (más antiguas) y arenas (más modernas) que continúan en una sucesión de rellenos de canal solapados hacia el Sur (yuxtapuestos) y culminan en depósitos de llanura de inundación (arenas, limos, limos arcillosos y arcillas) sobre los que se producen los asentamientos humanos. Toda la sucesión posee una edad holocena (< 19.000 años BP), posee una potencia de 12 a 15 m, situándose por encima de los materiales arcillosos del Mioceno Superior (Rodríguez-Pascua *et al.*, 2016). En definitiva, según estos autores en un emplazamiento altamente susceptible a la ocurrencia de procesos de licuefacción.

Los restos correspondientes a las últimas fases de la época altoimperial romana excavados en este yacimiento (c. finales del Siglo III o inicios del Siglo IV AD; Heras Martínez *et al.*, 2015a) presentan evidencias de deformaciones tanto en las construcciones de fábrica como en los restos humanos localizados en la necrópolis (alteraciones post-mortem). No existen descripciones históricas de este terremoto, por lo que no ha sido registrado con anterioridad. La descripción de todas las estructuras de deformación co-sísmicas (EAEs) y efectos sobre el terreno (EEEs) que documentan este antiguo terremoto se describen en los siguientes apartados.



INTERPRETACIÓN **ANÁLISIS DE DATOS**

ARQ 0350400: *COMPLUTUM* (Alcalá Henares-Madrid). 350 - 400 AD

Autores: Miguel Ángel Rodríguez-Pascua, Instituto Geológico y Minero de España (IGME).
Pablo G. Silva, Departamento de Geología, Universidad de Salamanca (USAL).
María Ángeles Perucha Atienza (IGME).

EEE. Efectos Geológicos y Ambientales Terremoto *Complutum* (Alcalá Henares),350-400AD

Las deformaciones observadas están relacionadas con la licuefacción de los niveles de arena cerca de la superficie (5-6 m de profundidad). Estos datos han sido corroborados mediante prospección geofísica, excavación de trincheras y catas de exploración y datos de pozos romanos antiguos excavados en el yacimiento, estos últimos alcanzando un máximo profundidad de 6 m (profundidad del nivel freático en época romana). Además, los datos de edad OSL de la trinchera indican claramente que los niveles de arena antiguos (16 – 19k años BP) situados en la base de la llanura de inundación (8 - 10 m de profundidad) fueron inyectados en los niveles más superficiales (1,5-2 m de profundidad) por una licuefacción extendida en todo el área del yacimiento arqueológico. Los datos de los perfiles de tomografía eléctrica realizados en el yacimiento indican una deformación compleja de los materiales que conforman la llanura de inundación, canales y antiguas barras de grava-arena, relacionados con eventos paleosísmicos anteriores que ocurrieron antes de los primeros asentamientos del Calcolítico en el yacimiento (5.000-5.500 años BP). Los procesos de licuefacción de época romana fueron los responsables de la formación de diques de arena (*lateral spreading*), grietas en el sustrato, cráteres de explosión de arenas y gravas y asentamientos diferenciales del terreno. Este conjunto de procesos dañaron los edificios romanos, dejando deformaciones permanentes del terreno en superficie que ha sido posible estudiar gracias al detalle de las excavaciones arqueológicas. Además, los temblores de tierra produjeron la removilización de esqueletos en el nivel de enterramiento correspondiente a la segunda mitad del siglo 4 AD.

En relación al tamaño de grano licuefactado (arenas de grano medio) estas estarían dentro de los márgenes más altos de susceptibilidad a la licuefacción, mientras que las capas confinantes, situadas por encima de las licuefactadas, tendrían susceptibilidades mucho menores, incluso fuera de los límites de la licuefacción. Asimismo, la energía mínima liberada debería ser de $M_w \geq 5{,}0\text{-}5{,}5$ para un terremoto superficial de campo cercano (en un radio inferior a 25 km). Teniendo en cuenta las ecuaciones empíricas más utilizadas para el cálculo de la energía liberada por la ruptura de una falla (Wells y Coppersmith, 1994) y la cercana falla del Henares (cuya traza superficial total tiene 20 km y está situada a 800m al este) la energía máxima liberada podría haber sido de $M_w=6{,}6$. Por esta razón la magnitud responsable de la génesis de licuefacciones generalizadas en el yacimiento arqueológico de La Magdalena varió de 5.0 a la 6.6 M_w. Por otro lado, la consideración de la dimensión y la frecuencia de cráteres de arena (> 3 m) y grietas del sustrato (> 0,5m) registradas en todo el yacimiento (10.000 m^2) conduce a una intensidad sísmica local ESI-07 de al menos IX (Michetti *et al*., 2007). Obviamente, la amplificación sísmica (efecto de sitio) estaba condicionada por la potencia de sedimentos fluviales recientes no consolidados (10 m), un nivel freático poco profundo (5-6 m), niveles de arena licuefactables saturados en agua a poca profundidad (6-10 m) y una capa confinante arcillosa superior (0.7-1.1 m). Esta capa confinante fue crucial para la formación de cráteres de explosión de arena y gravas.

En general se observan dos tipos de EEEs característicos del yacimiento:

(1) Fracturas abiertas en el sustrato y diques de arena afectando a construcciones: Estas grietas son de carácter métrico con aperturas que superan los 30 cm. En uno de los casos afectan directamente a una cisterna construida mediante mortero hidráulico. Las grietas cortan la base de la cisterna y son penetrativas, continuando en el sustrato donde se asienta dicha cisterna. Este tipo de mortero es muy resistente a las cargas y compresiones, por lo que estas grietas no pueden explicarse por la simple ruina de la construcción. En el fondo de la cisterna se han observado dos marcas de impacto, que podrían ser debidas al colapso de los muros laterales. Después de realizar una cata en la base de la cisterna de 1,5 m de profundidad, se ha podido observar de muro a techo que el sustrato sobre el que se asientan los cimientos de la cisterna está compuesto por una capa de arenas y gravas de 50 cm. Sobre estos materiales se depositan 40 cm de arenas siliciclásticas de tamaño de grano medio a grueso con cantos de cuarcita, que intruyen en las capas suprayacentes. Sobre estos materiales hay una capa de limos de matriz arcillosa de 20 cm de potencia, en la que se pueden observar a muro de esta capa intrusiones de arena de tamaño decimétrico procedentes del nivel inferior. A techo de la serie encontramos limos arenosos con matriz arcillosa (15 cm) y una capa antropizada de 20 cm de potencia de limos y restos arqueológicos desorganizados. Los procesos de licuefacción se han podido observar en las capas de arenas y gravas inferiores, actuando como niveles confinantes los limos arcillosos que tienen a techo. Estas licuefacciones llegaron a extruir en superficie a través de algunas grietas, ya que la cisterna se encontraba llena de estos materiales cuando se realizaron las excavaciones. Algunas de estas grietas también se producen por "*lateral spreading*" como consecuencia de los procesos de licuefacción que generan el colapso de las estructuras en diferentes tipos de construcciones. En el caso de la cisterna, el hundimiento producido por la extrusión de arenas en superficie genera grietas y una adaptación de los materiales plásticos infrayacentes (limos arcillosos), que actúan como capas confinantes, inyectándose en esas grietas posiblemente por la acción del agua contenida en la cisterna al ser liberada por la rotura de la misma. En la zona NE del yacimiento se han podido observar construcciones que contaban con escalones de sillería, "hundidos" 3 m con respecto a la cota media del yacimiento. En este punto es

posible observar un dique de arenas de más de 70 cm de desarrollo vertical y 1 m de ancho afectando al nivel antropizado superior.

(2) Cráteres de explosión de arena y gravas: Otra de las estructuras generadas por las licuefacciones son los cráteres de explosión, tanto de arenas como de gravas. En el caso de La Magdalena predominan los cráteres desarrollados en gravas asociados a las barras de gravas de la llanura de inundación del Henares. Estas estructuras han sido descritas desde época histórica, como ocurrió en el terremoto de Calabria de 1783. En el caso de La Magdalena tenemos cráteres que afectan a construcciones romanas y cráteres aislados. Debido al detalle que permite la excavación arqueológica se han podido identificar estas estructuras con un gran detalle. Una de las características más importantes, no definidas hasta el momento, han sido los cantos estriados y fracturados que aparecen en los conductos de alimentación de los cráteres. El flujo de arena entre los cantos ha producido estrías sobre las superficies de los mismos y los impactos entre cantos de grava cuarcítica los han fracturado, llegando a estar incluso pulverizados los de composición totalmente de cuarzo. Fuera de los conductos de alimentación y zonas de extrusión, las gravas no están deformadas (no aparecen ni estrías ni cantos fracturados). Tanto en los cráteres aislados como en los que afectan a construcciones romanas se han podido identificar los sistemas de fracturas radiales y concéntricas en el sustrato, asociadas al desarrollo de este tipo de estructuras. Uno de los ejemplos más claros y espectaculares es el que afecta a una cisterna realizada con mortero hidráulico destinada al almacenamiento de aceite o vino, habiéndose hallado el contrapeso de la prensa en las proximidades de la cisterna. Durante la excavación de la cisterna fueron hallados fragmentos de mortero hidráulico en un radio de 20 m alrededor de la cisterna. Esto explica el carácter explosivo de estas estructuras cuando se produce la extrusión del material licuefactado en la superficie. Esta característica también se ve reflejada en el suelo de la cisterna que aparece basculado 20º hacia la superficie alrededor de la zona del cráter que secciona la base de la misma. Un dato realmente interesante es que dentro de dos de estos cráteres, uno el que afecta a la cisterna y el otro el más grande que aparece aislado, han aparecido más de 100 herramientas férricas dentro de los mismos, algunas de ellas con restos de plata, lo que indica que muchas de ellas eran no solo herramientas de trabajo sino elementos de lujo. Estos objetos debieron ser arrojados al interior de los cráteres justo después de la licuefacción, ya que aparecen sistemáticamente en posición vertical. Esto puede ser debido a que los pulsos de extrusión de arena y gravas, que pudieron durar horas o incluso días (como está documentado durante el terremoto de Acambay, México, de 1912), reorganizaron los elementos metálicos de su interior. Estas herramientas fueron una ofrenda a los dioses romanos del inframundo, ya que el hierro está asociado tanto al mineral como al fuego.

EAE. Efectos Arqueosismológicos del Terremoto de *Complutum* (Alcalá Henares), 350-400AD

Licuefacciones: Estas estructuras ya han sido descritas en el apartado de EEEs. Tan solo recordar que son las responsables de las principales estructuras de deformación estudiadas en edificaciones romanas del yacimiento, especialmente en el caso de pliegues del sustrato y cimientos en edificios (descritos en el siguiente párrafo). Asimismo son las responsables de las grietas y cráteres que destruyeron dos de las cisternas de mortero hidráulico del yacimiento, además de las que produjeron el desplazamiento direccional de los huesos de esqueletos de los enterramientos correspondientes a la segunda mitad del siglo IV AD.

Sustrato y cimientos plegados: Se ha podido constatar que la base de los cimientos de diferentes construcciones se encuentran a distintas cotas para una misma construcción. El modo constructivo de este tipo de asentamientos implicaba un allanamiento previo de la zona antes de la cimentación, posteriormente se realizaba una cimentación utilizando cantos de cuarcita procedentes de los canales de gravas y sobre estos se levantaban los muros de sillarejo utilizando carbonatos procedentes de las calizas del páramo, cercanas a esta zona. En uno de los edificios estudiados, de planta basilical (zona NO del yacimiento), podemos observar un pliegue monoclinal en la que la diferencia de cota en esta zona llana, entre los cimientos de la parte sur y la norte del edificio, supera el metro. El eje del pliegue es NE-SO, congruente con un pliegue de mayor entidad que se puede deducir al medir las diferencias de cota de los cimientos de los distintos edificios que componen el yacimiento, entre ellos, talleres de alfarería, hornos y construcciones agrícolas.

Tumbas deformadas: Gran parte de la necrópolis situada en la zona norte del yacimiento, se encuentra alterada con respecto a lo que debió de ser su disposición original. Se ha podido constatar durante la fase de excavación del yacimiento que parte de las tumbas se encuentran basculadas y algunos de los cuerpos tenían la pelvis desplazada hasta la altura del tórax. Estos desplazamientos óseos se produjeron después de que los huesos perdiesen cohesión muscular entre sí, permitiendo su desplazamiento libre dentro de los ataúdes. En estos enterramientos, de carácter paleocristiano, se han encontrado restos de la madera de los ataúdes, así como de los clavos que habían empleado en su construcción. Los desplazamientos de los huesos de los esqueletos (post-mortem) se pueden relacionar con la sacudida sísmica, pero fundamentalmente con los procesos de licuefacción generalizados que afectaron al yacimiento, que facilitaron el movimiento de los ataúdes los cuales pudieron llegar a "flotar" sobre este material fluido, generando el desplazamiento de los restos óseos contenidos en los ataúdes.

REFERENCIAS **DATOS BIBLIOGRÁFICOS**

ARQ 0350400: *COMPLUTUM* (Alcalá Henares-Madrid). 350-400 AD

Autores: Miguel Ángel Rodríguez-Pascua, Instituto Geológico y Minero de España (IGME).
Pablo G. Silva, Departamento de Geología, Universidad de Salamanca (USAL).
María Ángeles Perucha Atienza (IGME).

Bibliografía del Terremoto de *Complutum* (Alcalá Henares), 350-400 AD

Gómez-Pantoja, J. (2013): Complutum *y su territorio. En: La romanización en Guadalajara, arqueología e historia. (M.L. Cerdeño, E. Gamo y T. Sagardoy, Eds.). Editorial La Ergástula, Madrid (España), 63-72.*

Heras Martínez, C., Galera Olmo, V. y Bastida Ramírez A. B. (2015a): El conjunto industrial romano altoimperial de "La Magdalena II" (Alcalá de Henares): hornos, almacenes y conjuntos hidráulicos. Actas de las octavas jornadas de Patrimonio Arqueológico en la Comunidad de Madrid. pp. 1-14.

Heras Martínez, C., Galera Olmo, V., Bastida Ramírez A. B. y Corrales Pevida R. (2015b): Necrópolis Bajoimperial y Tardorromana de "La Magdalena" III-IV (Alcalá de Henares): contextualización arqueológica. Actas de las octavas jornadas de Patrimonio Arqueológico en la Comunidad de Madrid. pp.1-14.

Rascón Marqués, S. (2007): La así llamada casa de Hippolytus*: la fundación de los* anios *y la* schola *de una agrupación colegial de la ciudad romana de* Complutum*. Archivo Español de Arqueología, 80, 119-152.*

Rascón Marqués S. y Sánchez Montes, A. L. (2014): Complutum*: de la ciudad clásica a la deconstruida a través de 700 años de historia. Monografías de Arqueología Cordobesa, 20. 309-324. Servicio de Pub. Universidad de Córdoba. ISBN 978-84-9927-163-7.*

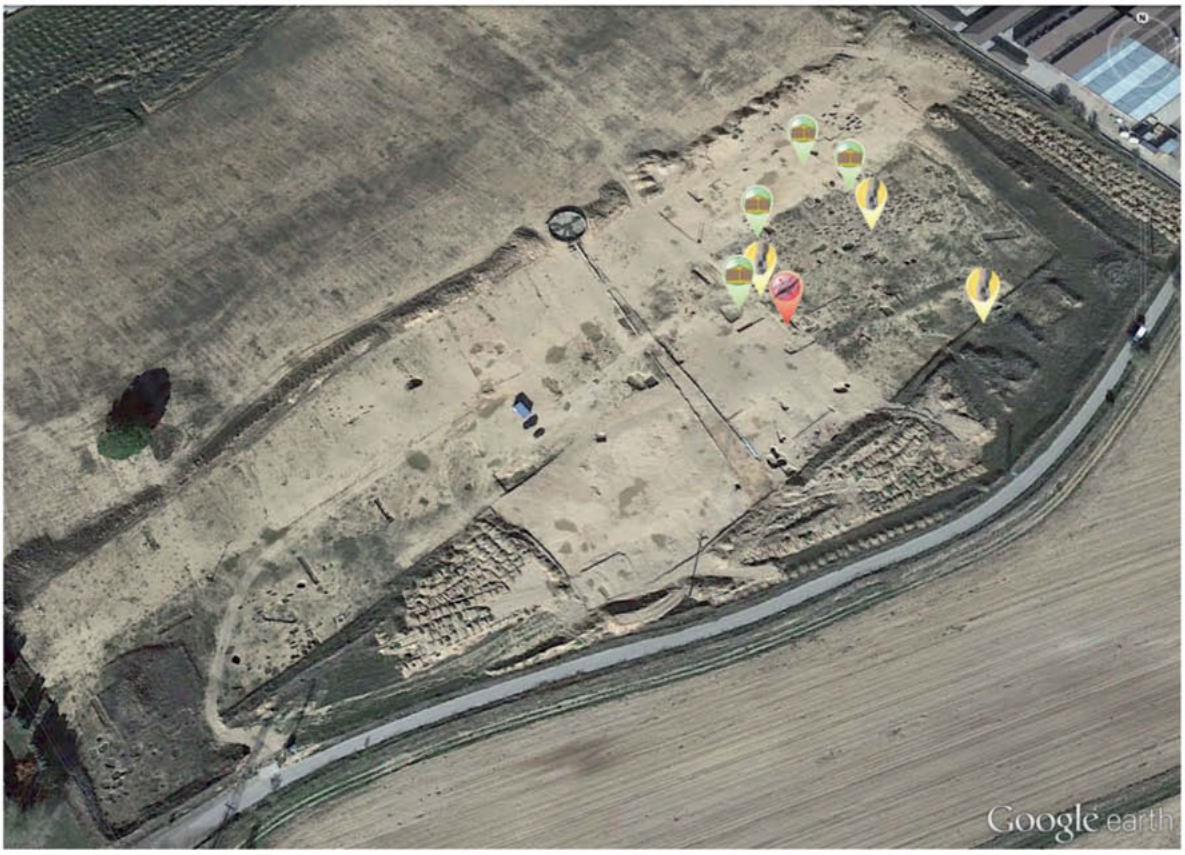
Rodríguez-Pascua, M.A., Heras, C., Bastida, B., Giner-Robles, J.L., Silva, P.G., Perucha, M.A., Roquero, E., Carrasco, P., Pérez-López, R., Lario, J., Bardají, T. y García Gutiérrez, G.B. (2014): Evidencias Arqueosismológicas de la destrucción de Complutum *en el siglo IV AD (Cuenca del Tajo, España).En: IBERFAULT II (F. Martín-González et al., Eds). IGME – UCM, Madrid, España, pp. 141-144.*

Rodríguez-Pascua, M.A., Heras, C., Bastida, A.B., Giner-Robles, J.L., Silva, P.G., Perucha, M.A., Roquero, E., Carrasco, P., Pérez-López, R., Lario, J., Bardaji, T. (2015): New insights on the occurrence of ancient earthquakes in Central Spain: Archaeoseismology of the Complutum *area (4th century AD, Madrid). Miscellanea, INGV, 27, 410-413.*

Rodríguez-Pascua, M.A., Silva, P. G., Perucha, M.A., Giner-Robles, J. L., Heras, C., Bastida, A. B., Carrasco, P., Roquero, E., Lario, J., Bardaji, T., Pérez-López, R., Elez, J. (2016): Seismically induced liquefaction structures in La Magdalena archaeological site, the 4th century AD Roman Complutum *(Madrid, Spain). Sedimentary Geology, 344, p. 34-46. DOI: 10.1016/j.sedgeo.2016.01.025.*

INFORMACIÓN MACROSÍSMICA ARQ 0350400: *COMPLUTUM* (Alcalá Henares-Madrid). 350-400 AD											EFECTOS GEOLÓGICOS	
EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO	
ARQ 0350400*AD*	-	3°19'9,21"O	40°30'17"N	≥ 5,5 Mw	≥ VIII	≥ VIII	≥ VIII	Q	Q	G	*Complutum*. A. de Henares. M	
Tipo de Efectos Catalogados											Número de Fichas 08	05 EEEs 03 EAEs

Imagen Google Earth de la localización de efectos catalogados en la zona epicentral



Información macrosísmica catalogada

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
01.01 Alcalá de Henares (cisterna 1)	3° 19.156'O	40° 30.287'N	GK	E 0,8 km	Sin datos	Sin datos	X
01.02 Alcalá de Henares (cisterna 2)	3° 19.134'O	40° 30.322'N	LQ	E 0,8 km	Sin datos	Sin datos	IX
01.03 Alcalá de Henares (cráter)	3° 19.145'O	40° 30.329'N	LQ	E 0,8 km	Sin datos	Sin datos	IX
01.04 Alcalá de Henares (cráter)	3° 19.161'O	40° 30.309'N	LQ	E 0,8 km	Sin datos	Sin datos	IX
01.05 Alcalá de Henares (trinchera)	3° 19.168'O	40° 30.291'N	LQ	E 0,8 km	Sin datos	Sin datos	IX
01.06 Alcalá de Henares (basílica)	3° 19.162'O	40° 30.294'N	EAE	E 0,8 km	Sin datos	Sin datos	IX
01.07 Alcalá de Henares (casa)	3° 19.106'O	40° 30.287'N	EAE	E 0,8 km	Sin datos	Sin datos	IX
01.08 Alcalá de Henares (tumbas)	3° 19.130'O	40° 30.311'N	EAE	E 0,8 km	Sin datos	Sin datos	IX

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	ARQ0350400.01.01 *01.01. Alcalá de Henares (Madrid)*	EVENTO	ARQ0350400 COMPLUTUM.M		EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/9
Código /Localidad	**Longitud**	**Latitud**	**Altitud**	**Área localidad**	**Distancia epicentral**	**Orientación epicentro**	**Datos Macrosísmicos IGN** INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Alcalá de Henares (Madrid)	3° 19.156'O	40° 30.287'N	595 m	0 m²	≤10 km	ESTE	**SIN DATOS**

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura de inundación	**Pendiente del terreno**	Llano (< 2%)
Descripción Geológica	El yacimiento arqueológico de La Magdalena se encuentra en Alcalá de Henares, al norte de la ciudad, en el polígono industrial de La Esgaravita. Se sitúa en la llanura de inundación del Río Henares (+ 5-6 m), en su margen derecha del río, (Norte), frente a los escarpes neógenos lineales que delimitan la margen meridional del valle en este sector y que se desarrollan a favor del labio levantado de la falla del Henares (NNE-SSO) que discurre al pie del mismo.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Arenas y gravas	Gravas, arenas y limos	Estratificación horizontal	Sin consolidar	IV (2)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475} IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pleistoceno Superior	Holoceno	c. 2000 BP (Romano)	<0,04	Arqueológico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Encofrado de mortero hidráulico (*opus caementicium*)	Cisterna	Único	Ruina	Sin datos

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO:GK/9

Descripción: Agrietamientos del terreno afectando a una cisterna romana construida mediante encofrado de mortero hidráulico romano (*opus caementicium*) de unos 40 - 55 cm de espesor. En el margen sur de la cisterna se observan grietas penetrativas que fragmentan la mitad de la misma, quedando incluso desplazado su muro sur prácticamente un metro. Dentro de las grietas aparecen arenas y la cisterna estaba rellena de similar material arenoso cuando se procedió a su excavación arqueológica. Las grietas son de carácter métrico (c. 1,50 m; anchura de la cisterna) con aperturas que superan los 30 cm, actualmente rellenas de arenas. Las grietas cortan la base de la cisterna y son penetrativas, continuando en el sustrato donde se asienta la misma. Este tipo de mortero es muy resistente a las cargas y compresiones, por lo que estas grietas no pueden explicarse por la simple ruina de la construcción. En el fondo de la cisterna se han observado dos marcas de impacto, que podrían ser debidas al colapso de los muros laterales. El registro arqueológico y la tipología constructiva de la cisterna permiten reconocer dos fases de utilización de la misma (Heras *et al.*, 2015): La primera de época Flavia (Siglo I Ad) y la segunda de finales del siglo III o incluso inicios del siglo IV AD, que coincidiría con su eventual destrucción.

Interpretación: Estas grietas surgen como consecuencia de las intrusiones de arenas que proceden de niveles inferiores, desde una profundidad de 5-6 m corroborado mediante tomografía eléctrica y la realización de una trinchera (ver AQR0350400.01.05). La licuefacción de esta capa de arenas genera fenómenos de *lateral spreading* en el yacimiento, estos movimientos laterales del sustrato son los que favorecen la aparición de grietas y la intrusión de las arenas. Estos desplazamientos quedaron fosilizados en el muro sur de la cisterna, el cual se puede ver claramente desplazado prácticamente un metro. La entidad longitudinal de las grietas supera el metro de longitud y se observa cómo afectan al suelo de la cisterna rompiéndolo y escalonándolo. Pequeñas trincheras exploratorias evidenciaron la presencia de diques de arena y gravas asociados a estos agrietamientos. Para que se puedan generar licuefacciones de origen sísmico son necesarias magnitudes M_w=5,0-5,5, siendo la traza superficial de la falla del Henares de 20 km, la cual podría generar una Mw=6,6. Por tanto, el margen de magnitudes en el que se ubicaría el terremoto responsable de estos fenómenos de licuefacción estará entre 5,0 y 6,6.

Cuantificación: Dadas las dimensiones (longitud métrica y anchura decimétrica) de los procesos de agrietamiento del sustrato que afectan a la cisterna hidráulica y las características (espesor de unos 40 - 55 cm) de la misma, asignamos una intensidad ESI-07 de IX a este efecto. No obstante, se supone que la instalación hidraúlica se encontraba rellena de agua, favoreciendo procesos de carga diferencial sobre el sustrato arenoso licuefactado que provocaron finalmente los procesos de *lateral spreading*, agrietamiento y eyección de arenas.



Fenómenos de licuefacción sísmica observados en el yacimiento arqueológico de la Magdalena.
A) Cisterna de mortero hidráulico fracturada por efecto de "lateral spreading" asociado a la licuefacción del sustrato (s. IV AD).
B) Dique de arenas con removilización de gravas en la base de la cisterna (A)
B') Esquema interpretativo de la foto B).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	G	*Efectos geológicos y/o ambientales observables en campo o mediante trincheras.*

Referencias bibliográficas:

Heras, C., *et al.* (2015): El conjunto industrial romano altoimperial de "La Magdalena II" (Alcalá de Henares): hornos, almacenes y conjuntos hidráulicos. Actas Octavas Jornadas de Patrimonio Arqueológico en la Comunidad de Madrid. 1-14.

Rodríguez-Pascua, M.A., *et al.* (2014): Evidencias Arqueosismológicas de la destrucción de *Complutum* en el siglo IV AD (Cuenca del Tajo, España).En: IBERFAULT II (F. Martín-González et al., Eds). IGME – UCM, Madrid, España, pp. 141-144.

Rodríguez-Pascua, M.A., *et al.* (2015): New insights on the occurrence of ancient earthquakes in Central Spain: Archaeoseismology of the *Complutum* area (4th century AD, Madrid). Miscellanea, INGV, 27, 410-413.

Rodríguez-Pascua, *et al.* (2016): Seismically induced liquefaction structures in La Magdalena archaeological site, the 4th century AD Roman *Complutum* (Madrid, Spain). Sedimentary Geology, 344, p. 34-46. DOI: 10.1016/j.sedgeo.2016.01.025.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez Pascua (IGME), María Ángeles Perucha Atienza (IGME), Pablo G. Silva Barroso (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2016

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	ARQ0350400.01.02 *01.02. Alcalá de Henares (Madrid)*	EVENTO	ARQ0350400 COMPLUTUM.M	EFECTO	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/9

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Alcalá de Henares (Madrid)	3° 19.134'O	40° 30.322'N	595 m	0 km²	≤10 km	ESTE	SIN DATOS

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura de inundación	Pendiente del terreno	Llano (< 2%)
Descripción Geológica	El yacimiento arqueológico de La Magdalena se encuentra en Alcalá de Henares, al norte de la ciudad, en el polígono industrial de La Esgaravita. Se sitúa en la llanura de inundación del Río Henares (+ 5-6 m), en su margen derecha del río, (Norte), frente a los escarpes neógenos lineales que delimitan la margen meridional del valle en este sector y que se desarrollan a favor del labio levantado de la falla del Henares (NNE-SSO) que discurre al pie del mismo.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Arenas y gravas	Gravas, arenas y limos	Estratificación horizontal	Sin consolidar	IV (2)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pleistoceno Superior	Holoceno	c. 2000 BP (Romano)	<0,04	Arqueológico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Encofrado de mortero hidráulico (*opus caementicium*)	Cisterna	Único	Ruina	Sin datos

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/9

Descripción: Cráter afectando a una cisterna hidráulica en la que se puede apreciar el empuje desde debajo de la intrusión de arenas y gravas, ya que la base de la cisterna está plegada hacia la superficie con un ángulo de 20°. En el centro de la estructura se puede apreciar el conducto de alimentación de la licuefacción. Este está relleno de arenas y gravas. Los clastos (formados por cuarcitas, cuarzo u calizas micríticas en menor medida) de las gravas aparecen estriados y fracturados, en el caso de los compuestos de cuarzo pueden llegar a aparecer totalmente pulverizados. Durante la excavación también se pudo extraer un muro colapsado en el interior del cráter, así como más de 50 herramientas metálicas en su interior. En un radio de 20 m con respecto al cráter se encontraron fragmentos de mortero hidráulico, lo que da idea del carácter explosivo de esta estructura.

Interpretación: Esta estructura corresponde a un cráter por explosión de arenas y gravas, generado como consecuencia de la licuefacción y extrusión brusca de arenas licuefactadas en niveles inferiores (en este caso de entre 5-6 m de profundidad corroborados mediante geofísica). La presión hidrostática previa a la superación del límite a la rotura de la capa confinante inferior llegó a producir la rotura de los cantos de cuarcita y la pulverización de los de cuarzo. Una vez que se supera este límite a la rotura se produce una extrusión explosiva de los materiales fluidificados hacia la superficie, produciendo un esparcimiento de los mismos en un radio de unos 20 m. El flujo de la matriz arenosa en los cantos también genera estrías de flujo que marcarían la dirección de extrusión de los materiales licuefactados. El estupor que tuvo que generar este tipo de fenómenos entre la población que habitaba este emplazamiento les llevó a lanzar más de 50 herramientas metálicas en su interior para aplacar la ira de los dioses del inframundo, ya que el hierro se asocia tanto al mineral como al fuego. En el interior del cráter también se encontró una de las pareces colapsadas.

Cuantificación: Las dimensiones del cráter y las evidencias de flujo de agua y sedimentos indicarían procesos de licuefacción asociados a una intensidad IX ESI-07.



Cráter de explosión de arenas y gravas afectando a una cisterna de mortero hidráulico. En la parte central del cráter se puede observar el conducto de alimentación de la licuefacción.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	G	*Efectos geológicos y/o ambientales observables en campo o mediante trincheras.*

Referencias bibliográficas:

Heras, C., *et al.* (2015): El conjunto industrial romano altoimperial de "La Magdalena II" (Alcalá de Henares): hornos, almacenes y conjuntos hidráulicos. Actas Octavas Jornadas de Patrimonio Arqueológico en la Comunidad de Madrid. 1-14.

Rodríguez-Pascua, M.A., *et al.* (2014): Evidencias Arqueosismológicas de la destrucción de *Complutum* en el siglo IV AD (Cuenca del Tajo, España).En: IBERFAULT II (F. Martín-González et al., Eds). IGME – UCM, Madrid, España, pp. 141-144.

Rodríguez-Pascua, M.A., *et al.* (2015): New insights on the occurrence of ancient earthquakes in Central Spain: Archaeoseismology of the *Complutum* area (4th century AD, Madrid). Miscellanea, INGV, 27, 410-413.

Rodríguez-Pascua, *et al.* (2016): Seismically induced liquefaction structures in La Magdalena archaeological site, the 4th century AD Roman *Complutum* (Madrid, Spain). Sedimentary Geology, 344, p. 34-46. DOI: 10.1016/j.sedgeo.2016.01.025.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez Pascua (IGME), María Ángeles Perucha Atienza (IGME).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2016

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	ARQ0350400.01.03 *01.03. Alcalá de Henares (Madrid)*	EVENTO	ARQ0350400 COMPLUTUM.M	EFECTO	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/9

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Alcalá de Henares (Madrid)	3° 19.145'O	40° 30.329'N	595 m	0 km²	≤10 km	ESTE	SIN DATOS

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura de inundación	Pendiente del terreno	Llano (< 2%)
Descripción Geológica	El yacimiento arqueológico de La Magdalena se encuentra en Alcalá de Henares, al norte de la ciudad, en el polígono industrial de La Esgaravita. Se sitúa en la llanura de inundación del Río Henares (+ 5-6 m), en su margen derecha del río, (Norte), frente a los escarpes neógenos lineales que delimitan la margen meridional del valle en este sector y que se desarrollan a favor del labio levantado de la falla del Henares (NNE-SSO) que discurre al pie del mismo.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Arenas y gravas	Gravas, arenas y limos	Estratificación horizontal	Sin consolidar	IV (2)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pleistoceno Superior	Holoceno	c. 2000 BP (Romano)	<0,04	Arqueológico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
-	-	Único	Ruina	Sin datos

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/9

Descripción: Cráter de explosión de arenas y gravas que en este caso aparece dentro del yacimiento pero sin llegar a afectar a construcciones romanas. Este es el cráter de mayores dimensiones encontrado en el yacimiento, con 5 m de diámetro. Junto a este cráter aparecen otros dos de menor entidad. En el centro de la estructura se puede apreciar el conducto de alimentación de la licuefacción. Este está relleno de arenas y gravas. Los clastos (formados por cuarcitas, cuarzo u calizas micríticas en menor medida) de las gravas aparecen estriados y fracturados, en el caso de los compuestos de cuarzo pueden llegar a aparecer totalmente pulverizados. Estas zonas de pulverización de cantos son claramente visibles en el cráter, apareciendo como zonas blanco-grisáceas. Durante la excavación se extrajeron más de 60 herramientas metálicas en su interior.

Interpretación: Esta estructura corresponde a un cráter por explosión de arenas y gravas, generado como consecuencia de la licuefacción y extrusión brusca de arenas licuefactadas en niveles inferiores (en este caso de entre 5-6 m de profundidad corroborados mediante geofísica). La presión hidrostática previa a la superación del límite a la rotura de la capa confinante inferior llegó a producir la rotura de los cantos de cuarcita y la pulverización de los de cuarzo. El flujo de la matriz arenosa en los cantos también genera estrías de flujo que marcaría la dirección de extrusión de los materiales licuefactados. El estupor que tuvo que generar este tipo de fenómenos entre la población que habitaba este emplazamiento les llevó a lanzar más de 60 herramientas metálicas en su interior para aplacar la ira de los dioses del inframundo, ya que el hierro se asocia tanto al mineral como al fuego. En el interior del cráter también se encontró una de las pareces colapsadas. (ver fichas anteriores: ARQ0350400.01.01 y ARQR0350400.01.02)

Cuantificación: Las dimensiones del cráter y las evidencias de flujo de agua y sedimentos indicarían procesos de licuefacción asociados a una intensidad IX ESI-07.



Cráter de explosión de arenas y gravas. En la parte central del cráter se puede observar el conducto de alimentación de la licuefacción. Nótese la presencia de materiales blanco-grisáceos que corresponden a zonas de pulverización de cantos de cuarzo.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	G	*Efectos geológicos y/o ambientales observables en campo o mediante trincheras.*

Referencias bibliográficas:

Heras, C., *et al.* (2015): El conjunto industrial romano altoimperial de "La Magdalena II" (Alcalá de Henares): hornos, almacenes y conjuntos hidráulicos. Actas Octavas Jornadas de Patrimonio Arqueológico en la Comunidad de Madrid. 1-14.

Rodríguez-Pascua, M.A., *et al.* (2014): Evidencias Arqueosismológicas de la destrucción de *Complutum* en el siglo IV AD (Cuenca del Tajo, España).En: IBERFAULT II (F. Martín-González et al., Eds). IGME – UCM, Madrid, España, pp. 141-144.

Rodríguez-Pascua, M.A., *et al.* (2015): New insights on the occurrence of ancient earthquakes in Central Spain: Archaeoseismology of the *Complutum* area (4th century AD, Madrid). Miscellanea, INGV, 27, 410-413.

Rodríguez-Pascua, *et al.* (2016): Seismically induced liquefaction structures in La Magdalena archaeological site, the 4th century AD Roman *Complutum* (Madrid, Spain). Sedimentary Geology, 344, p. 34-46. DOI: 10.1016/j.sedgeo.2016.01.025.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez Pascua (IGME), María Ángeles Perucha Atienza (IGME).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2016

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	ARQ0350400.01.04 *01.04. Alcalá de Henares (Madrid)*	EVENTO	ARQ0350400 COMPLUTUM.M	EFECTO	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/9

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Alcalá de Henares (Madrid)	3° 19.161'O	40° 30.309'N	595 m	0 km²	≤10 km	ESTE	SIN DATOS

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura de inundación	Pendiente del terreno	Llano (< 2%)

Descripción Geológica	El yacimiento arqueológico de La Magdalena se encuentra en Alcalá de Henares, al norte de la ciudad, en el polígono industrial de La Esgaravita. Se sitúa en la llanura de inundación del Río Henares (+ 5-6 m), en su margen derecha del río, (Norte), frente a los escarpes neógenos lineales que delimitan la margen meridional del valle en este sector y que se desarrollan a favor del labio levantado de la falla del Henares (NNE-SSO) que discurre al pie del mismo.

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Arenas y gravas	Gravas, arenas y limos	Estratificación horizontal	Sin consolidar	IV (2)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pleistoceno Superior	Holoceno	c. 2000 BP (Romano)	<0,04	Arqueológico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
-	-	Único	Ruina	Sin datos

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

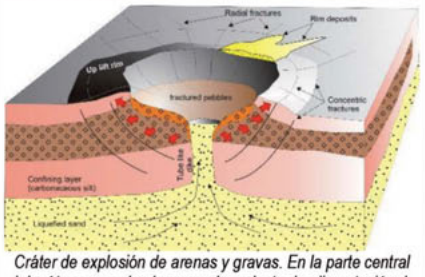
Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/9

Descripción: Cráter de explosión de arenas y gravas de 3,5 m de diámetro. En este caso no está afectando a construcciones romanas, sino que aparece aislado, dentro del yacimiento, junto a un conjunto de cráteres de diferentes dimensiones. Presenta características muy similares a las del cráter de las fichas anteriores (ARQ0350400.01.02 y ARQ0350400.01.03). En este cráter también aparecen cantos estriados y fracturados. Pero la característica más destacable de este cráter es que se pueden observar las fracturas radiales y circulares que se generan como consecuencia de la extrusión brusca de los materiales licuefactados hacia la superficie.

Interpretación: Esta estructura corresponde a un cráter por explosión de arenas y gravas, generado como consecuencia de la licuefacción y extrusión brusca de arenas licuefactadas en niveles inferiores (en este caso de entre 5-6 m de profundidad corroborados mediante geofísica). La presión hidrostática previa a la superación del linte a la rotura de la capa confinante inferior llegó a producir la rotura de los cantos de cuarcita y la pulverización de los de cuarzo. El flujo de la matriz arenosa en los cantos también genera estrías de flujo que marcaría la dirección de extrusión de los materiales licuefactados. La interpretación de este cráter es la misma que la de la ficha anterior (ver ARQ0350400.01.03).

Cuantificación: Las dimensiones del cráter y las evidencias de flujo de agua y sedimentos indicarían procesos de licuefacción asociados a una intensidad IX ESI-07.





Cráter de explosión de arenas y gravas. En la parte central del cráter se puede observar el conducto de alimentación de la licuefacción. Nótese las fracturas radiales y circulares generadas por la extrusión explosiva de las arenas licuefactadas en la superficie.
El gráfico inferior corresponde a un esquema interpretativo de la estructura interna y externa de un cráter de explosión.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	G	*Efectos geológicos y/o ambientales observables en campo o mediante trincheras.*

Referencias bibliográficas:

Heras, C., *et al.* (2015): El conjunto industrial romano altoimperial de "La Magdalena II" (Alcalá de Henares): hornos, almacenes y conjuntos hidráulicos. Actas Octavas Jornadas de Patrimonio Arqueológico en la Comunidad de Madrid. 1-14.
Rodríguez-Pascua, M.A., *et al.* (2014): Evidencias Arqueosismológicas de la destrucción de *Complutum* en el siglo IV AD (Cuenca del Tajo, España).En: IBERFAULT II (F. Martín-González et al., Eds). IGME – UCM, Madrid, España, pp. 141-144.
Rodríguez-Pascua, M.A., *et al.* (2015): New insights on the occurrence of ancient earthquakes in Central Spain: Archaeoseismology of the *Complutum* area (4th century AD, Madrid). Miscellanea, INGV, 27, 410-413.
Rodríguez-Pascua, *et al.* (2016): Seismically induced liquefaction structures in La Magdalena archaeological site, the 4th century AD Roman *Complutum* (Madrid, Spain). Sedimentary Geology, 344, p. 34-46. DOI: 10.1016/j.sedgeo.2016.01.025.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez Pascua (IGME), María Ángeles Perucha Atienza (IGME).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2016

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	ARQ0350400.01.05 *01.05. Alcalá de Henares (Madrid)*	EVENTO	ARQ0350400 COMPLUTUM.M	EFECTO	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/9

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Alcalá de Henares (Madrid)	3° 19.168'O	40° 30.291'N	595 m	0 km²	≤10 km	ESTE	SIN DATOS

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura de inundación	Pendiente del terreno	Llano (< 2%)
Descripción Geológica	El yacimiento arqueológico de La Magdalena se encuentra en Alcalá de Henares, al norte de la ciudad, en el polígono industrial de La Esgaravita. Se sitúa en la llanura de inundación del Río Henares (+ 5-6 m), en su margen derecha del río, (Norte), frente a los escarpes neógenos lineales que delimitan la margen meridional del valle en este sector y que se desarrollan a favor del labio levantado de la falla del Henares (NNE-SSO) que discurre al pie del mismo.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Arenas y gravas	Gravas, arenas y limos	Estratificación horizontal	Sin consolidar	IV (2)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pleistoceno Superior	Holoceno	c. 2000 BP (Romano)	<0,04	Arqueológico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
-	-	-	-	Sin datos

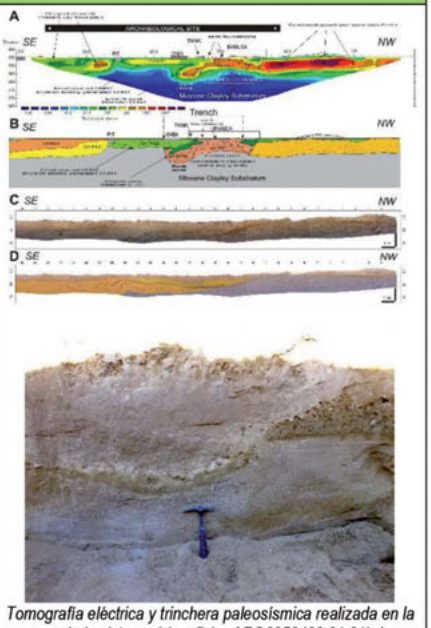
EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/9

Descripción: trinchera paleosísmica realizada junto a la cisterna I (ver ficha ARQ0350400.01.01) donde se podían observar las grietas en el sustrato generadas por licuefacción. Con anterioridad a la realización de la excavación se realiza un perfil de tomografía eléctrica para poder confirmar el potencial de deformación de los sedimentos inferiores. En dicho perfil se aprecian claramente las deformaciones de los niveles inferiores. Se realizó una trinchera de 30 m de longitud y 2,5 m de profundidad según una dirección de N145ºE. En dicha trinchera se pudo observar la licuefacción de los niveles inferiores de arenas que extruyen en la zona SE de la trinchera, deformando los niveles superiores donde intruyen. Asimismo se observaron estructuras de colapso en zonas donde la arena inferior se desplazó hacia la superficie. Igualmente, se pudieron documentar intrusiones de arena de carácter menor en niveles de limos arcillosos.

Interpretación: Las estructuras de deformación, como pliegues e intrusiones de arena, están asociadas a los mismos procesos de licuefacción sísmica que produjeron las deformaciones en la cisterna I (ver ARQ0350400.01.01) y en la cisterna II, así como en los cráteres de explosión. Gracias a la amplitud de observación que permite la trinchera se pudo corroborar que estas deformaciones afectaron a la cimentación de un almacén de planta basilical paralelo a la dirección de la trinchera (ver ficha siguiente: ARQ0350400.01.06). La licuefacción de estas zonas donde se asientan los cimientos provocó el plegamiento y hundimiento de los mismos, así como la pérdida en superficie de material constructivo, existiendo faltas del mismo en las zonas de cimentación.

Cuantificación: Las dimensiones del cráter y las evidencias de flujo de agua y sedimentos indicarían procesos de licuefacción asociados a una intensidad IX ESI-07.



Tomografía eléctrica y trinchera paleosísmica realizada en la zona de la cisterna I (ver ficha ARQ0350400.01.01). La fotografía inferior corresponde a una estructura de colapso por licuefacción de los niveles inferiores.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	G	*Efectos geológicos y/o ambientales observables en campo o mediante trincheras.*

Referencias bibliográficas:

Heras, C., *et al.* (2015): El conjunto industrial romano altoimperial de "La Magdalena II" (Alcalá de Henares): hornos, almacenes y conjuntos hidráulicos. Actas Octavas Jornadas de Patrimonio Arqueológico en la Comunidad de Madrid. 1-14.

Rodríguez-Pascua, M.A., *et al.* (2014): Evidencias Arqueosismológicas de la destrucción de *Complutum* en el siglo IV AD (Cuenca del Tajo, España).En: IBERFAULT II (F. Martín-González et al., Eds). IGME – UCM, Madrid, España, pp. 141-144.

Rodríguez-Pascua, M.A., *et al.* (2015): New insights on the occurrence of ancient earthquakes in Central Spain: Archaeoseismology of the *Complutum* area (4th century AD, Madrid). Miscellanea, INGV, 27, 410-413.

Rodríguez-Pascua, *et al.* (2016): Seismically induced liquefaction structures in La Magdalena archaeological site, the 4th century AD Roman *Complutum* (Madrid, Spain). Sedimentary Geology, 344, p. 34-46. DOI: 10.1016/j.sedgeo.2016.01.025.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez Pascua (IGME), María Ángeles Perucha Atienza (IGME).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2016

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	ARQ0350400.01.06 *01.06. Alcalá de Henares (Madrid)*	EVENTO	ARQ0350400 COMPLUTUM.M	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Daños diversos

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Alcalá de Henares (Madrid)	3° 19.162'O	40° 30.294'N	595 m	0 km²	≤10 km	ESTE	SIN DATOS

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura de inundación	Pendiente del terreno	Llano (< 2%)
Descripción Geológica	El yacimiento arqueológico de La Magdalena se encuentra en Alcalá de Henares, al norte de la ciudad, en el polígono industrial de La Esgaravita. Se sitúa en la llanura de inundación del Río Henares (+ 5-6 m), en su margen derecha del río, (Norte), frente a los escarpes neógenos lineales que delimitan la margen meridional del valle en este sector y que se desarrollan a favor del labio levantado de la falla del Henares (NNE-SSO) que discurre al pie del mismo.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Arenas y gravas	Gravas, arenas y limos	Estratificación horizontal	Sin consolidar	IV (2)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pleistoceno Superior	Holoceno	c. 2000 BP (Romano)	<0,04	Arqueológico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampuesto de canto rodado cuarcítico y caliza del Páramo	Almacén de planta basilical (cimientos)	Único	Ruina	Sin datos

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	DAÑOS DIVERSOS: EAE/9

Descripción: En el yacimiento de La Magdalena se ha excavado un edificio de planta basilical junto a la cisterna I. Este edificio posiblemente se utilizase como almacén para productos agrícolas como cereales. Las construcciones las realizaban allanando el terreno (en este caso la propia llanura de inundación favorecía este paso inicial), cimentaban a nivel con cantos rodados de cuarcita y luego levantaban el muro con mampuesto de caliza del Páramo. Posiblemente a media altura los muros fuesen terminados con adobe, sobre el que se asentaba la techumbre de madera con "*tegula e imbrice*" de cerámica. Los cimientos aparecen a diferentes cotas en este mismo edificio con pérdidas de cimientos en algunos puntos.

Interpretación: Los procesos de licuefacción que afectaron a este asentamiento romano produjeron deformaciones permanentes en el sustrato donde se asientan las construcciones. La licuefacción diferencial del terreno, asociada a los materiales de diferentes susceptibilidades a la licuefacción, produjo pliegues en la superficie del terreno, los cuales son visibles actualmente gracias a las diferentes alturas que aparece la cimentación dentro de un mismo edificio y en edificios contiguos. Gracias a esto se han podido cartografiar pliegues del sustrato dentro del yacimiento. En algunos casos estos cimientos llegaron a hundirse en el sustrato licuefactado, generando pérdidas de material en superficie, donde dentro de la traza de la planta de las edificaciones faltan segmentos de cimiento.

Cuantificación: Con los daños generalizados en todas las casas del yacimiento podemos asignar una intensidad ESI-07 de IX.



Cimientos del almacén de planta basilical hundidos por tramos en el estrato arenoso inferior licuefactado durante el terremoto. Obsérvese la falta de materiales de cimentación hundidos en las arenas inferiores.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	IX	Calidad de los datos (Qg)	G	*Efectos geológicos y/o ambientales observables en campo o mediante trincheras.*

Referencias bibliográficas:

Heras, C., *et al.* (2015): El conjunto industrial romano altoimperial de "La Magdalena II" (Alcalá de Henares): hornos, almacenes y conjuntos hidráulicos. Actas Octavas Jornadas de Patrimonio Arqueológico en la Comunidad de Madrid. 1-14.
Rodríguez-Pascua, M.A., *et al.* (2014): Evidencias Arqueosismológicas de la destrucción de *Complutum* en el siglo IV AD (Cuenca del Tajo, España).En: IBERFAULT II (F. Martín-González et al., Eds). IGME – UCM, Madrid, España, pp. 141-144.
Rodríguez-Pascua, M.A., *et al.* (2015): New insights on the occurrence of ancient earthquakes in Central Spain: Archaeoseismology of the *Complutum* area (4th century AD, Madrid). Miscellanea, INGV, 27, 410-413.
Rodríguez-Pascua, *et al.* (2016): Seismically induced liquefaction structures in La Magdalena archaeological site, the 4th century AD Roman *Complutum* (Madrid, Spain). Sedimentary Geology, 344, p. 34-46. DOI: 10.1016/j.sedgeo.2016.01.025.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez Pascua (IGME), María Ángeles Perucha Atienza (IGME).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2016

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	ARQ0350400.01.07 *01.07. Alcalá de Henares (Madrid)*	EVENTO	ARQ0350400 COMPLUTUM.M	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Daños diversos

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Alcalá de Henares (Madrid)	3° 19.106'O	40° 30.287'N	595 m	0 km²	≤10 km	ESTE	SIN DATOS

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura de inundación	Pendiente del terreno	Llano (< 2%)
Descripción Geológica	El yacimiento arqueológico de La Magdalena se encuentra en Alcalá de Henares, al norte de la ciudad, en el polígono industrial de La Esgaravita. Se sitúa en la llanura de inundación del Río Henares (+ 5-6 m), en su margen derecha del río, (Norte), frente a los escarpes neógenos lineales que delimitan la margen meridional del valle en este sector y que se desarrollan a favor del labio levantado de la falla del Henares (NNE-SSO) que discurre al pie del mismo.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Arenas y gravas	Gravas, arenas y limos	Estratificación horizontal	Sin consolidar	IV (2)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pleistoceno Superior	Holoceno	c. 2000 BP (Romano)	<0,04	Arqueológico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampuesto de canto rodado cuarcítico y caliza del Páramo	Casa (cimientos)	Único	Ruina	Sin datos

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	DAÑOS DIVERSOS: EAE/9

Descripción: En el yacimiento de La Magdalena se han excavado diferentes edificios habitacionales e industriales, existiendo claras deformaciones en la cimentación de los mismos. Las construcciones las realizaban allanando el terreno (en este caso la propia llanura de inundación favorecía este paso inicial), cimentaban a nivel con cantos rodados de cuarcita y luego levantaban el muro con mampuesto de caliza del Páramo. Posiblemente a media altura los muros fuesen terminados con adobe, sobre el que se asentaba la techumbre de madera con "*tegula e imbrice*" de cerámica. Los cimientos aparecen a diferentes cotas en este mismo edificio con pérdidas de cimientos en algunos puntos. En este ejemplo también es posible observar muros basculados, asociados a los flancos de los pliegues del sustrato.

Interpretación: La interpretación de este EAE es la misma que la de la ficha ARQ0350400.01.07. Los procesos de licuefacción que afectaron a este asentamiento romano produjeron deformaciones permanentes en el sustrato donde se asientan las construcciones. La licuefacción diferencial del terreno, asociada a los materiales de diferentes susceptibilidades a la licuefacción, produjo pliegues en la superficie del terreno, los cuales son visibles actualmente gracias a las diferentes alturas que aparece la cimentación dentro de un mismo edificio y en edificios contiguos. Gracias a esto se han podido cartografiar pliegues del sustrato dentro del yacimiento. En algunos casos estos cimientos llegaron a hundirse en el sustrato licuefactado, generando pérdidas de material en superficie, donde dentro de la traza de la planta de las edificaciones faltan segmentos de cimiento. En una construcción aledaña se encontraron bloques de sillería hundidos en el sustrato inferior de arena a más de tres metros de profundidad con respecto a la superficie del terreno en época romana.

Cuantificación: Con daños generalizados en todas las casas e infraestructuras del yacimiento podemos asignar una intensidad ESI-07 de IX.



Cimientos de la casa NE del yacimiento, en la que se pueden observar las diferencias de cota en los cimientos de mampuesto de cuarcita, así como los muros basculados asociados a los pliegues permanentes del sustrato tras la licuefacción de los estratos de arena inferiores.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	IX	Calidad de los datos (Qg)	G	*Efectos geológicos y/o ambientales observables en campo o mediante trincheras.*

Referencias bibliográficas:

Heras, C., *et al.* (2015): El conjunto industrial romano altoimperial de "La Magdalena II" (Alcalá de Henares): hornos, almacenes y conjuntos hidráulicos. Actas Octavas Jornadas de Patrimonio Arqueológico en la Comunidad de Madrid. 1-14.

Rodríguez-Pascua, M.A., *et al.* (2014): Evidencias Arqueosismológicas de la destrucción de *Complutum* en el siglo IV AD (Cuenca del Tajo, España).En: IBERFAULT II (F. Martín-González et al., Eds). IGME – UCM, Madrid, España, pp. 141-144.

Rodríguez-Pascua, M.A., *et al.* (2015): New insights on the occurrence of ancient earthquakes in Central Spain: Archaeoseismology of the *Complutum* area (4th century AD, Madrid). Miscellanea, INGV, 27, 410-413.

Rodríguez-Pascua, *et al.* (2016): Seismically induced liquefaction structures in La Magdalena archaeological site, the 4th century AD Roman *Complutum* (Madrid, Spain). Sedimentary Geology, 344, p. 34-46. DOI: 10.1016/j.sedgeo.2016.01.025.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez Pascua (IGME), María Ángeles Perucha Atienza (IGME).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2016

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	ARQ0350400.01.08 *01.08. Alcalá de Henares (Madrid)*	EVENTO	ARQ0350400 COMPLUTUM.M	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Daños diversos

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Alcalá de Henares (Madrid)	3° 19.130'O	40° 30.311'N	595 m	0 km²	≤10 km	ESTE	SIN DATOS

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura de inundación	Pendiente del terreno	Llano (< 2%)

Descripción Geológica	El yacimiento arqueológico de La Magdalena se encuentra en Alcalá de Henares, al norte de la ciudad, en el polígono industrial de La Esgaravita. Se sitúa en la llanura de inundación del Río Henares (+ 5-6 m), en su margen derecha del río, (Norte), frente a los escarpes neógenos lineales que delimitan la margen meridional del valle en este sector y que se desarrollan a favor del labio levantado de la falla del Henares (NNE-SSO) que discurre al pie del mismo.

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Arenas y gravas	Gravas, arenas y limos	Estratificación horizontal	Sin consolidar	IV (2)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pleistoceno Superior	Holoceno	c. 2000 BP (Romano)	<0,04	Arqueológico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Excavación en el sustrato	Tumba con ataúd de madera	Algunas	Grave	Sin datos

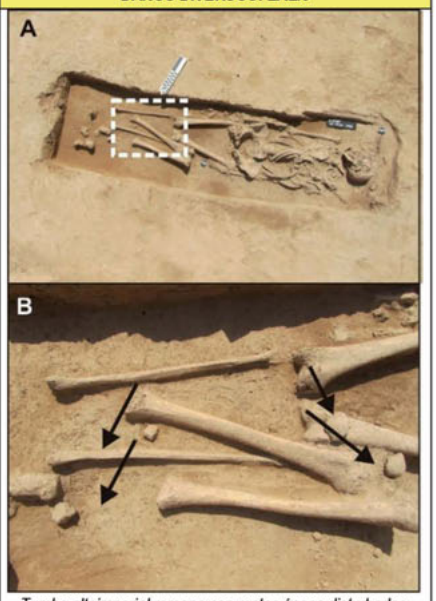
EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	DAÑOS DIVERSOS: EAE/9

Descripción: En el yacimiento de La Magdalena aparecen enterramientos desde el Calcolítico hasta época visigoda. Los restos funerarios aparecen en bastante buen estado de conservación con escasos indicios de expolios posteriores. Los enterramientos altoimperiales romanos aparecen alterados pero sin indicios de expolio. Los restos aparecen enterrados en ataúdes (se han encontrado restos de madera y los clavos de confección de los mismos). Se han encontrado tumbas basculadas más de 35º, así como desplazamientos de los restos óseos. Por ejemplo, se han hallado esqueletos con la pelvis a la altura del pecho o con las extremidades inferiores desplazadas.

Interpretación: Las licuefacciones de los niveles inferiores y el plegamiento de la superficie produjeron alteraciones en las inhumaciones de época altoimperial, sin haberse localizado alteración alguna en tumbas anteriores o posteriores a esta época. Los hallazgos arqueológicos indican que los enterramientos se realizaban en ataúdes de madera claveteados. Con la pérdida de cohesión muscular de los huesos, tan solo unos meses tras el enterramiento, los huesos quedan libres dentro del espacio de enterramiento. Si se produce una agitación o movimiento del ataúd, los huesos pueden desplazarse de forma anómala, quedando en esta posición tras el terremoto. La licuefacción de niveles inferiores llega incluso a dar flotabilidad a los ataúdes, generando en algunos casos basculamientos de estos de más de 35º con respecto a la horizontal.

Cuantificación: La licuefacción generalizada de la necrópolis altoimperial hace que podamos asignar una intensidad ESI-07 de IX.



Tumba altoimperial romana con restos óseos disturbados.
A) visión general del enterramiento donde se observan las alteraciones en las extremidades inferiores
B) detalle de la del recuadro marcado en A donde se observan los desplazamientos de las tibias, rótulas y metatarsianos.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	IX	Calidad de los datos (Qg)	G	*Efectos geológicos y/o ambientales observables en campo o mediante trincheras.*

Referencias bibliográficas:

Heras, C., *et al.* (2015): El conjunto industrial romano altoimperial de "La Magdalena II" (Alcalá de Henares): hornos, almacenes y conjuntos hidráulicos. Actas Octavas Jornadas de Patrimonio Arqueológico en la Comunidad de Madrid. 1-14.
Rodríguez-Pascua, M.A., *et al.* (2014): Evidencias Arqueosismológicas de la destrucción de *Complutum* en el siglo IV AD (Cuenca del Tajo, España).En: IBERFAULT II (F. Martín-González et al., Eds). IGME – UCM, Madrid, España, pp. 141-144.
Rodríguez-Pascua, M.A., *et al.* (2015): New insights on the occurrence of ancient earthquakes in Central Spain: Archaeoseismology of the *Complutum* area (4th century AD, Madrid). Miscellanea, INGV, 27, 410-413.
Rodríguez-Pascua, *et al.* (2016): Seismically induced liquefaction structures in La Magdalena archaeological site, the 4th century AD Roman *Complutum* (Madrid, Spain). Sedimentary Geology, 344, p. 34-46. DOI: 10.1016/j.sedgeo.2016.01.025.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez Pascua (IGME), María Ángeles Perucha Atienza (IGME).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2016

9.6. HST 13961218 TAVERNES DE VALLDIGNA (Valencia) 1396 AD Terremoto de Tavernes (Medieval, Siglo XIV)

HST 13961218: TAVERNES (Valencia). 1396 AD — HISTÓRICO

FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
13961218*AD*	12:00	0°13' O	39°5' N	6,5 M*	VIII-IX	IX	X	B	C	B	Tavernes de la Valldigna. V

Método de datación:	CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Galbis (1932)							**Tipo Evento:**	HST
Prof. km	-	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**Mo**	-	**Eventos asociados**	PREMONITORES Y RÉPLICAS	**Agencia:**	IGN
EEE Primarios	NO	**Longitud Falla**		-		**Desplazamiento**	-	**Tipo Desp.:**	SIN DATOS
EEE Secundarios	SÍ	**Categoría ESI07**		☒GK ☒SM ☒LQ ☒HD ☒HA ☐WA ☐TS				**Área afectada:**	1.200 km²
Otros EEE Ambientales	NO	☐ OTROS EFECTOS (OT): No registrados.							
EAE Efectos Arqueosismológicos	SÍ	☒ EAEs: Destrucción muy importante en las localidades en todo el Valle de la Valldigna, Alzira, Cullera, Sueca y Riola en las que se refieren daños en prácticamente todas las casas de las poblaciones. Daños documentados en poblaciones como Gandía, Vall de la Gallinera, Valencia y Lliria, en las que se documentan daños en edificaciones de sillería.							

Documentación IGN 2002: 36, 160, 165, 166, 221, 240, 259, 260, 261, 263, 273, 275, 280, 286, 312, 335, 347, 348, 400, 405, 426, 504, 545, 556, 558, 563, 571, 572, 583, 600, 619, 623, 687, 1039, 1060, 1076

Referencias bibliográficas básicas:

Galbis, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5ºE y 20ºW de Greenwich y los paralelos 45º y 25ºN. Tomo I. Dirección General del Instituto Geográfico, Catastral y de Estadística.
Giner, J.J. *et al.* (2003): Sismicidad en la Comunidad Valenciana. Física de la Tierra, 15, 163-187.
López Marinas, J.M. (1981): ¿Uno o dos terremotos catastróficos a fines del siglo XIV en el Reino de Valencia? Revista del Instituto de Estudios Alicantinos, 36, 59-72.
Martínez Solares, J.M., Mezcua, J. (2002): Catálogo Sísmico de la Península Ibérica (880 a.C. – 1900). Monografías IGN, 18. IGN, Madrid (Spain), 253 pp.
Mascaró, G. (anterior a 1456): Croniques barcelonines de la Casa Dalmases. Biblioteca de Catalunya, nº485, 296-298.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 13961218 Tavernes. V	0°13' W	39°5' N	6.5 M*	VIII-IX	IX	X	B	**External Betic Cordillera (Zone 31)**

EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Galbis (1932), López Marinas (1981), Zurita (1668)	**Event Type:**	**HISTORIC**

GENERAL DAMAGE: Extensive damage on buildings, churches and castles, with almost total destruction of the localities of Alzira and Tavernes de la Valldigna. Extensive damage in all types of buildings in the Simat de la Valldigna, Cullera, Sueca and Riola. Damaged buildings recorded and documented in Gandía, Valencia and Lliria. No casualties are reported. The main event (VIII-IX EMS / IX MSK), occurred on December 18th, 1396, was preceded by two events of smaller intensity. The main earthquake was felt with intensity IX MSK in Alzira (VIII EMS), Tavernes de la Valldigna (VIII-IX EMS), Sueca (VIII-IX EMS), Cullera (VIII-IX EMS) and Riola (VIII-IX EMS); with VIII MSK in Gandía (VI-VII EMS) and Xàtiva (VII EMS), Villalonga and Barxeta. According to the chronicles could be felt in towns such as Valencia (45 km, EMS intensity V-VI), Lliria (68 km, EMS intensity VI-VII) and even in Tortosa (200 km away from the epicenter).

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. The environmental damage documented site effects cover a somewhat larger area of 1200 km² included within the intensity zone VIII ESI-07, affecting the towns of Cullera, Alzira, Cullera, Sueca, Barxeta, Villalonga and Xàtiva. However, most of the described effects (ESI ≥ IX-07) are included in an area of 350 km². More severe geological effects indicate intensity X ESI-07 covering an area of about 25 km² in the Valldigna Valley and Murta Valley, between the towns of Alzira, Tavernes de la Valldigna and Barxeta. The epicentral location of IGN is located about 6 km east of the area defined as maximum intensity (X ESI -07). 12 EEE records for secondary effects and 9 EAE records.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☒ ***4 Ground cracks (GK):*** *Ground Cracks in rocky substratum at the municipality of Barxeta (18 km). Ground Cracks in alluvial materials at Valldigna Valley (6 km), and near the localities of Alzira (21 km) and Cullera (10 km). In all these three locations, ground cracking seems to be linked to significant liquefaction processes.*
☒ ***3 Slope movements (SM):*** *Important gravitational processes in different parts of the town of Xàtiva (22 km), with detachments from decametric size blocks. Landslides in the Vall de la Gallinera (Alicante, 27 km), especially in the hill of the Castle Benirrama.*
☒ ***3 Liquefaction processes (LQ):*** *Important liquefaction processes in the Valle de Valldigna (6 km), Valle de la Murta (8 km) and over the coastal area near to the town of Cullera (10 km).*
☒ ***2 Hydrogeological anomalies (1 HD, 1 HA):*** *Two effects of this category documented: in the city of Alzira (21 km) in which two springs flowed turbid waters (probably related to the important liquefaction processes documented in the area), and one spring stopped to flow in the vicinity of Villalonga (21 km).*
☐ ***Anomalous Waves and Tsunamis (WA; TS):*** *No Reported.*
☐ ***Other effects:*** *No Reported.*
☒ ***9 Archaeoseismic damage:*** *Collapse of many houses in the Valley of the Valldigna (4 km), Alzira (21 km), Sueca (16 km), Riola (16 km) and Cullera (10 km). Damage on the city wall of Gandía (13 km). Damage on Gallinera (27 km) and Lliria castles (68 km). Damage on the Valencia Cathedral (45 km) affecting the dome of the cathedral and to the Micalet tower being built at that time.*

☒ ***Geological Data:*** *Most of the environmental damage reported for this event is documented in the historical chronicles produced after the earthquake (Mascaró, 1456; Zurita, 1668) as well as in recent papers focused on seismological macroseismic research (López Marinas, 1981; Giner et al., 2003). Available descriptions in these works let the location, and in some cases the quantification, of the reported EAEs and EEEs. No specific geological study available for this event.* ***Quality of Geological Information: Class B.***

Research / Data compilation by: *Jorge L. Giner Robles (UAM); Pablo G. Silva (USAL). Newly Published 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 13961218 Tavernes. V	0°13' O	39º5' N	6,5M*	VIII-IX	IX	X	B	**Zonas Béticas Exteriores (Zona 31)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN Ref.: Galbis (1932), López Marinas (1981), Zurita (1668)	**Tipo de Evento**	**HISTÓRICO**

DAÑOS GENERALES: Daños muy importantes en edificaciones, iglesias y castillos, con destrucción casi total de Alzira y Tavernes de la Valldigna. Daños muy importantes en todo tipo de edificios en Simat de la Valldigna, Cullera (daños en un puente), Sueca y Riola, con daños registrados y documentados en edificaciones de Gandía, Valencia y Lliria. No se consignan víctimas mortales. El evento principal (VIII-IX EMS / IX MSK), ocurrido el 18 de diciembre de 1396, fue precedido por dos eventos de menor intensidad. El terremoto principal fue sentido con intensidad IX MSK en Alzira (VIII EMS), Tavernes de la Valldigna (VIII-IX EMS), Sueca (VIII-IX EMS), Cullera (VIII-IX EMS) y Riola (VIII-IX EMS); VIII MSK en Gandía (VI-VII EMS), y Xàtiva (VII EMS), Barxeta y Villalonga. Según las crónicas de la época pudo ser sentido en poblaciones como Valencia (45 km, intensidad EMS V-VI), Lliria (68 km, intensidad EMS VI-VII) e incluso en Tortosa (200 km de distancia del epicentro).

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Los daños ambientales por efectos secundarios documentados abarcan un área algo mayor de 1200 km² incluida dentro de la isosista de intensidad VIII, afectando a las localidades de Tavernes de Valldigna, Alzira, Cullera, Sueca, Barxeta, Villalonga y Xàtiva. Aunque la mayor parte de los efectos descritos (ESI-07 ≥ IX) están comprendidos en un área de 350 km². Los efectos geológicos más severos indican una intensidad X ESI-07 cubriendo un área de aproximadamente 25 km² en el valle de la Valldigna y en el Valle de la Murta, entre las poblaciones de Alzira, Tavernes de la Valldigna y Barxeta. La localización epicentral del IGN se localiza a unos 6 km al este de la zona definida como de intensidad máxima (X ESI-07).12 registros EEE (efectos secundarios) y 9 registros EAE.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☒ ***4 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Agrietamientos del terreno muy importantes en el término municipal de Barxeta (18 km), en el Valle de la Valldigna (6 km), y en las proximidades de la ciudad de Alzira (21 km) y de Cullera (10 km). En las tres últimas localizaciones, los agrietamientos parecen estar relacionados con importantes procesos de licuefacción.*
☒ ***3 Movimientos de ladera (SM):*** *Procesos gravitacionales muy importantes en diferentes puntos del término municipal de Xátiva (22 km), con desprendimientos de grandes bloques de tamaño decamétrico. Desprendimientos en la zona del Vall de la Gallinera (Alicante, 27 km), sobre todo en la loma que ocupaba el Castillo de Benirrama.*
☒ ***3 Procesos de licuefacción (LQ):*** *Procesos de licuefacción importantes en la zona del Valle de la Valldigna (6 km), Valle de la Murta (8 km) y zona costera en las proximidades de la ciudad de Cullera (10 km).*
☒ ***2 Anomalías Hidrogeológicas (1 HD, 1 HA):*** *Se refieren dos efectos de este tipo: en la ciudad de Alzira (21 km) en la que dos fuentes manaron agua de color ceniza (posiblemente relacionado con los importantes procesos de licuefacción que se produjeron en la zona), y una fuente que dejó de manar agua en los alrededores de la población de Villalonga (21 km).*
☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (WA; TS):*** *No Registrados.*
☐ ***Otros efectos:*** *No Registrados.*
☒ ***9 Efectos arqueosismológicos:*** *Colapso de numerosas casas en el Valle de la Valldigna (4 km), Alzira (21 km), Sueca (16 km), Riola (16 km) y Cullera (10 km). Daños en la muralla de Gandía (13 km). Daños en el Castillo de Gallinera (27 km) y en el Castillo de Lliria (68 km). Daños en la catedral de Valencia (45 km): en el cimborrio de la catedral y en el cuerpo de la torre del Micalet que se estaba construyendo en ese momento.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *La mayor parte de los efectos geológicos y ambientales para este evento se encuentran documentados en crónicas históricas posteriores al terremoto (Mascaró, 1456; Zurita, 1668) y en estudios más recientes de índole macrosísmico (López Marinas, 1981; Giner et al., 2003). Las descripciones han permitido localizar, y en algunos casos cuantificar, los EEEs y EAEs descritos. No existe ningún estudio geológico específico para este terremoto.* ***Calidad de la Información Geológica: Clase B.***

Investigación / Compilación de la información: *Jorge L. Giner Robles (UAM); Pablo G. Silva (USAL). Nueva Publicación 2017.*

MAGEN EVENTO



Vista hacia el SO del Valle de la Valldigna desde la Sierra de les Agulles. Al fondo Benifairó y Simat de la Valldigna (Foto: http://acelobert2010.wordpress.com/).
Imagen del Monasterio de la Valldigna, destruido por el terremoto de 1396 AD y reconstruido posteriormente (Foto: www.jdiezarnal.com).

DESCRIPCIÓN
HST 13961218: TAVERNES (Valencia). 1396 AD **DATOS GALBIS**

Descripción de Galbis (1932). Terremoto Nº 82: *1396 AD*

15-18 de Diciembre de 1396. G. de Zurita (1668) dice: "*En este año, al 18 de Diciembre, hubo grandes terremotos en todo el reino de Valencia, y en las comarcas que confinan con Castilla, y en la Serranía hasta Tortosa, y desde hora tercia hasta la hora de completas, tembló la tierra tres veces, y en el reino de Valencia se hundieron diversas torres e iglesias y el Monasterio de Valldigna, y según escribe Martín de Alpartil (que fue familiar del Papa Benedicto, en la Villa de Algezira del Reino de Valencia: Alcira), en la obra que compuso el cisma, dos fuentes manaron agua muy hedionda y de color ceniza, y se vieron otras señales muy prodigiosas en la región del aire*".

Escolano (1878) dice: "*El lunes 15 de Diciembre, en las primeras horas de la mañana, sobrevino un espantoso terremoto en todo el reino, repitiéndose cuatro veces en un día, de cuyas terribles trepidaciones hundieronse casas, templos, castillos y los más sólidos edificios, coincidiendo esta fuerte catástrofe con el fausto natalicio del infante Don Alfonso de Castilla, después Rey de Aragón, que vino al mundo precisamente en aquella hora funesta de terror y espanto general*".

Detalles de este terremoto se encuentran en los "notales" de Jaime Pastor, notario del Cabildo Catedralicio de Valencia. Se encuentran también noticias en el tomo F. 173 de las "Colaciones" del Archivo de la Curia Eclesiástica de Valencia, entre ellas. El 3 de enero de 1403 del obispo de Valencia autoriza la colecta de limosnas para la reconstrucción en el Convento de San Agustín de Alcira, del claustro que está en parte ruinoso por causa de los terremotos de años antes.

En el mismo archivo de la Curia Eclesiástica, "Colaciones", tomo correspondiente al año 1413, el 13 de Agosto el Obispo de Valencia exhorta los fieles de la Diócesis y concede indulgencias a los que sus limosnas contribuyan a la reconstrucción de la iglesia de Sueca, que se encontraba en estado ruinoso a causa de los terremotos sufridos en años anteriores.

Referencias de Galbis (1932). Terremoto Nº 82: *1396 AD*

Comas y Solá, J. (1908): Astronomía y Ciencia General, página 510.

De Buen, O (1890): Historia Natural, Ed: Manuel Soler, Barcelona, página 813

Diario del Capellán de Alfonso V.

Escolano, X. (1878): Historia de Valencia, Tomo III, página 394.

Jimeno, H. (1901): Boletín de la Real Sociedad Española de historia Natural, 1901, página 177.

Martí Ortelles, V. (1417). Notales de Jaime Pastor, Cabildo Catedral de Valencia y Colaciones. Archivo de la Curia Eclesiástica de Valencia.

Mengel, O. (1909): Monographie des terratremols de la Región Catalane. Extrait du Bull. Soc. Ramond, p. 20. Fascículo 3, página 25.

Moreira de Mendonça, J.J. (1758): Historia universal dos terremotos que tem havido no mundo, de que ha noticia, desde a sua creaçao ate o seculo presente. Offic. Antonio V. de Silva. Lisboa, p. 272., pág. 109.

Sánchez Navarro-Neumann, M. (1921): Lista de los terremotos más notables sentidos en la península Ibérica desde los tiempos más remotos, hasta 1917, inclusive, con ensayo de agrupación en regiones y períodos sísmicos. La Estación Sismológica y el Observatorio Astronómico y Meteorológico de Cartuja (Granada).

Zurita, G. (1668): Anales de la Corona de Aragón, Libro X, capítulo XI, pag.422 (pág. 836, http://books.google.es/).

INTERPRETACIÓN
HST 13961218: TAVERNES (Valencia). 1396 AD

ANÁLISIS DE DATOS

Autores: Jorge L. Giner Robles, Departamento de Geología y Geoquímica, Universidad Autónoma de Madrid.
Pablo G. Silva, Javier Élez, Departamento de Geología, Universidad de Salamanca.

EEE. Efectos Geológicos y Ambientales del Terremoto de Tavernes de Valldigna, 1396 AD

El terremoto de Tavernes de Valldigna (Valencia) del 18 de diciembre de 1396 es el terremoto más importante de una serie sísmica que afectó al Este peninsular a finales del siglo XIV AD. Las zonas más dañadas parecen localizarse en la provincia de Valencia, aunque las crónicas históricas hacen referencia a que: "*hubo grandes terremotos en todo el reino de Valencia, y en las comarcas que confinan con Castilla, y en la Serranía hasta Tortosa*" (Zurita, 1668), por lo que es muy posible que fuera sentido en zonas muy distantes del área epicentral: Tortosa (Tarragona) se encuentra a más de 200 km al norte del epicentro definido por el IGN (2002).

Existe cierta confusión en las crónicas a la hora de establecer la fecha exacta del terremoto (López Marinas, 1981), tanto en el año (1395/1396), como en el día exacto del terremoto principal (del 15 al 18 de diciembre). En algunos catálogos históricos se incluyen terremotos en ambos años, y otros como el de Sánchez Navarro-Neumann (1921), lo fechan en 1395. Incluso en artículos recientes como en Giner *et al*. (2003), y a la vista de la confusión de fechas, consideran que este terremoto es el más importante de una serie que se produce entre los años 1395 y 1396.

En cuanto a la fecha exacta, en algunos documentos se cita "*El lunes 15 de Diciembre, en las primeras horas de la mañana, sobrevino un espantoso terremoto en todo el reino, repitiéndose cuatro veces en un día*" (Escolano, 1878), mientras que en otros documentos se hace referencia al día 18: "*En el año del señor de 1396, el día 18 de Diciembre, entre la hora tercia y mediodía hubo por tres veces un terremoto*" (Mascaró, 1456). López Marinas (1981) realiza un estudio de las fuentes documentales en las que se describe el terremoto y llega la conclusión de que la confusión del año de ocurrencia del sismo debió producirse en alguna de las transcripciones de los documentos más antiguos, ya que de los documentos que consulta, los más cercanos en el tiempo al sismo (anteriores a 1600) son los que asignan la fecha del 18 de diciembre de 1396 a este evento. Por otra parte, otros documentos consultados sobre los daños o sobre la reparación de los mismos en diferentes edificios de varias ciudades (e.g. catedral de Valencia, etc.) también hacen referencia al año 1396.

Parece ser que el terremoto principal fue precedido de otros terremotos importantes, en muchas de las crónicas se hace referencia a la ocurrencia de al menos dos eventos que precedieron al terremoto más destructor de la serie: "*el año del Señor 1396, el día 18 de diciembre, entre la hora tercia y medio día se produjo por tres veces un terremoto en el castillo de Játiva, en el reino de Valencia, así como en otros lugares de dicho reino. Los dos primeros terremotos fueron simples, pero el tercero fue muy fuerte*" (Mascaró, 1456).

También se hace referencia a otro terremoto ocurrido el 25 de Diciembre de ese mismo año, posible réplica del terremoto del día 18: "*Y el día 25 del mismo mes y año, en la fiesta de la Natividad cerca de la medianoche hubo otro terremoto muy fuerte*" (Mascaró, anterior a 1456); en otro documento se hace referencia a que: "*Semejante sacudida sísmica tuvo lugar el día de Navidad que este mismo año*", aunque en estas referencias se menciona que este sismo afectó únicamente a los alrededores del Valle de la Valldigna, más concretamente al Monasterio de Santa María de la Valldigna (Simat).

Independientemente de las diferentes dataciones del sismo principal consignadas en los documentos, parece evidente, y así está catalogado por el IGN (2002), que el terremoto ocurrió alrededor del mediodía del 18 de diciembre de 1396 (López Marinas, 1981).

Análisis de los efectos geológicos (EEEs) del Terremoto de Tavernes de Valldigna, 1396 AD

Del análisis de los datos aportados por los diferentes documentos algo posteriores al terremoto (Mascaró, 1456; Zurita, 1668) y por artículos científicos más recientes (Giner *et al*.,2003; López Marinas, 1981), se pueden inventariar diferentes tipos de efectos ambientales y geológicos (EEE) producidos por el terremoto de Tavernes de la Valldigna: agrietamientos del terreno (GK), movimientos en masa (SM), licuefacciones (LQ), y alteración del caudal y de la composición química de aguas en fuentes y manantiales (HD y HA).

Todos los efectos consignados de intensidad ≥ IX ESI-07 se sitúan a una distancia epicentral de menos de 20 km, localizados esencialmente en las localidades del Valle de la Valldigna, Alzira, Barxeta (término municipal), Cullera, Sueca y Riola, definiendo un área de unos 350 km^2. Entre estos efectos destacan las licuefacciones en el Valle de la Valldigna, Alzira y Cullera; el agrietamiento del suelo en el Valle de la Valldigna, Cullera, Barxeta y Alzira; e importantes procesos gravitacionales en las proximidades de la ciudad de Xàtiva.

En las poblaciones de Barxeta, Alzira y en el Valle de la Valldigna la cuantificación de los efectos consignados indica el registro de intensidades máximas de X ESI-07 al menos para dos efectos: a) desarrollo de grietas en diferentes materiales (en algunos casos de varios kilómetros de longitud); y b) procesos de licuefacción. Estos datos indican que el área macrosísmica con Imax X ESI-07 se situaría en la zona del Valle de la Valldigna, extendiéndose hacia el oeste (abarcando parte del término municipal de Barxeta) y hacia el norte la población de Alzira, formando un área triangular de unos 25 km^2 de extensión.

Las descripciones de los efectos asignados como de intensidad X muestran efectos muy importantes en la zona: "*en el término que se conoce de la Barueta (Barxeta), se abrió una montaña, y la grieta que se produjo alcanzaba una longitud de una legua teniendo una anchura de un palmo y medio*" (Mascaró, 1456). La dimensión de esta grieta en materiales competentes superaría los 4 km de longitud con aperturas de entre 20 y 40 cm (intensidad ESI-07 de X). "*En el término de la mencionada villa (Alzira) y en el paraje denominado el Campanar, en una gran viña, la tierra se abrió y salió agua en tal cantidad que a la gente le parecía una gran riera y la hendidura quedó muy ancha, porque tenía más de 40 brazas de profundo*" (Mascaró, 1456). La profundidad asignada a la grieta es de varias decenas de metros, lo que supondría aperturas muy importantes en materiales aluviales que implicarían procesos de licuefacción generalizados en la zona. Muchos de los efectos citados sobre posibles licuefacciones se localizan en poblaciones que se encuentran en la ribera del río Xúquer.

Es importante señalar que la localización de alguno de los efectos es aproximada, ya que muchos de los topónimos utilizados en la documentación no se corresponden en la actualidad con ningún accidente topográfico en las cercanías de la zona epicentral. Este es el caso de El Puig de la Campana o el Pico de la Campana descrito en los documentos históricos (Mascaró, 1456). Al igual que otros autores (López Marinas, 1981), se ha intentado localizar este punto en las cercanías de Xàtiva y aunque se ha dado una localización aproximada (ver HST13961218.13.01), la incertidumbre de su localización es elevada, tanto es así, que se ha localizado otra situación que conserva ese topónimo: en el término municipal de Finestrat (Alicante) a más de 50 km de la zona epicentral. Este pico (Pico campana o Puig Campana, 1440 m) conserva el topónimo, y es protagonista de algunas leyendas antiguas relacionadas con su orografía. No obstante, la asignación a partir de la descripción del efecto de una intensidad VIII a esta localización, ampliaría mucho el área de intensidad VIII hacia el sur. Por lo tanto, y a falta de datos en esta zona, mantenemos la localización aproximada consignada en la ficha HST13961218.13.01.

Otros efectos con localizaciones aproximadas son los situados en las proximidades de Barxeta (agrietamiento del terreno, HST13961218.02.01) y en las proximidades de Xàtiva (desprendimientos, HST13961218.13.02).

EAE. Efectos Arqueosismológicos del Terremoto de Tavernes de Valldigna, 1396 AD

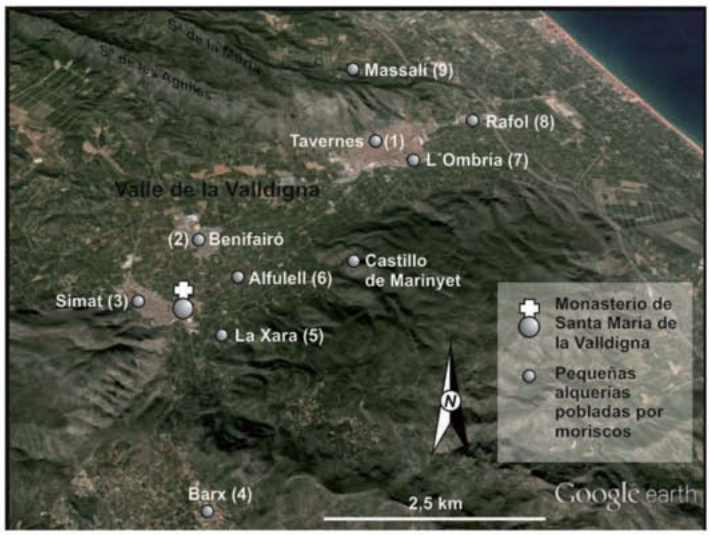
Las crónicas describen daños muy importantes en diferentes poblaciones (todas ellas con asignación de intensidad IX MSK): en la zona del Valle de la Valldigna (en el Monasterio de Simat y en el valle en general), y en zonas próximas situadas más al norte: Alzira, Cullera, Sueca y Riola; y algunos daños de menor consideración en zonas más alejadas como el Castillo de Benirrama en el Vall de la Gallinera (Alicante) (VIII MSK), la fortaleza musulmana de Lliria (VII MSK) o la catedral de Valencia (VI MSK).

En cuanto a los daños referidos en la zona del Valle de la Valldigna, es importante señalar que las descripciones más detalladas hacen referencia únicamente al Monasterio de Santa María de la Valldigna, situado en la zona más occidental del Valle, en las proximidades de Simat. Se menciona que "*se hundieron diversas torres e iglesias y el Monasterio de Valldigna*" (Zurita, 1668); también "*se hundió un monasterio que había muy importante y con este monasterio se hundieron 200 casas de sarracenos, y en dicho valle se abrió la tierra brotando agua muy sucia*" (Mascaró, 1456). El monasterio debió de sufrir importantes daños, se arruinaron totalmente las dependencias monacales (iglesia, campanario, claustro,...). En excavaciones realizadas se ha comprobado que el antiguo claustro y los edificios colindantes al mismo fueron reconstruidos unas decenas de metros más al norte, reutilizando los materiales de las construcciones del siglo XIII devastadas por el terremoto. Este hecho demuestra que la destrucción de estos edificios debió ser casi total, y posiblemente su traslado debió estar condicionado por deformaciones permanentes en el sustrato que debieron aconsejar el cambio de ubicación.

El Monasterio de Santa María de la Valldigna ejercía su poder feudal sobre todo el Valle de Fondec, abarcando un extenso territorio formado por las poblaciones que tenía el valle: Simat, Benifairó, Tavernes, La Xara, Alfulell, L'Ombría, Massalalí y Ràfol d'Almunia. En el siglo XIV todos estos núcleos de población eran pequeñas alquerías pobladas por moriscos. Las crónicas históricas hacen referencia a que "*en el lugar de Fondec se arruinó un monasterio muy importante que había allí y junto a este monasterio se hundieron 200 casas de sarracenos*" (Mascaró, 1456) (en alguna traducción aparece como serranos) (el Valle de la Valldigna se denominaba en el siglo XIII-XIV la Vall de D´Alfondec (Fondec), D´Alfándech o Alfondec de Marinyent; López Marinas, 1981) (el término Alfándech proviene del árabe, *terreno pantanoso*).

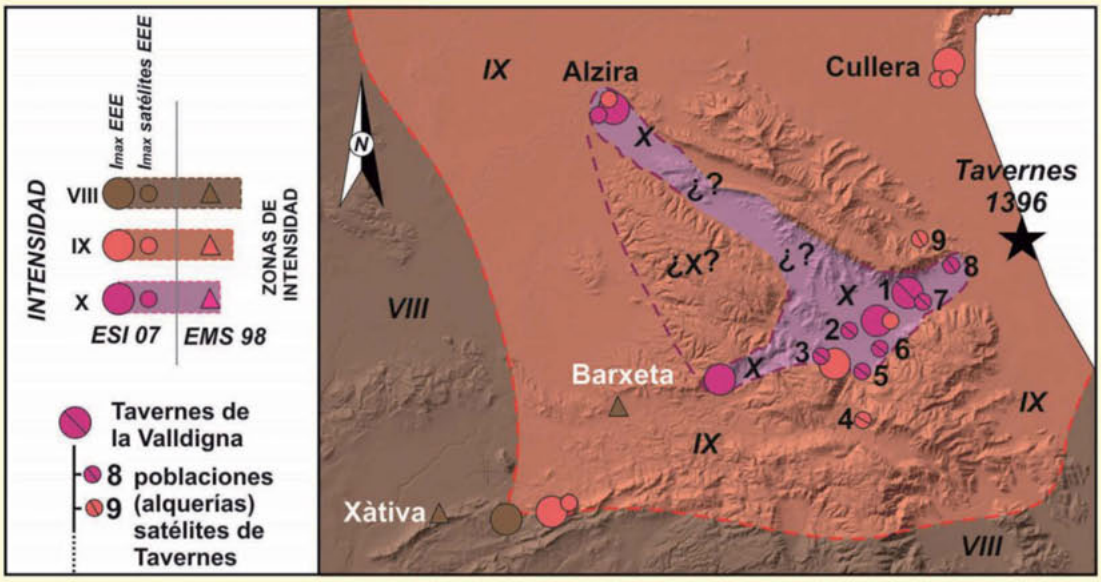
En las crónicas de la época no se asignan las 200 casas colapsadas únicamente a la localidad de Tavernes de la Valldigna, cosa que sí que se hace en documentos y trabajos más modernos. Tal vez esta confusión surge a raíz de la denominación de este evento como "Terremoto de Tavernes de la Valldigna". Las informaciones posteriores identifican Fondec como Valldigna, y de ahí se asignan los daños erróneamente a la población más importante de la zona, en este caso Tavernes de la Valldigna.

Es evidente que, a la vista de la información original sobre este terremoto, las 200 casas a las que se refiere la crónica incluían todas las alquerías del Valle de la Valldigna, y como eran pequeños núcleos de población, la destrucción de estas debió ser casi total en todo el valle, alcanzando, a nuestro parecer, la intensidad X, y más teniendo en cuenta las descripciones de agrietamientos del terreno con fenómenos importantes de licuefacción. Estos fenómenos de licuefacción están directamente relacionados con las características de la zona semipantanosa, con numerosos pozos, manantiales y humedales.



Localización de las principales alquerías que pertenecían al Monasterio de Santa María de la Valldigna en los siglos XIV-XV: Tavernes, Benifairó, Simat, Barx, La Xara, Alfulell, L´Ombria, Rafol y Massalí. En la descripción de los daños (hundimiento de 200 casas) no se hace referencia a ninguna población en concreto, se hace referencia al valle en general. Al ser pequeños núcleos de población, el hundimiento de 200 casas en esta zona equivaldría a la práctica destrucción de todas las construcciones situadas en el valle, y más teniendo en cuenta los procesos de licuefacción que se produjeron en el valle (ver HST13961218.11.01 y 11.02), lo que equivaldría a asignar intensidad X EMS a casi todas las alquerías que se encontraban en el Valle de la Valldigna.

Si consideramos esta información, los daños producidos en el Valle de la Valldigna debieron ser muy importantes. Esta destrucción generalizada, unida a los diferentes efectos geológicos inventariados en esta área, nos permite considerar que en esta zona se debió alcanzar el grado X de intensidad ESI-07. La inclusión individual de las alquerías afectadas nos permite determinar de forma más exacta la extensión de la superficie de intensidad máxima (X ESI-07).



Interpretación de las intensidades alcanzadas en las alquerías dependientes del Monasterio de la Valldigna en el siglo XIV. Esta interpretación se basa en los daños consignados erróneamente a la población de Tavernes (200 casas colapsadas) en algunos documentos y artículos; esta información se corresponde con los daños producidos en el conjunto de los núcleos de población pertenecientes al monasterio, alquerías del valle con poca población y pocas construcciones: Tavernes (1), Benifairó (2), Simat (3), Barx (4), La Xara (5), Alfulell (6), L'Ombría (7), Rafol (8) y Massalí (9), las 5 últimas actualmente desaparecidas.

Otros efectos arqueosismológicos están documentados en las proximidades de la zona de intensidad máxima. Mascaró (1456) describe: "*Así mismo en el lugar de Sueca y Rierola (Riola) y cerca al lugar de Alzira el terremoto fue tal que la mayoría de las casas se hundieron o se resquebrajaron; pero donde fue más fuerte fue en el lugar de Alzira pues toda la villa está agrietada o maltratada*". En estas tres poblaciones los daños debieron de ser muy importantes; existe documentación específica de algunos de esos daños: en Alzira se arruinó completamente la parte superior del campanario de la iglesia de Santa Caterina (Santa Catalina) que tuvo que ser desmontada y reparada (Martínez Araque, 2009) (actualmente aún se observa una ligera inclinación de este campanario). También en Alzira resultó destruido el claustro del antiguo Convento de San Agustín.

En Sueca se documentan colectas en 1413 para la reconstrucción de la iglesia arruinada totalmente por el terremoto (Martí, 1417). En la ciudad de Cullera también se describen daños muy importantes en edificaciones e infraestructuras: "*En el lugar de Cullera, cerca del valle mencionado (Valle de la Valldigna) se hundieron y aterraron muchas casas y el puente se rompió en muchos sitios y la tierra se abrió y salió agua muy turbia, ahora que quedaban abiertas muchos ojos de agua*" (Mascaró, 1456).

En la ciudad de Valencia se describen diferentes daños en la catedral de la ciudad, con daños en el cimborrio del crucero (Serra y Miquel, 2005), e incluso la parada de las obras del campanario (El Micalet) como consecuencia de los daños sufridos por el terremoto. En otras poblaciones se refieren daños, como en Gandía con el colapso de parte de la Muralla, o el derrumbe del castillo de Benirrama en el Vall de la Gallinera (Alicante) (Mascaró, 1456), o en la ciudad de Lliria a más de 65 km al norte de la zona epicentral con el colapso de una de las torres de la fortaleza musulmana (Plan General de Ordenación Urbana del Municipio de Lliria, 2005).

No se ha podido establecer orientaciones de máxima deformación en ninguna de las poblaciones, ya que no se especifican orientaciones de colapso u otras informaciones que nos permitan establecer el acimut de los daños y compararlos con la posición epicentral, no obstante, los daños descritos permiten establecer con mayor exactitud las zonas de intensidad.

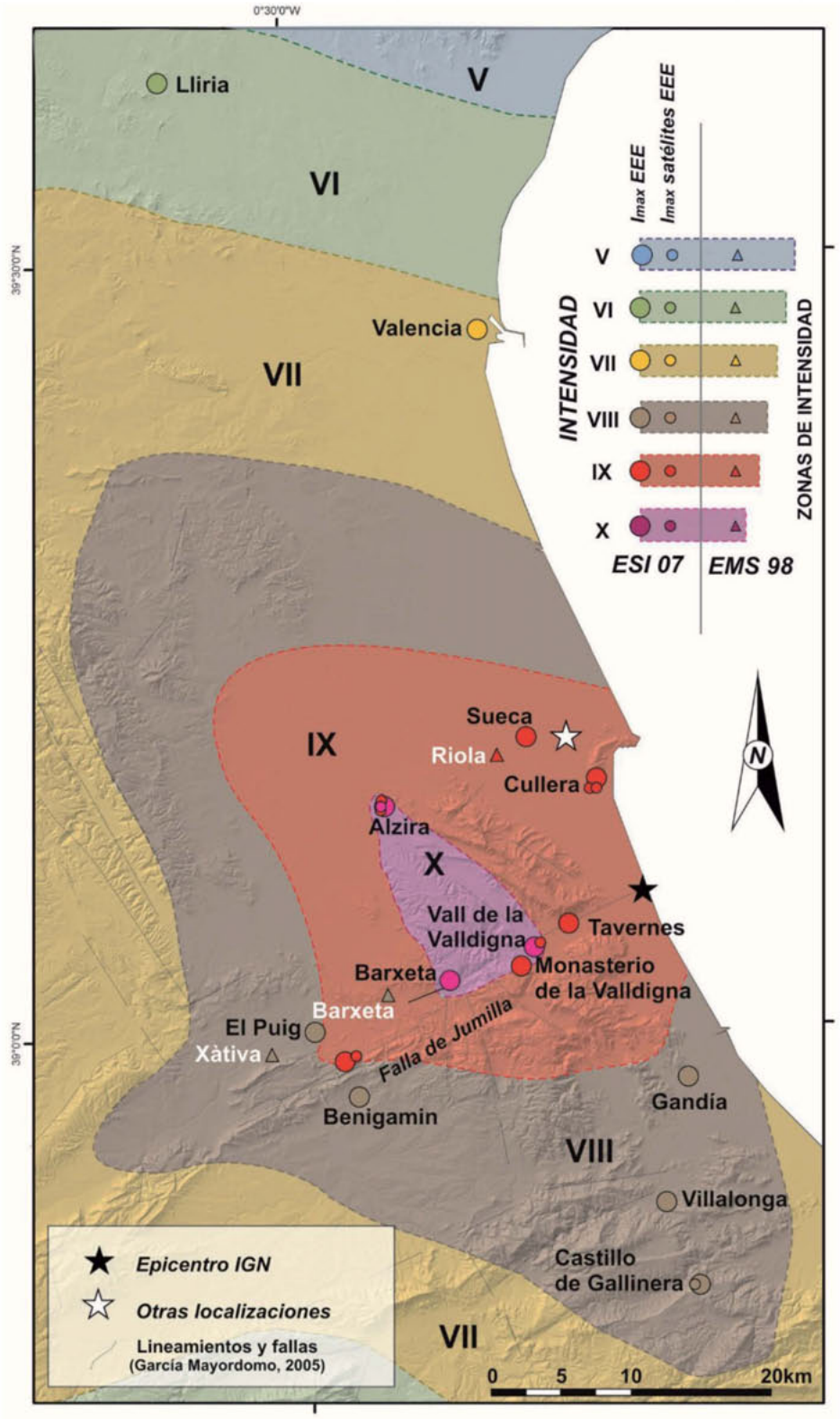
Así pues, los efectos geológicos más importantes de intensidad X ESI-07 se registraron en una zona triangular de aproximadamente 25 km^2 de extensión con dos directrices principales: una según NE-SO a lo largo del Valle de la Valldigna entre las poblaciones de Tavernes y Simat de la Valldigna; y otra según NO-SE desde Alzira hasta Benifairó de la Valldigna. La orientación de esta zona de intensidad máxima parecen estar relacionada con el segmento más oriental de la Falla de Jumilla (Sector Valencia) (García Mayordomo *et al*., 2005 y 2012) con orientación N45ºE, y con las fallas NO-SE que sectorizan este accidente. Se alcanzó intensidad IX ESI-07 en un área de unos 350 km^2 (Cullera, Sueca, y Riola), y una intensidad VIII ESI-07 en una zona aproximada de 1.200 km^2, englobando las poblaciones de Gandía y Villalonga, al sur.

En cuanto a la situación epicentral en referencia a las zonas de intensidades definidas, resaltar que la posición del evento consignada por Martínez Solares y Mezcua (2002) se localiza en la zona de intensidad IX a 6 km de la zona definida como de intensidad máxima (X ESI). Otros autores (Martins y Mendes, 2001) sitúan el epicentro a 14 km al N de la posición del IGN, entre las poblaciones de Sueca y Cullera.

Al igual que en otros terremotos históricos en la zona (ver Terremoto de Estubeny, evento HST17480323), a este sismo se le ha asignado como situación epicentral la población más importante de la zona que presentará mayor cantidad de daños, en este caso Tavernes de la Valldigna. No obstante, tal y como hemos apuntado con anterioridad, la zona más afectada fue el Valle de la Valldigna en su totalidad, y no la zona denominada en aquel tiempo alquería de Tavernes. La asignación del epicentro en la zona costera no se corresponde con la distribución de la zona de mayor intensidad situada en los valles de la Valldigna y la Murta, no obstante, la estructura geológica y los materiales que conforman los fondos de estos valles bien habrían podido producir un efecto de sitio considerable en estas zonas.

También es importante señalar que una de las directrices de la zona de intensidad máxima (NE-SO) se sitúa encima de la traza de la falla de Jumilla (sector Valencia), en la zona más occidental del segmento Xàtiva-Tavernes (García-Mayordomo *et al*. 2012; García-Mayordomo y Jiménez-Díaz, QAFI, 2014). No obstante, Giner *et al*. (2016), establecen otra posible orientación de la fuente sísmica mucho más norteada (NNE-SSO) mediante la modelización de las aceleraciones del terreno (ShakeMaps) a partir de la información obtenida del análisis y cuantificación de los valores de intensidades ESI-07. Esta orientación parece más relacionada con las estructuras extensivas que afectan a la zona off-shore del Golfo de Valencia y que coincidiría tanto con la orientación de la fuente sísmica propuesta por Stucchi *et al*. (2012), como con la orientación NO-SE deducida de la distribución de intensidades máximas ESI-07 definidas.

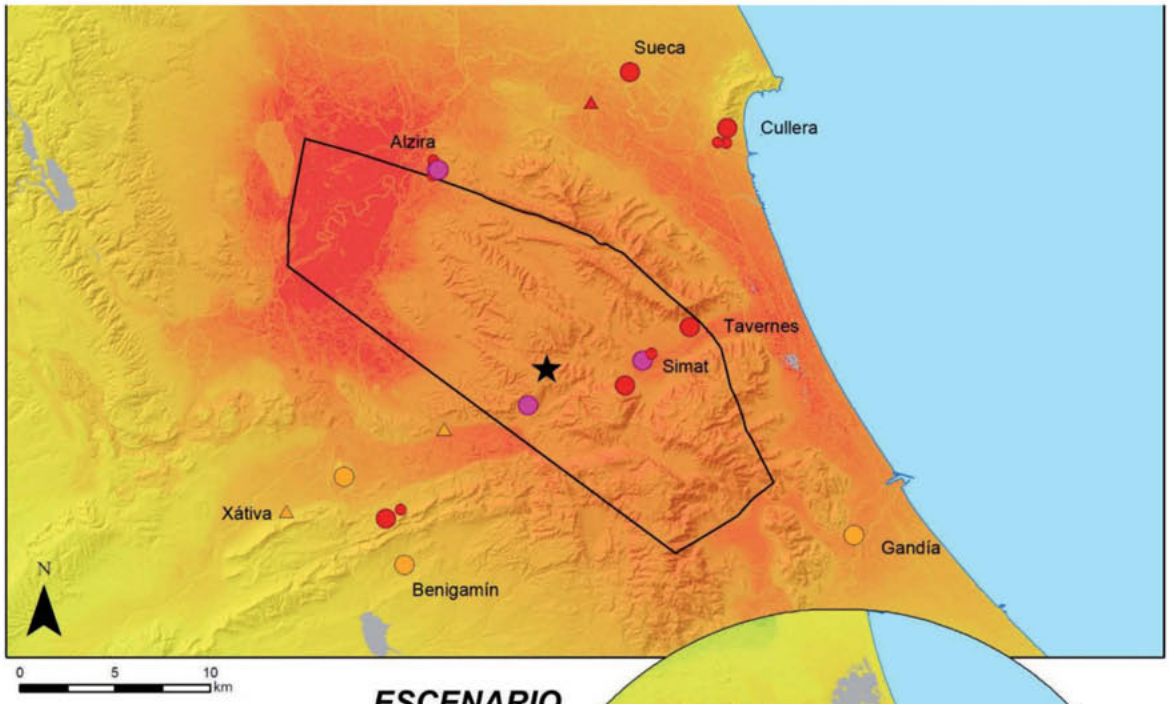
DISTRIBUCIÓN DAÑOS ESI-07/EMS-98 HST 13961218: TAVERNES (Valencia). 1396 AD											EFECTOS GEOLÓGICOS
EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
HST 13961218AD	12:00	0°13' O	39°5' N	6,5 M*	VIII-IX	IX	X	B	C	B	Tavernes. V



SHAKE MAP ESI-07/EMS-98
HST 13961218: TAVERNES (Valencia). 1396 AD
ACELERACIÓN DEL TERRENO

EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
HST 13961218AD	12:00	0°13' O	39°5' N	6,5 M*	VIII-IX	IX	X	B	C	B	**Tavernes. V**

Fuente sísmica modificada de:	**Mw calculada:**	**Relación empírica**:	**GMPE**: Wald *et al.* (2005) modificada según Silva *et al.* (2016).
Giner-Robles *et al.* (2015 y 2016).	7,05	Wells y Coppersmith (1994).	

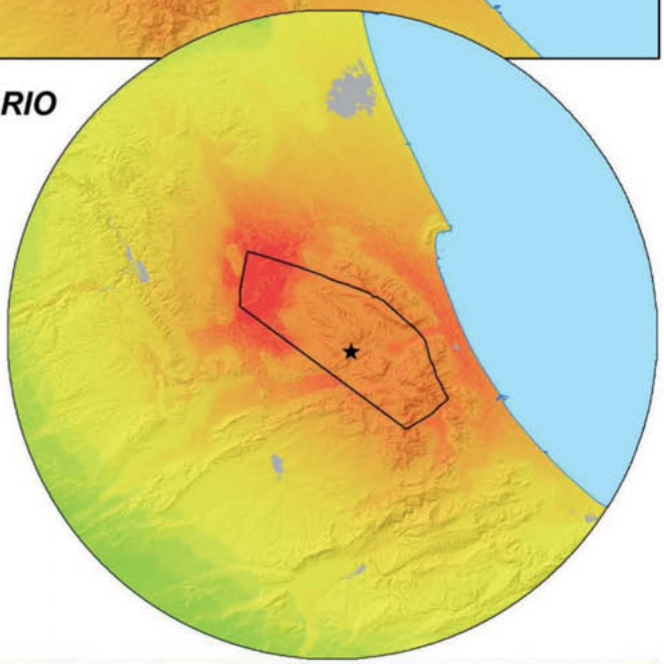


ESCENARIO

Datos del Modelo

Falla normal, buzamiento aprox. 60° SW
Longitud de la fuente 26 km

PGAmax 0,87g
PGA en Tavernes 0,63g
PGA en Simat 0,75g
PGA en Alzira 0,69g
PGA en Cullera 0,53g
PGA en Benigamín 0,27g
PGA en Gandía 0,49g



Efectos Edificaciones										
MMI (USGS)	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
SACUDIDA	Ligera	Moderada	Fuerte	Muy Fuerte	Severa	Violenta	Muy Violenta	Extrema	Extrema
DAÑO	Ninguno	Muy Ligero	Ligero	Moderado	Severo	Destructivo	Muy Destructivo	Devastador	Totalmente Devastador
PGA (g)	0,014	0,039	0,092	0,18	0,34	> 0,65			

Efectos Geológicos										
EEE PRIMARIOS	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Muy raros	Raros	Apreciables	Significativos	Importantes	Muy Importantes
EEE SECUND.	Ligeros	Marginales	Moderados	Apreciables	Significativos	Importantes	Muy Importantes	Devastadores	Totalmente Devastadores
AREA AFECTADA			c. 1 km²	≤10 km²	≤100 km²	≤1000 km²	≤5000 km²	≤10.000 km²	≥50.000 km²
ESI-07	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII

REFERENCIAS **DATOS**
HST 13961218: TAVERNES (Valencia). 1396 AD **BIBLIOGRÁFICOS**

Autores: Jorge L. Giner Robles, Departamento de Geología y Geoquímica, Universidad Autónoma de Madrid.
Pablo G. Silva, Javier Élez, Departamento de Geología, Universidad de Salamanca.

Bibliografía Terremoto de Tavernes de la Valldigna de 1396 AD

Cárcel Ortí, M.M. y Boscá Codina, J.V. (1996): Visitas pastorales de Valencia. (Siglos XIV-XV). Facultad de Teología San Vicente Ferrer. Series Valentina, 38, Valencia, 803 pp.

Escolano, X. (1878): Historia de Valencia, Tomo III, página 394.

Ferrer Clari, A. (1996). La Torre-Campanar de L'església de Santa Caterina. El Volteig, 5, 30-31.

Galbis Rodríguez, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5ºE y 20ºW de Greenwich y los paralelos 45º y 25ºN. Dirección General del Instituto Geográfico, Catastral y de Estadística. Tomo I.

García-Mayordomo, J. (2005): Caracterización y análisis de la peligrosidad símica en el sureste de España. Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 373 pp.

García-Mayordomo, J., Insua-Arévalo, J.M., Martínez-Díaz, J.J., Jiménez-Díaz, A., Martín-Banda, R., Martín-Alfageme, S., Álvarez-Gómez, J.A., Rodríguez-Peces, M., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Masana, E., Perea, H., Martín-González, F., Giner-Robles, J.L., Nemser, E.S., Cabral, J., QAFI Compilers (2012): The Quaternary Active Faults Database of Iberia (QAFI v.2.0). Journal of Iberian Geology, 38 (1): 285-302.

Gascón Pellegrí, V. (1956): Historia de Valldigna. Imp Sucesores de Vives Mora, Valencia.

Giner, J.J., Molina, S. y Jáuregui, P.J. (2003): Sismicidad en la Comunidad Valenciana. Física de la Tierra, 15, 163-187.

Giner-Robles, J.L., Élez, J., Silva, P.G., Rodríguez-Pascua, M.A., Pérez-López, M.A., Bardají, T., Perucha, M.A., Roquero, E. y Rodríguez-Escudero, E. (2016) (en prensa): Definición de fuentes sísmicas de terremotos históricos a partir de la escala de intensidades macrosísmicas ESI-07 y la modelización por SHAKEMAPS. Implicaciones en la peligrosidad sísmica. Geotemas.

Hinojosa Montalvo, J. (2002): Diccionario de historia medieval del Reino de valencia, Tomo IV. Generalitat Valenciana.

Lairon, A. y Vercher, S. (1998): Guia de l'arxiu municipal d'Alzira. Ayuntamiento de Alzira. ISBN:8492192135

Llibrer Escrig, J.A. (2011): De la Llíria medieval a los inicios de la Llíria moderna. Acercamiento a su desarrollo urbano. En: Llíria, historia, geografía y arte: nuestro pasado y presente. Coord. Jorge Hermosilla Pla, Vol. 2, 2011 (Geografía y arte), págs. 188-203.

Llopis Pulido, VM. (2014): La Catedral de Valencia: construcción y estructura. Análisis del Cimborrio [Tesis doctoral no publicada]. Universitat Politècnica de València. doi:10.4995/Thesis/10251/39313.

López Marinas, J.M. (1981): ¿Uno o dos terremotos catastróficos a fines del siglo XIV en el Reino de Valencia? Revista del Instituto de Estudios Alicantinos, 36, 59-72.

Martí Ortelles, V. (1417): Notales de Jaime Pastor, Cabildo Catedral de Valencia y Colaciones. Archivo de la Curia Eclesiástica de Valencia.

Martínez Araque, I. (2009): La organización del trabajo en las obras valencianas. La construcción en Alzira y la ribera del Xúquer durante los siglos XIV-XV. Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Valencia, 21-24 octubre 2009,eds. S. Huerta, R. Marín, R. Soler, A. Zaragoza. Madrid: Instituto Juan de Herrera, 2009.

Martínez García, J.M. y Castro Valls, P. (2014): El monestir de Santa Maria de la Valldigna: fases constructives i nover troballes arqueològiques del segle xiv junt al Palau Abacial. Recerques del Museu d´Alcoi, n 22-23, 95-106.

Martínez Solares, J.M., Mezcua, J. (2002): Catálogo Sísmico de la Península Ibérica (880 a.C. – 1900). Monografías IGN, 18. IGN, Madrid (Spain), 253 pp.

Martínez Solares, J.M. (2011): Sismicidad pre-instrumental. Los grandes terremotos históricos en España. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 19 (3): 296-304.

Martins, I. and Mendes, Victor L.A. (2001): Contribuiçao para o estudo da sismicidade da regiao oeste da peninsula iberica, Universidade de Lisboa, Instituto Geofisico do Infante D. Luis, Publ. N. 25, 67 pp.

Mascaró, G.(anterior a 1456): Croniques barcelonines de la Casa Dalmases. Biblioteca de Catalunya, nº485, 296-298.

Mengel, O. (1909): Monographie des terratremols de la Región Catalane. Extrait du Bull. Soc. Ramond, p. 20. Fascículo 3, página 25.

Mezcua, J., Martínez Solares, J.M. (1985): Sismicidad del area Ibero-Mogrebi. Instituto Geográfico Nacional (IGN). Publicación 203. Madrid. 301 pp.

Mezcua, J., Rueda, J. y García Blanco, R.M. (2004): Reevaluation of Historic Earthquakes in Spain. Seismological Research Letters, 75, 1, 75-81.

Mir, Guillén (1492): Libre de Memorias (manuscrito). Biblioteca de la Universidad de Valencia.

Moreira de Mendonça, J.J. (1758): Historia universal dos terremotos que tem havido no mundo, de que ha noticia, desde a sua creaçao ate o seculo presente. Offic. Antonio V. de Silva. Lisboa, p. 272., pág. 47.

Plan General de Ordenación Urbana del Municipio de Lliria (2005): Memoria justificativa. Texto refundido, julio 2005. Lliria, Valencia.

Rubio, F. (1986): "Castillo de Gallinera", Arqueología en Alicante 1976-1986. Instituto de Estudios Alicantinos "Juan Gil Albert". Diputación Provincial de Alicante, pp. 41-42.

Ruíz, J.M. y Carmona, P. (2005): La llanura deltaica de los ríos Júcar y Turia y la Albufera de Valencia. Geomorfología Litotal y Quaternari. Homenatge al professor Vicenç M. Rosselló i Verger. Universidad de

Valencia, 399-418.

Serra Desfilis, A. (1999). El mestre de les obres de la ciutat de València, 1370-1480. En: L'artista-artesà medieval a la Corona d'Aragó . Lleida, 14, 15 i 16 de gener de 1998. ISBN 8484099903.

Serra Desfilis, A. y de Miquel Juan, M. (2005): Pere Balaguer y la arquitectura valenciana entre los siglos XIV y XV. F. Taberner (ed.), Historia de la ciudad IV: Memoria urbana, Valencia, (ICARO-Colegio Territorial de Arquitectos-Ayuntamiento de Valencia-Universitat de València), 89-111.

Sánchez Navarro-Neumann, M. (1921): Lista de los terremotos más notables sentidos en la península Ibérica desde los tiempos más remotos, hasta 1917, inclusive, con ensayo de agrupación en regiones y períodos sísmicos. La Estación Sismológica y el Observatorio Astronómico y Meteorológico de Cartuja (Granada). Memorias y trabajos de vulgarización científica, pp. 11-65.

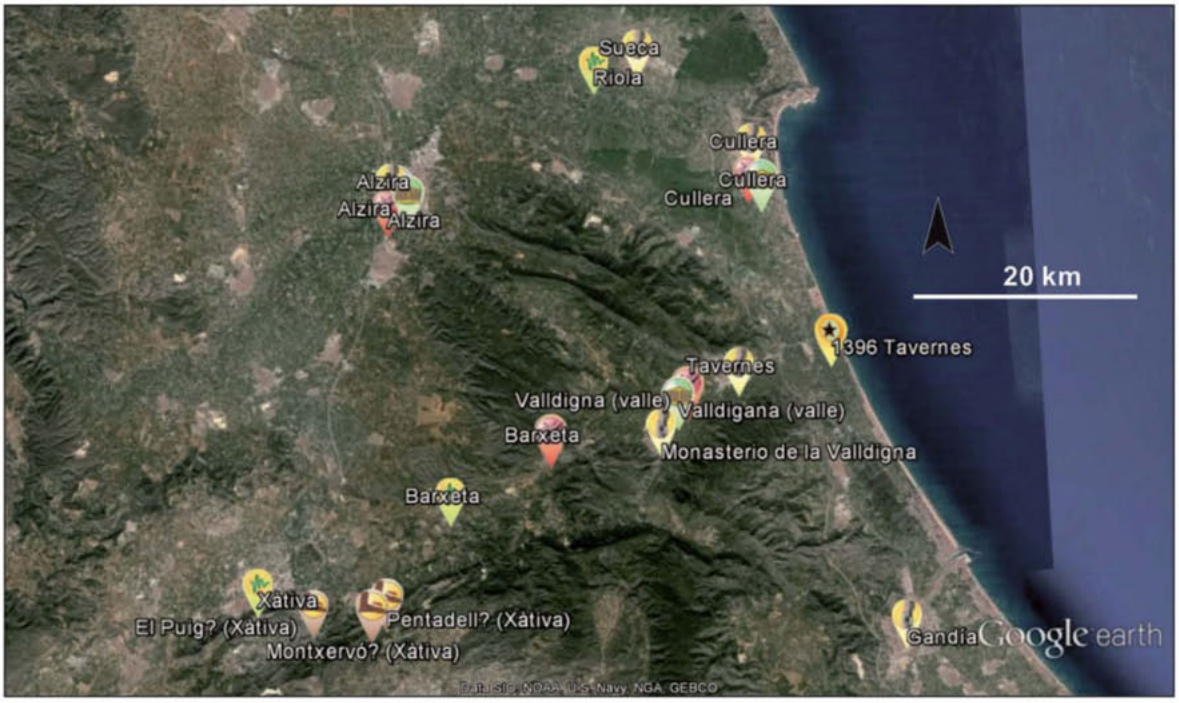
Stucchi M., Rovida A., Gomez Capera, A. Alexandre, P., Camelbeeck, T., Demircioglu, M., Gasperini, P., Kouskouna, V., Musson, R., Radulian, M., Sesetyan, K., Vilanova,M., Baumont,H., Bungum, H., Fäh, D., Lenhardt, W., Makropoulos, K., Martinez Solares J. M., Scotti O., Živčić, M., Albini, P., Batllo, J.,& Papaioannou, C., Tatevossian R., Locati, M., Meletti, C., Viganò, D., Giardiniet, D. (2012): The SHARE European Earthquake Catalogue (SHEEC) 1000–1899. Journal of Seismology, doi: 10.1007/s10950-012-9335-2.

Zurita, G. (1668): Anales de la Corona de Aragón, Libro X, capítulo XI, pag.422.



INFORMACIÓN MACROSÍSMICA HST 13961218: TAVERNES (Valencia). 1396 AD											EFECTOS GEOLÓGICOS	
EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO	
HST 13961218AD	12:00	0°13' O	39°5' N	6,5 M*	VIII-IX	IX	X	B	C	B	Tavernes. V	
Tipo de Efectos Catalogados											Número de Fichas 22	12 EEEs 10 EAEs

Imagen Google Earth de la localización de efectos catalogados en la zona epicentral



Información macrosísmica catalogada

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
01.01 Alzira	0°26'24,36"O	39°9'6,83"N	EAE	ESE 21,0 km	VIII	IX	IX
01.02 Alzira	0°26'24,36"O	39°9'6,83"N	HD	ESE 21,0 km	VIII	IX	IX
01.03 Alzira	0°26'24,36"O	39°9'6,83"N	LQ	ESE 21,0 km	VIII	IX	X
01.04 Alzira	0°26'24,36"O	39°9'6,83"N	GK	ESE 21,0 km	VIII	IX	X
02.01 Barxeta (término municipal)	0°21'52,46"O	39°2'50,57"N	GK	ENE 18,4 km	Sin datos	VIII (Zona)	X
03.01 Benigamí	0°26´38,40"O	38°56´36,46"N	EAE	NE 24,6 km	Sin datos	VIII (Zona)	VIII
04.01 Cullera	0°15'13,42"O	39°9'46,88"N	EAE	S 9,7 km	VIII-IX	IX	IX
04.02 Cullera	0°15'13,42"O	39°9'46,88"N	GK	S 9,7 km	VIII-IX	IX	IX
04.03 Cullera	0°15'13,42"O	39°9'46,88"N	LQ	S 9,7 km	VIII-IX	IX	IX
05.01 Gandía	0°11'4,08"O	38°58'4,92"N	EAE	N 13,0 km	VI-VII	VIII	VIII
06.01 Liria	0°35'58,35"O	39°37'33,71"N	EAE	SSE 68,1 km	VI-VII	VII	VI
07.01 Simat (Monasterio)	0°18'26,13"O	39°2'55,94"N	EAE	ENE 8,4 km	Sin datos	IX (Zona)	IX
08.01 Sueca	0°18'40,78"O	39°12'12,08"N	EAE	SE 16,0 km	VIII-IX	IX	IX

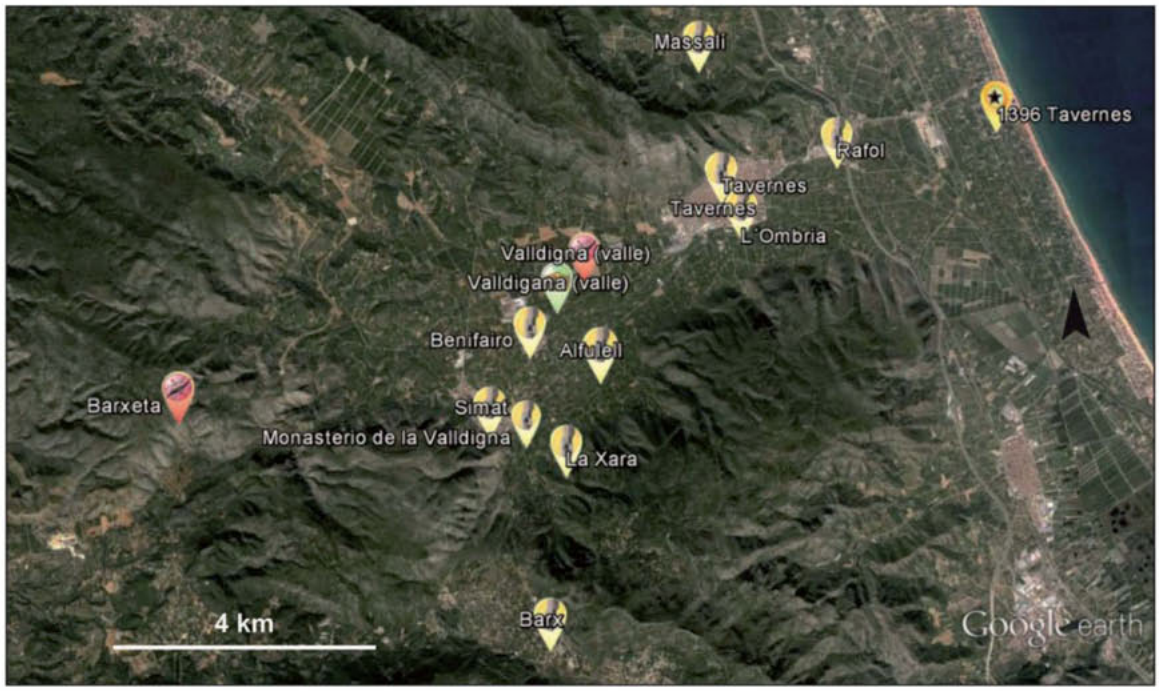
09.01 Tavernes de la Valldigna	0°16'2,47"O	39°4'29,35"N	EAE	E 4,4 km	VIII-IX	IX	**X**
10.01 Valencia	0°22'36,84"O	39°28'28,70"N	EAE	S 45,1 km	V-VI	VI	**VII**
11.01 Valle de Gallinera (Castillo)	0°10'59.82"O	38°50'17.14"N	EAE	NNE 30,8 km	Efectos naturales	VIII	**VIII**
11.02 Valle de Gallinera	0°10'59.82"O	38°50'17.14"N	SM	NNE 30,8 km	Efectos naturales	VIII	**VIII**
12.01 Valle de la Valldigna	0°17'51,96"O	39°3'37,63"N	GK	E 6,5 km	Sin datos	IX (Zona)	**IX**
12.02 Valle de la Valldigna	0°17'51,96"O	39°3'37,63"N	LQ	E 6,5 km	Sin datos	IX (Zona)	**X**
13.01 Valle de Villalonga	0°12'28,17"O	38°53'13,19"N	HA	N 21,4 km	Efectos naturales	VIII	**VIII**
14.01 Xàtiva (El Puig)	0°29'22.65"O	39° 0'14.43"N	SM	ENE 25,5 km	Sin datos	VIII (Zona)	**VIII**
14.02 Xàtiva (Término municipal)	0°27'22,50''O	38°58'56,88''N	SM	ENE 22,8 km	Sin datos	VIII (Zona)	**IX**

Información macrosísmica complementaria

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
00.01 Riola	0°20'4,47"O	39°11'49,71"N	EMS	SE 16,2 km	VIII-IX	IX	**IX (Zona)**
00.02 Barxeta (Población)	0°25'1,50"O	39°1'17,04"N	EMS	ENE 18,4 km	Efectos naturales	VIII	**IX (Zona)**
00.03 Xàtiva (Población)	0°31'5,78"O	38°59'17,33"N	EMS	ENE 28,3 km	VII	VIII	**VIII (Zona)**

Imagen Google Earth de la localización de daños asignados a Tavernes repartidos en las alquerías dependientes del monasterio de Santa María de la Valldigna en el siglo XIV.

Ver texto para explicación.



Información macrosísmica

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
09.01 Tavernes de la Valldigna	0°16'2,47"O	39°4'29,35"N	EAE	E 4,4 km	VIII-IX	IX	**X**
09a.01 Tavernes	0°16'2,47"O	39°4'29,35"N	EAE	E 4,4 km	Sin datos	IX	**X**

09b.01 Benifairó	0°18'10,65"O	39°3'15,75"N	EAE		ENE 8,2 km	Sin datos	IX (Zona)	X
09c.01 Simat	0°18'38,39"O	39°2'36,51"N	EAE		ENE 9,2 km	Sin datos	IX (Zona)	X
09d.01 Barx	0°18'4,94"O	39°0'52,95"N	EAE		NE 10,5 km	Sin datos	IX (Zona)	IX
09e.01 La Xara (D)	0°17'50,47"O	39°2'15,83"N	EAE		NE 8,6 km	Sin datos	IX (Zona)	X
09f.01 Alfullel (D)	0°17'25,94"O	39°3'2,61"N	EAE		NE 7,3 km	Sin datos	IX (Zona)	X
09g.01 L'Ombría (D)	0°15'50,32"O	39°4'10,61"N	EAE		ENE 4,4 km	Sin datos	IX (Zona)	X
09h.01 Rafol (D)	0°14'45,56"O	39°4'45,09"N	EAE		E 2,5 km	Sin datos	IX (Zona)	X
09i.01 Massalí (D)	0°16'12,79"O	39°5'36,75"N	EAE		ESE 4,7 km	Sin datos	IX (Zona)	IX

(D) Población desaparecida actualmente.

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST13961218.01.01 *01.01. Alzira (Iglesia)*	EVENTO	HST13961218 TAVERNES.V	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Muros basculados

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Alzira (Valencia)	0°26'35,65"O	39°9'4,71"N	24 m	0 km²	21,0 km	ESTESURESTE	VIII-IX EMS, IX MSK / 6,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura de inundación, meandro abandonado	Pendiente del terreno	Llano (< 2%)
Descripción Geológica	Toda la ciudad de Alzira se sitúa en la llanura de inundación del río Xùquer, aunque la ciudad vieja se sitúa en la llanura comprendida en el arco de un meandro abandonado, meandro que fue urbanizado cuando se desecó totalmente en 1967.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Dolomías y calizas	Limos arenosos	Masivo	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cretácico superior	Holoceno	Sin Datos	0,15	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería y ladrillo	Iglesia	Algunas (5%)	Destructivo	VIII EMS / IX MSK

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	MUROS BASCULADOS: EAE/9

Descripción: Mascaró (1456) describe que: "(...) *Cerca al lugar de Alzira el terremoto fue tal que la mayoría de las casas se hundieron o se resquebrajaron; pero donde fue más fuerte fue en el lugar de Alzira pues toda la villa está agrietada o maltratada*".
Por las diferentes crónicas de la época sabemos que la ciudad de Alzira fue una de las más afectadas de la zona, en todas ellas se mencionan grandes daños en la mayoría de las construcciones y casas de la ciudad. Pero también hay documentación que hace referencia a daños específicos en edificios religiosos y civiles, la primera referencia histórica al archivo municipal de la ciudad se hace en relación a los grandes daños sufridos por el edificio que contenía el archivo y la necesidad de trasladarlo de lugar (Lairon y Vercher, 1998). También se hace referencia a que se arruinó completamente la parte superior del campanario de la iglesia de Santa Caterina (Santa Catalina) que tuvo que ser desmontada y reparada (Martínez Araque, 2009) (actualmente aún se observa claramente el basculamiento del campanario). También en esta ciudad colapso el claustro del antiguo Convento de San Agustín. El 3 de enero de 1403 del obispo de Valencia autoriza la colecta de limosnas para la reconstrucción del claustro en el Convento de San Agustín de Alcira que está en parte ruinoso por causa de los terremotos de años antes (Libro de las Colaciones, Archivo de la Curia Eclesiástica de Valencia) (López, 1981).

Interpretación: Según los documentos que enumeran los daños en esta población, el grado de destrucción en esta ciudad debió de ser igual o superior al establecido para la zona del Valle de la Valldigna, afectando a gran parte de la ciudad. Este hecho puede deberse a que la ciudad se encontraba en la zona interna de un meandro, en materiales fluviales muy poco consolidados. El basculamiento de la torre de la iglesia de Santa Caterina hacia el SO es coherente con la posición de la zona de máxima intensidad, es decir hacia el SO de la población.

Cuantificación: La documentación analizada indica que la mayoría de las casas de la ciudad sufrieron daños de cierta importancia o que colapsaron. La intensidad asignada a esta población es de IX MSK (López, 1981). Hay que tener en cuenta el valor de intensidad establecido para el resto de los efectos descritos en esta localidad (Intensidad X ESI-07). El efecto aquí catalogado es la direccionalidad observada en los daños descritos y aún visibles en la torre de la Iglesia de Santa Caterina, con una orientación de basculamiento orientada claramente hacia el SO; lo que indicaría un movimiento preferente de vibración del terreno en dirección general NE-SO y un impulso sísmico procedente del SO. Estas orientaciones serían coherentes con la distribución de la zona de intensidad máxima establecida en el análisis de este evento.



Vistas de la torre de la Iglesia de Santa Caterina (Modificado de Ferrer, 1996).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	IX	Calidad de los datos (Qg)	C	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general, estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

Ferrer Clari, A. (1996). La Torre-Campanar de L´església de Santa Caterina. El Volteig, 5, 30-31.
López Marinas, J.M. (1981): ¿Uno o dos terremotos catastróficos a fines del siglo XIV en el Reino de Valencia?. Revista del Instituto de Estudios Alicantinos, 36, 59-72.
Martínez Araque, I. (2009): La organización del trabajo en las obras valencianas. La construcción en Alzira y la ribera del Xúquer durante los siglos XIV-XV. Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Valencia, 21-24 octubre 2009, eds. S. Huerta, R. Marín, R. Soler, A. Zaragoza. Madrid: Instituto Juan de Herrera, 2009.
Lairon, A. y Vercher, S. (1998): Guia de l´arxiu municipal d´Alzira. Ayuntamiento de Alzira. ISBN:8492192135
Mascaró, G.(anterior a 1456): Croniques barcelonines de la Casa Dalmases. Biblioteca de Catalunya, nº485, 296-298.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2016

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST13961218.01.02 *01.02. Alzira*	EVENTO	HST13961218 TAVERNES.V	EFECTO	ANOMALÍA HIDROGEOLÓGICA: HD/9

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Alzira (Valencia)	0°26'25,05"O	39°9'6,95"N	24 m	0 km²	21,0 km	ESTESURESTE	VIII-IX EMS, IX MSK / 6,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura de inundación, meandro abandonado	Pendiente del terreno	Llano (< 2%)
Descripción Geológica	Toda la ciudad de Alzira se sitúa en la llanura de inundación del río Xuquer, aunque la ciudad vieja se sitúa en la llanura comprendida en el arco de un meandro abandonado, meandro que fue urbanizado cuando se desecó totalmente en 1967.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Dolomías y calizas	Limos arenosos	Masivo	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cretácico superior	Holoceno	Sin Datos	0,15	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	VIII EMS / IX MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	ANOMALÍA HIDROGEOLÓGICA EN FUENTES: HD/9

Descripción: *"En este año (1396), al 18 de Diciembre, hubo grandes terremotos en todo el reino de Valencia, y en las comarcas que confinan con Castilla, y en la Serranía hasta Tortosa, y desde hora tercia hasta la hora de completas, tembló la tierra tres veces, y en el reino de Valencia se hundieron diversas torres e iglesias y el Monasterio de Valldinga, y según escribe Martín de Alpartil (...) en la villa de Algezira (Alzira) del Reyno de Valencia dos fuentes manaron agua muy hedionda y de color ceniza"* (Zurita, 1668).

Interpretación: Las descripciones de procesos de licuefacción en las zonas colindantes de la ciudad nos permiten considerar que el color ceniza descrito es el resultado de la licuefacción de toda el área con la consiguiente inyección de materiales en fuentes. Aunque no se aportan datos de la localización exacta de las fuentes, se presume que ambas se encontrarían en el interior de la villa. El mal olor referido puede estar relacionado con la emisión de gases.

Cuantificación: El enturbiamiento moderado del agua de fuentes se considera en la escala ESI-07 a partir de intensidad VI, aunque las referencias al color gris del agua índica un alto grado de turbidez que estaría describiendo una intensidad mayor (VIII-IX ESI): y la emisión de gases se produce de forma leve partir de intensidad VIII, y moderado a partir de IX. Además de estos datos, la descripción de grandes procesos de licuefacción en las zonas próximas a la ciudad nos permite establecer una intensidad ESI-07 de IX.



La documentación consultada sobre las crónicas del terremoto en Alzira no aporta información que permita localizar con un mínimo de fiabilidad la localización de las dos fuentes a las que se hace mención. No obstante, como se refieren a la villa de Alzira presuponemos que las fuentes se debían encontrar en la misma ciudad o muy cerca de ella.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	C	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general, estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:	López Marinas, J.M. (1981): ¿Uno o dos terremotos catastróficos a fines del siglo XIV en el Reino de Valencia?. Revista del Instituto de Estudios Alicantinos, 36, 59-72. Zurita, G. (1668). Anales de la Corona de Aragón, Libro X, capítulo XI, pag.422 (836 pag, google)		
Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2016

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST13961218.01.03 *01.03. Alzira*	EVENTO	HST13961218 TAVERNES.V		EFECTO	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/10	
Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Alzira (Valencia)	0°26'48,76"O	39°9'4,99"N	24 m	0 km²	21,0 km	ESTESURESTE	VIII-IX EMS, IX MSK / 6,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura de inundación, meandro abandonado	Pendiente del terreno	Llano (< 2%)
Descripción Geológica	Toda la ciudad de Alzira se sitúa en la llanura de inundación del río Xùquer, aunque la ciudad vieja se sitúa en la llanura comprendida en el arco de un meandro abandonado, meandro que fue urbanizado cuando se desecó totalmente en 1967.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Dolomías y calizas	Limos arenosos	Masivo	Sin consolidar	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cretácico superior	Holoceno	Sin Datos	0,15	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	VIII-IX EMS / IX MSK

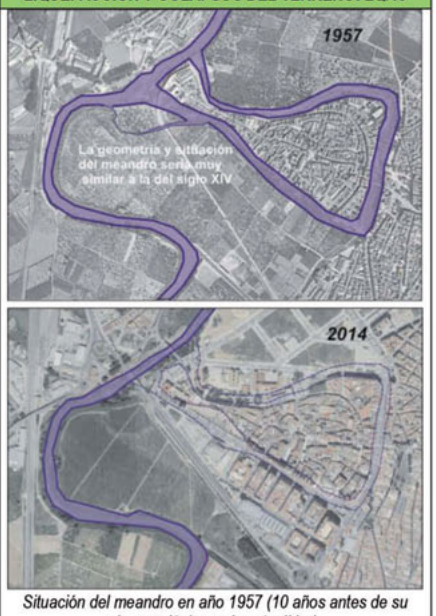
EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/10

Descripción: "*Pues toda la villa (Alzira) está agrietada o maltratada (...) y en el término de la mencionada villa y en el paraje denominado el Campanar, en una gran viña, la tierra se abrió y salió agua en tal cantidad que a la gente le parecía una gran riera y la hendidura quedó muy ancha, porque tenía más de 40 brazas de profundo*" (Mascaró, 1456).

Interpretación: La ciudad de Alzira se asienta en la llanura de inundación del río Xúquer, actualmente en el interior de un meandro. Este meandro está totalmente abandonado desde el año 1967 en el que se desecó y urbanizó el cauce. En la fotografía del vuelo americano del año 1957 aún se observa la situación del meandro que rodeaba a ciudad de Alzira (en árabe "isla") dejándola como una isla independiente. Esta geometría sería muy similar a la debía tener la ciudad en el siglo XIV; situación que le conferiría a la ciudad una alta susceptibilidad de licuefacción frente a un sismo.
En la descripción de Mascaró (1456) se menciona la formación de grandes grietas por la que salió un gran flujo de agua, proceso que debe estar relacionado con licuefacciones y procesos *de lateral spreading* generalizados en la ciudad y sus alrededores. Si damos total certidumbre a la descripción de las dimensiones del agrietamiento que se produjo, y considerando que una braza tiene aproximadamente entre 1,5 y 2 metros de longitud, la profundidad a la que alude la documentación sería de más de 60 m. No obstante, y aunque la profundidad descrita parece un poco exagerada, hay que tener en cuenta que la situación de la población (en la zona interna de un meandro abandonado) y los materiales sobre los que se asienta (rellenos fluviales muy recientes) son muy susceptibles de sufrir licuefacción y procesos de *lateral spreading* (ver HST13961218.01.04).
No se ha podido establecer la localización exacta del proceso de licuefacción descrito por Mascaró (1456), ya que no existe en la cartografía consultada (desde finales del siglo XVIII hasta la actualidad) ninguna zona cercana a la población con el topónimo referido (*el Campanar*).
López (1981) asigna una intensidad de IX MSK aunque a nuestro parecer minusvaloró las dimensiones del proceso descrito por Mascaró (1456).

Cuantificación: Las dimensiones de las grietas mencionadas y la referencia al intenso flujo de agua indicarían procesos de licuefacción asociados a una intensidad X ESI-07.



Situación del meandro en año 1957 (10 años antes de su desecación) y en la actualidad.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	X	Calidad de los datos (Qg)	C	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general, estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:
Mascaró, G. (anterior a 1456): Croniques barcelonines de la Casa Dalmases. Biblioteca de Catalunya, nº 485, 296-298.
López Marinas, J.M. (1981): ¿Uno o dos terremotos catastróficos a fines del siglo XIV en el Reino de Valencia?. Revista del Instituto de Estudios Alicantinos, 36, 59-72.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2016

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST13961218.01.04 *01.04. Alzira (Tèrmino de) (Valencia)*	EVENTO	HST13961218 TAVERNES.V	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/10 GK

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Alzira (Valencia)	0°26'29,41"O	39°9'4,53"N	24 m	0 km²	21,0 km	ESTE-SURESTE	VIII-IX EMS, IX MSK / 6,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura de inundación, meandro abandonado	Pendiente del terreno	Llano (< 2%)
Descripción Geológica	Toda la ciudad de Alzira se sitúa en la llanura de inundación del río Xúquer, aunque la ciudad vieja se sitúa en la llanura comprendida en el arco de un meandro abandonado, meandro que fue urbanizado cuando se desecó totalmente en 1967.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Dolomías y calizas	Limos arenosos	Masivo	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cretácico superior	Holoceno	Sin Datos	0,15	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	VIII / IX

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/10

Descripción: "*Pues toda la villa (Alzira) está agrietada o maltratada (..) y en el término de la mencionada villa (Alzira) y en el paraje denominado el Campanar, en una gran viña, la tierra se abrió y salió agua en tal cantidad que a la gente le parecía una gran riera y la hendidura quedó muy ancha, porque tenía más de 40 brazas de profundo*" (Mascaró, 1456)

Interpretación: En función de lo descrito ("toda la villa está agrietada") podemos suponer que el agrietamiento debió ser generalizado en toda la ciudad, posiblemente relacionados con procesos de *lateral spreading*. En cuanto al paraje denominado de Campanar, si damos total certidumbre a la descripción y considerando que una braza tiene aproximadamente entre 1,5 y 2 metros de longitud, la profundidad a la que alude la documentación sería de más de 60 m. Dadas las dimensiones de profundidad y anchura descritas en la documentación, se debieron producir fenómenos de tipo *lateral spreading* asociados a importantes licuefacciones del terreno (ver ficha HST13961218.01.03). En cuanto a la localización exacta de este fenómeno, la cartografía consultada (actual y de principios del siglo XX) no muestra ningún topónimo que haga referencia a "El Campanar". Considerando que la ciudad de Alzira en esa época tenía un gran término municipal, no podemos establecer una localización exacta del fenómeno, aunque dadas las características de los efectos descritos (agrietamiento, licuefacción y posibles fenómenos de *lateral spreading*) podría localizarse en las inmediaciones de la ciudad de Alzira, al oeste de la localidad en la llanura de inundación del río Xúquer.

Cuantificación: Los valores de profundidad indicados parecen algo exagerados, pero considerando las dimensiones descritas las grietas debieron tener una longitud y profundidad muy importantes. Y aunque el valor de intensidad MSK asignado por López (1981) a este punto es de IX, también reconoce que la intensidad podría llegar hasta X, por lo que con las dimensiones de las grietas consideramos para este punto una intensidad ESI-07 de X.



La cartografía consultada no permite establecer con exactitud la localización de este efecto. No obstante, dadas las características de los procesos asociados al agrietamiento del terreno descrito, la localización más probable sería en la zona oeste de la ciudad en las proximidades del río Xúquer.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	X	Calidad de los datos (Qg)	C	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general, estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

López Marinas, J.M. (1981): ¿Uno o dos terremotos catastróficos a fines del siglo XIV en el Reino de Valencia? Revista del Instituto de Estudios Alicantinos, 36, 59-72.

Mascaró, G. (anterior a 1456): Croniques barcelonines de la Casa Dalmases. Biblioteca de Catalunya, nº485, 296-298.

Información Recopilada: *Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).*

Ficha Publicada: *Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España* — Número (Vol.): 2 — Año: 2016

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST13961218.02.01 *02.01. Barcheta (Valencia)*	EVENTO	HST13961218 TAVERNES.V		EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/10 GK	
Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
02 / Barcheta (Valencia)	0°21'52,46"O	39°2'50,57"N	93 m	0,6 km²	18,4 km	ESTE-NORESTE	VIII-IX EMS, IX MSK / 6,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Valle fluvial (ladera)	Pendiente del terreno	Muy fuerte (30-50%)
Descripción Geológica	El término municipal de Barxeta se encuentra en el valle fluvial del río Barxeta que discurre sobre arcillas y margas triásicas, el valle está limitado al norte y al sur por fracturas orientadas ENE-OSO y elevaciones de materiales carbonatados del cretácico superior.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Arcillas y margas yesíferas	Calizas y areniscas calcáreas	estratificada	Consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Cretácico superior	Sin datos	0,16	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	VIII MSK

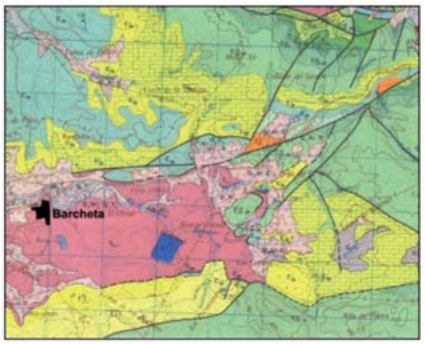
EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/10

Descripción: Documentos contemporáneos al terremoto describen una gran grieta en el término municipal de Barcheta: "*En el término que llaman de la Barqueta (Barcheta), una montaña se abrió y la hendidura es prolongada por cosa de una legua y podría tener una anchura de un palmo más o menos*" (Mascaró, 1452). La traducción del texto original en latín ha podido inducir algunas confusiones ya que otros autores (Hinojosa, 2002), a partir de otras traducciones del mismo texto establecen la anchura de la grieta en un palmo y medio.

Interpretación: La anchura de la grieta, según diferentes traducciones del texto original en latín, era de entre un palmo y palmo y medio, es decir entre 20 y 30 cm de ancho. En cuanto a su longitud, se habla de una legua; la legua castellana establecida en el siglo XIV media algo más de 5000 metros. Con las dimensiones referidas en la documentación la grieta se habría producido en materiales competentes y tendría una longitud de varios kilómetros y una apertura decimétrica. No se hace referencia a la orientación de la misma pero la referencia a que "se abrió una montaña" nos permite considerar que las grietas posiblemente tendrían una orientación subparalela a las elevaciones topográficas de esa zona: bien ENE-OSO, si las estructuras con orientación similar al sector Xátiva-Tavernes de la Falla de Jumilla (García-Mayordomo *et al.*, 2012) que se localiza a menos de tres kilómetros al sur de esta población; o bien orientadas NO-SE, si las grietas se hubiesen desarrollado hacia el este de la población, orientación coherente con lo propuesto por Giner-Robles *et al.* (2016).

Cuantificación: Aunque López (1981) le asigna una intensidad VIII MSK a esta población, las dimensiones mínimas supuestas de las grietas descritas indicarían una intensidad mínima de IX ESI-07, aunque los valores referidos se localizan en el límite de las intensidades IX y X; además la cercanía de otros efectos con valores de intensidad X ESI-07, nos permite establecer una intensidad de X ESI-07 a este efecto.



Mapa geológico (1:50.000) del término municipal de Barxeta, en el que se pueden observar las posibles localizaciones de las elevaciones afectadas por las grietas referidas en la documentación consultada. La población se localiza en un valle orientado ENE-SSO y limitado al norte, al sur y al este por elevaciones de Cretácico superior.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	X	Calidad de los datos (Qg)	C	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general, estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

Giner-Robles, J.L., Élez, J., Silva, P.G., Rodríguez-Pascua, M.A., Pérez-López, M.A., Bardají, T., Perucha, M.A., Roquero, E. y Rodríguez-Escudero, E. (2016) (en prensa): Definición de fuentes sísmicas de terremotos históricos a partir de la escala de intensidades macrosísmicas ESI-07 y la modelización por SHAKEMAPS. Implicaciones en la peligrosidad sísmica. Geotemas.

Hinojosa Montalvo, J. (2002): Diccionario de historia medieval del Reino de valencia, Tomo IV. Generalitat Valenciana.

López Marinas, J.M. (1981): ¿Uno o dos terremotos catastróficos a fines del siglo XIV en el Reino de Valencia? Revista del Instituto de Estudios Alicantinos, 36, 59-72.

Mascaró, G. (anterior a 1456): Croniques barcelonines de la Casa Dalmases. Biblioteca de Catalunya, nº485, 296-298

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2016

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST13961218.03.01 *03.01. Benigàmin*	EVENTO	HST13961218 TAVERNES.V	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Daños diversos

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
03/ Benigàmin (Valencia)	0º26´38,40"O	38º56´36,46"N	120 m	0 km²	24,6 km	NE	VIII-IX EMS, IX MSK / 6,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura aluvial	Pendiente del terreno	Suave (2- 5%)
Descripción Geológica	Llanura aluvial sobre calizas y margas lacustres del Mioceno medio / superior afectado suavemente por un pliegue sinclinal orientado ENE-OSO que afecta también a materiales del Cretácico.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Calizas y margas	Limos	Masiva	Semi consolidado	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno medio / superior	Pleistoceno superior	Sin datos	0,16	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, ladrillo	Campanario iglesia	única	Moderado	Sin datos/ VIII MSK (zona)

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	DAÑOS DIVERSOS: EAE/8

Descripción: En la visita pastoral a Benigàmi en 1401 se hace referencia a que "*campanile fuit inventum destructum propter terremotum in tantum quod campane non possunt pulsari ut decet*". Cuya tradución sería: "*El campanario se encuentra en ruinas a causa del terremoto, por lo que la campana no puede ser tocada como corresponde*" (visita pastoral a Benigàmin en 1401) (Carcel y Boscá, 1999).

Interpretación: La única iglesia del siglo XIV en la localidad de Benigàmi es la Iglesia del Santísimo Cristo de la Sangre. En un principio fue una mezquita, pero el aumento del culto cristiano la convirtió en iglesia parroquial. Inicialmente era una iglesia románica con una única nave y con campanario, una de las iglesias llamadas de la Reconquista; posteriormente fue renovada casi completamente aunque se mantuvo la torre de la iglesia anterior. Por lo tanto, suponemos que la torre que se puede observar en la actualidad es la que sufrió los daños que se mencionan en la documentación. No obstante, y dadas las numerosas renovaciones que ha sufrido a lo largo del tiempo, no es posible observar la orientación y magnitud de los daños mencionados.

Cuantificación: La intensidad que se podría asignar a estos daños estaría entre VII y VIII. No obstante, y dada su cercanía a otros puntos con intensidad VIII EMS (*e.g.* Xátiva) y VIII ESI-07 (ver HST13961218.14.02), e incluso IX ESI-07 (ver HST13961218.14.01), asignamos a este punto una intensidad de VIII.



Torre de la Iglesia del Santísimo Cristo de la Sangre (Ayuntamiento de Benigàmin)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VIII	Calidad de los datos (Qg)	C	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general, estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:	Cárcel Ortí, M.M. y Boscá Codina, J.V. (1996) Visitas pastorales de Valencia. (Siglos XIV-XV). Facultad de Teología San Vicente Ferrer. Series Valentina, 38, Valencia 803 pp. López Marinas, J.M. (1981): ¿Uno o dos terremotos catastróficos a fines del siglo XIV en el Reino de Valencia?. Revista del Instituto de Estudios Alicantinos, 36, 59-72.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2016

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST13961218.04.01 *04.01. Cullera*	EVENTO	HST13961218 TAVERNES.V	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Daños diversos

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
04 / Cullera (Valencia)	0°15'13,42"O	39°9'46,88"N	5 m	0 km²	9,7 km	SUR	VIII-IX EMS, IX MSK / 6,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura de desembocadura	Pendiente del terreno	Llano (< 2%)
Descripción Geológica	La ciudad de Cullera es una población costera que se sitúa en la llanura de inundación de la desembocadura del río Xúquer en la falda de un relieve de materiales carbonatados del Cretácico superior.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Calizas y margas	Calizas y margas/ arenas y limos	Masiva	Semi consolidado	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cretácico superior	Cretácico superior/Holoceno	Sin datos	0,15	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Adobe. Sillería, ladrillo	Casas, puente	Multiples (75%)	Destructivo	VIII EMS / IX MSK

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	DAÑOS DIVERSOS: EAE/9

Descripción: *"Así mismo en el lugar de Cullera, cerca del valle mencionado (Valle de la Valldigna) se hundieron y aterraron muchas casas y el puente se rompió en muchos sitios y la tierra se abrió"* (Mascaró, 1456).

Interpretación: La información proporcionada en la documentación es muy escasa y no permite establecer orientaciones preferentes de daños en las casas de la ciudad, aunque la crónica parece indicar que fueron muchas las viviendas e infraestructuras de la ciudad que sufrieron daños importantes. En cuanto a la localización del puente al que se hace referencia, no se ha podido establecer ni siquiera su situación aproximada. Documentación más moderna (siglos XVII y XVIII) hace referencia a la poca presencia de puentes en esta zona del río Xúquer. Por lo tanto, o bien la documentación referida a un puente en Cullera se refiere a un puente desaparecido antes del siglo XVIII, o bien a un puente de madera o no permanente (de barcas) como al que hace referencia diferentes textos del siglo XVIII.

Cuantificación: Con los datos consignados con daños generalizados en todas las casas e infraestructuras de la ciudad podemos asignar una intensidad IX MSK, valoración coincidente con la establecida por López (1981).



Imagen aérea de la ciudad de Cullera con la situación aproximada de la localización de las posibles estructuras afectadas por el terremoto (imagen google earth).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	IX	Calidad de los datos (Qg)	C	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general, estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

López Marinas, J.M. (1981): ¿Uno o dos terremotos catastróficos a fines del siglo XIV en el Reino de Valencia? Revista del Instituto de Estudios Alicantinos, 36, 59-72.

Mascaró, G. (anterior a 1456): Croniques barcelonines de la Casa Dalmases. Biblioteca de Catalunya, nº485, 296-298.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2016

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST13961218.04.02 *04.02. Cullera (Valencia)*	EVENTO	HST13961218 TAVERNES.V	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/9 GK

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
04 / Cullera (Valencia)	0°15'13,42"O	39°9'46,88"N	9 m	0 m²	9,7 km	SUR	VIII-IX EMS, IX MSK / 6,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura de desembocadura	Pendiente del terreno	Llano (< 2%)
Descripción Geológica	La ciudad de Cullera es una población costera que se sitúa en la llanura de inundación de la desembocadura del río Xùquer en la falda de un relieve de materiales carbonatados del Cretácico superior.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calizas y margas	Calizas y margas / arenas y limos	Masiva	Semi consolidado	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cretácico superior	Cretácico superior/Holoceno	Sin datos	0,15	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguno	Ninguna	Ninguna	Sin datos	VIII EMS / IX MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/9

Descripción: *"(...) Asi mismo en el lugar de Cullera, cerca del valle mencionado (Valle de la Valldigna) se hundieron y aterraron muchas casas y el puente se rompió en muchos sitios y la tierra se abrió y salió agua muy turbia, ahora que quedaban abiertos muchos ojos de agua (...)"* (Mascaró, 1456).

Interpretación: La documentación hace referencia a que se produjeron numerosas grietas en la zona de Cullera ("y la tierra se abrió"), aunque no especifica si se produjeron en la misma ciudad o en los alrededores de la misma, aunque la referencia a la cercanía al Valle de Valldigna puede indicar que se localizaron al sur de la ciudad en la llanura costera que conecta con el valle hacia el sur. Tampoco se especifican las dimensiones aproximadas de las grietas que se produjeron en esta localidad. Por otro lado, y dado que se hace referencia a la salida de agua de las grietas y a que "quedaron abiertos muchos ojos de agua", posiblemente estas grietas puedan relacionarse con procesos de licuefacción y *lateral spreading* (ver HST13961218.04.03).

Cuantificación: Dadas las características de los procesos de agrietamiento descritos, así como los daños generalizados en la población de Cullera, asignamos una intensidad ESI-07 de IX a este efecto.



Reconstrucción paleogeográfica de los diferentes tipos de ambientes en época medieval (de albufera, cordón litoral, llanura aluvial...) con la situación aproximada de los agrietamientos, posiblemente ligados a fenómenos de licuefacción y lateral spreading (modificado de Ruiz y Carmona, 2005).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	C	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general, estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

López Marinas, J.M. (1981): ¿Uno o dos terremotos catastróficos a fines del siglo XIV en el Reino de Valencia? Revista del Instituto de Estudios Alicantinos, 36, 59-72.
Mascaró, G.(anterior a 1456): Croniques barcelonines de la Casa Dalmases. Biblioteca de Catalunya, nº485, 296-298.
Ruiz, J.M. y Carmona, P. (2005): La llanura deltaica de los ríos Júcar y Turia y la Albufera de Valencia. Geomorfología Litotal y Quaternari. Homenatge al professor Vicenç M. Rosselló i Verger. Universidad de Valencia, 399-418.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2016

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST13961218.04.03 *04.03. Cullera (Valencia)*	EVENTO	HST13961218 TAVERNES.V	EFECTO	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/9

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
04 / Cullera (Valencia)	0°15'13,42"O	39°9'46,88"N	9 m	0 km²	9,7 km	SUR	VIII-IX EMS, IX MSK / 6,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura de desembocadura.	Pendiente del terreno	Llano (< 2%)
Descripción Geológica	La ciudad de Cullera es una población costera que se sitúa en la llanura de inundación de la desembocadura del río Xúquer en la falda de un relieve de materiales carbonatados del Cretácico superior.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calizas y margas	Calizas y margas / arenas y limos	Masiva	Semi consolidado	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cretácico superior	Cretácico superior/Holoceno	Sin datos	0,15	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguno	Ninguna	Ninguna	Sin datos	VIII EMS / IX MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LICUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/9

Descripción: *"(...) Así mismo en el lugar de Cullera, cerca del valle mencionado (Valle de la Valldigna) se hundieron y aterraron muchas casas y el puente se rompió en muchos sitios y la tierra se abrió y salió agua muy turbia, ahora que quedaban abiertas muchos ojos de agua (...)"* (Mascaró, 1456).

Interpretación: La referencia a la salida de agua por las grietas y a la aparición de ojos de agua parece indicar que se produjeron fenómenos generalizados de licuefacción. Los materiales de la zona son rellenos fluviales del río Xúquer y de colmatación de llanura costera de edad holocena, muy susceptibles de sufrir procesos de licuefacción. También hay que tener en cuenta que grandes extensiones alrededor de esta ciudad eran zonas de albufera o marjales, sobresaturadas en agua. La referencia a Cullera nos permite establecer la localización aproximada de estos fenómenos muy próximos a la ciudad, bien hacia el oeste, o bien hacia el sur o suroeste de la misma. La mención de "ojos de agua" hace referencia a zonas encharcadas como resultado de los fenómenos de licuefacción producidos.

Cuantificación: Dadas las características de los procesos de licuefacción descritos, así como los daños generalizados en la población de Cullera, asignamos una intensidad ESI-07 de IX a este efecto (intensidad IX MSX) (López, 1981).



Reconstrucción paleogeográfica de los diferentes tipos de ambientes en época medieval (de albufera, cordón litoral, llanura aluvial...) con la situación aproximada de los procesos de licuefacción (modificado de Ruiz y Carmona, 2005).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	C	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general, estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

López Marinas, J.M. (1981): ¿Uno o dos terremotos catastróficos a fines del siglo XIV en el Reino de Valencia? Revista del Instituto de Estudios Alicantinos, 36, 59-72.
Mascaró, G.(anterior a 1456): Croniques barcelonines de la Casa Dalmases. Biblioteca de Catalunya, nº485, 296-298.
Ruiz, J.M. y Carmona, P. (2005): La llanura deltaica de los ríos Júcar y Turia y la Albufera de Valencia. Geomorfología Litotal y Cuaternari. Homenatge al professor Vicenç M. Rosselló i Verger. Universidad de Valencia, 399-418.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2016

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST13961218.05.01 *05.01.Gandía (Valencia)*	EVENTO	HST13961218 TAVERNES.V	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Muros colapsados

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
05 / Gandía (Valencia)	0°11'4,08"O	38°58'4,92"N	28 m	0 km²	13 km	Norte	VIII-IX EMS, IX MSK / 6,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura costera.	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	La ciudad de Gandía se sitúa en la llanura costera de muy baja pendiente, en la desembocadura del río Serpis. Se asienta sobre los conos de deyección y depósitos de llanura de inundación del río.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; calizas	Sedimentario; limos y arenas	Masiva	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cretácico superior	Holoceno	Sin Datos	0,15	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ladrillo, adobe	Muralla	única	Grave	VI-VII EMS/ VIII MSK

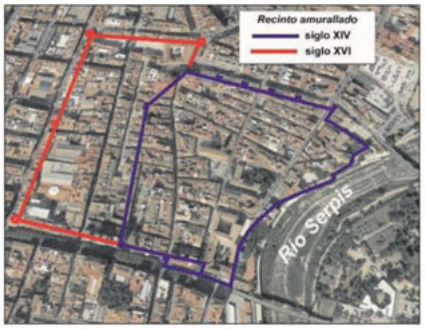
EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	MUROS COLAPSADOS: EAE/8

Descripción: *"(...) Y en el lugar de Gandía cayó una parte de la muralla (...)"* (Mascaró, 1456)

Interpretación: La villa de Gandía tenía una muralla construida entre finales del siglo XIII y principios del siglo XIV. El trazado de este primer recinto amurallado (construido siguiendo la técnica de tapial), era aproximadamente rectangular y estaba rodeado por un foso, con torres de plantas cuadrada y rectangular en los ángulos. Esta muralla es a la que se refiere la documentación consultada, no obstante, esta muralla ha desaparecido casi por completo ya que la muralla que se puede observar actualmente en la ciudad corresponde a la reforma y ampliación de la primera muralla realizada hacia mitad del siglo XVI (1543-1564). No se establece qué parte de la muralla colapsó como consecuencia del terremoto, pero considerando que en muchas poblaciones cercanas se produjeron fenómenos de *lateral spreading*, consideramos probable que el paño más afectado por el terremoto se podría localizar en la zona en la que la muralla se encuentra más próxima al río Serpis.

Cuantificación: Sin más datos sobre esta población, y dadas las intensidades establecidas en poblaciones próximas, podemos establecer una intensidad VIII MSK.



Trazado de las murallas de la ciudad. La muralla a la que hacen referencia las crónicas históricas es la construida entre los siglos XIII y XIV (en azul).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VIII	Calidad de los datos (Qg)	C	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general, estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

López Marinas, J.M. (1981): ¿Uno o dos terremotos catastróficos a fines del siglo XIV en el Reino de Valencia? Revista del Instituto de Estudios Alicantinos, 36, 59-72.

Mascaró, G.(anterior a 1456): Croniques barcelonines de la Casa Dalmases. Biblioteca de Catalunya, nº485, 296-298.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2016

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST13961218.06.01 *06.01. Lliria (Castillo) (Valencia)*	EVENTO	HST13961218 TAVERNES.V	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Muros colapsados

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
06 / Lliria (Valencia)	0°35'38.47"O	39°37'32.96"N	190	0 km²	68,1 km	SURSURESTE	VIII-IX EMS, IX MSK / 6,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Colina	Pendiente del terreno	Suave (5-10%)
Descripción Geológica	La población de Lliria se sitúa en una elevación definida por un relieve relicto de Cretácico superior estructurado por un pliegue sinclinal. Parte de la ciudad se asienta sobre materiales aluviales y coluviales del Pleistoceno superior.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Dolomías y calizas	Dolomías y calizas	Estratificados	Consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cretácico superior	Cretácico superior	Sin datos		Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería y ladrillo	Muralla y torres defensivas	Único	Ligero / moderado	VI-VII EMS / VII MSK

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	MUROS COLAPSADOS: EAE/6

Descripción: En la ciudad de Lliria se localizaba una fortaleza de época islámica que fue aprovechada por los nuevos pobladores tras la conquista de la ciudad por el rey Jaume I en el año 1240. La mayoría de las referencias de las que se dispone sobre los daños que produjo este terremoto en la ciudad de Lliria son documentales. En la documentación consultada se hace referencia a los daños sufridos durante el terremoto por una de las torres de la alcazaba islámica que amenazaba con afectar a la iglesia de Santa María, también conocida como Iglesia de la Sangre. En algunos documentos se hace referencia a que la torre colapsó: *"En lo mes de decembre, dit any (1396), feu terratremol en la ciutat y el Reyne y derrocant una torre del Castell de Lliria"* (Carreres, 1935); *"A.X. de dehembre dit any feu gran terretrmol caygue la torre de Lliria"* (Mir, 1492, en López, 1981.

No obstante, Serra (1999), indica que según la documentación del Archivo Municipal de Valencia (AMV), en 1397, Domènec Beneito, como maestro de obras de la ciudad de Valencia, es enviado a Lliria por parte de las autoridades municipales de Valencia, para dictaminar sobre el estado ruinoso de una torre de la alcazaba que amenazaba con caer sobre la iglesia de Santa María (AMV, Manual de Consell, A-21,23-I-1397). El documento indica que un terremoto había dañado su estructura, pero no había llegado a colapsar: *"E fo recitat al present consell per los dits jurats, com alcuns dies passats ells eren certificats (...) que per el ocasió del terratrèmol que fo en aquestes partides pochs ans de Nadal propassat, una torre del Castell de la dita villa, la qual torre està o breqa sobre la església de la ditsa vila, se era moguda e fesa, e estaba en perill de caure e de consumar la dita església. E per ço los dits jurats de Lliria haguessen tramès pregar als dits jurats de València que·is plagués fer derrocar la dita torre o reforçar de manera que la dita esglesia fos preservada de derrocamanet e de consumament per la cayguda de la dita torre"* (AMV, Manual de Consell, A-21, fol. 71r-v) (Llibrer, 2011).

Interpretación: Los datos referidos a esta localidad sólo hacen referencia a los daños sufridos por la torre de este castillo. No se hace referencia a más daños en la ciudad; aunque es importante señalar que la referencia a estos daños se centra en la posibilidad de que la torre pudiera colapsar sobre la iglesia de la ciudad, no por los daños de la torre en sí mismos. Posiblemente se produjeron daños de diversa consideración en las casas de la población que no se suelen consignar en este tipo de documentos, siendo posible incluso que los daños hagan referencia a varias de las torres de la antigua alcazaba.

Cuantificación: Con los datos referidos en la documentación podemos asignar una intensidad VI MSK.



a) Lugar en el que se encontraba la torre que se menciona en la documentación (a la izquierda se observa la Iglesia de Santa María). b) Restos de la muralla de la alcazaba islámica en las proximidades de la torre.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VI	Calidad de los datos (Qg)	C	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general, estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

Carreres Zacares, S.(1935): Libre de memories de diversos sucesos y fets memorables e coses senyalades de la ciutat y regne de Valencia (1308-1644). Introducción y notas de Carreres. Valencia. Acción Bibliográfica Valenciana.

Llibrer Escrig, J.A. (2011): De la Lliria medieval a los inicios de la Lliria moderna. Acercamiento a su desarrollo urbano. En: Lliria, historia, geografía y arte: nuestro pasado y presente (Geografía y arte). Coord. Jorge Hermosilla Pla, 2,188-203.

López Marinas, J.M. (1981): ¿Uno o dos terremotos catastróficos a fines del siglo XIV en el Reino de Valencia? Revista del Instituto de Estudios Alicantinos, 36, 59-72.

Mir, Guillén (1492): Libre de Memorias (manuscrito). Biblioteca de la Universidad de Valencia.

Serra Desfilis, A. (1999). El mestre de les obres de la ciutat de València, 1370-1480. En: L'artista-artesà medieval a la Corona d'Aragó. Lleida, 14, 15 i 16 de gener de 1998.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2016

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST13961218.07.01 *07.01. Simat de la Valldigna (Monasterio)*	EVENTO	HST13961218 TAVERNES.V	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Daños diversos

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
07 / Simat de la Valldigna (Monasterio)	0°18'26,13"O	39°2'55,94"N	48	4 ha	8,4 km	ESTENORESTE	VIII-IX EMS, IX MSK / 6,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Valle	Pendiente del terreno	Muy baja (< 2%)
Descripción Geológica	Zona occidental del Valle de la Valldigna limitado por fallas orientadas OSO-ENE. El monasterio de sitúa sobre limos arenosos de un antiguo cauce fluvial abandonado.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario, margas y calizas	Sedimentario; limos arenosos	Estratificada	Sin consolidar	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cretácico	Holoceno	Sin Datos	0,15	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería y ladrillo	Monasterio	Único	Destructivo	Sin datos / IX MSK (zona)

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	DAÑOS DIVERSOS: EAE/9

Descripción: En la documentación se menciona que "*se hundieron diversas torres e iglesias y el Monasterio de Valldigna*" (Zurita, 1668); también "*se hundió un monasterio que había muy importante y con este monasterio se hundieron 200 casas de sarracenos, y en dicho valle se abrió la tierra brotando agua muy sucia*" (Mascaró, 1456). "*Derribó gran parte de las dependencias monacales dejando inútil lo poco que quedo del cenobio cisterciense*" (Gascón, 1956, a partir de documentos contemporáneos del terremoto del Archivo General del Reino de Valencia). En otros documentos se hace referencia a que otro terremoto el día de Navidad del mismo año, "*derribó la torre Campanario y la Iglesia del Real Monasterio*".

Interpretación: El monasterio debió de sufrir importantes daños, se arruinaron totalmente las dependencias monacales (iglesia, campanario, claustro...). En excavaciones recientes (Martínez y Castro, 2014) realizadas se ha comprobado que el antiguo claustro y los edificios colindantes al mismo fueron reconstruidos por los monjes unas decenas de metros más al oeste, reutilizando los materiales de las construcciones del siglo XIII devastadas por el terremoto. Este hecho demuestra que la destrucción de estos edificios debió ser casi total, y posiblemente su traslado debió estar condicionado por deformaciones permanentes en el sustrato que debieron aconsejar el cambio de ubicación. No se puede establecer la orientación de los daños, ya que después de la reconstrucción del monasterio volvió a ser devastado por otro terremoto en 1644.

Cuantificación: Dados los daños descritos y la asignación de intensidades similares a la zona en la que se encuentra el monasterio (IX MSK, López, 1981) asignamos a este efecto una intensidad IX MSK.



Imagen de la planta actual del Monasterio de Santa María de la Valldigna en el que se observa el claustro del siglo XIV destruido por el terremoto de 1396, y su reconstrucción unos 50 metros al oeste (siglo XV). Este segundo claustro fue destruido por el terremoto de 1644 (Imagen de google earth).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	IX	Calidad de los datos (Qg)	C	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general, estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

Gascón Pellegrí, V. (1956). Historia de Valldigna. Imp Sucesores de Vives Mora, Valencia.
López Marinas, J.M. (1981): ¿Uno o dos terremotos catastróficos a fines del siglo XIV en el Reino de Valencia? Revista del Instituto de Estudios Alicantinos, 36, 59-72.
Martínez García, J.M. y Castro Valls, P. (2014): El monastir de Santa Maria de la Valldigna: fases coisntructives i nover troballes arqueològiques del segle xiv junt al Palau Abacial. Recerques del Museu d´Alcoi, n 22-23, 95-106.
Mascaró, G.,(anterior a 1456): Croniques barcelonines de la Casa Dalmases. Biblioteca de Catalunya, nº485, 296-298.
Zurita, G. (1668): Anales de la Corona de Aragón, Libro X, capítulo XI, pag.422.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles Departamento de Geología y Geoquímica (UAM)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2016

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST13961218.08.01 *08.01. Sueca (Valencia)*	EVENTO	HST13681218 TAVERNES.V	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Diversos daños

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
08 / Sueca (Valencia)	0°18'40,78"O	39°12'12,08"N	3 m	0 m²	16 km	SURESTE	VIII-IX EMS, IX MSK / 6,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura prelitoral / llanura aluvial	Pendiente del terreno	Muy baja (<2%)
Descripción Geológica	Llanura prelitoral resultado de la colmatación de la zona sur de la Albufera de Valencia por los aportes de los ríos Xúquer y Magro.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calizas arenosas	Limos arenosos	Masivos	Semi-consolidado	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno superior	Holocenos	Sin datos		Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería y ladrillo	Casas	Múltiple (75%)	Destructivo	VIII-IX EMS / IX MSK

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	DAÑOS DIVERSOS: EAE/9

Descripción: *"(...) Asi mismo en el lugar de Sueca y Rierola (Riola) y cerca al lugar de Alzira el terremoto fue tal que la mayoría de las casas se hundieron o resquebrajaron (...)"* (Mascaró, 1456).

Interpretación: La documentación parece indicar que la mayoría de las casas de la localidad de Sueca sufrieron daños importantes o se hundieron. Esta localidad se encuentra sobre sedimentos aluviales holocenos del río Xúquer. Este hecho podría haber producido, al igual que en otras localidades cercanas (Alzira, Cullera) y situadas en el mismo tipo de materiales (ver HST13961218.01.03 y HST13961218.04.03), procesos de licuefacción y/o *lateral sepreading* que habrían podido producir el daño generalizado en las casas de la ciudad. Independientemente de la existencia de documentación que describa estos procesos en la ciudad de Sueca, consideramos probable la ocurrencia de este tipo de fenómenos que habrían producido el daño generalizado en las construcciones de la ciudad.

Cuantificación: Con los datos referidos en la documentación podemos asignar una intensidad de IX a esta población, valoración coincidente con la establecida por López (1981) (IX MSK).



Situación de Sueca en relación a la localización de otros efectos en el terreno producidos en los mismos materiales sobre los que se asienta la población de Sueca.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	IX	Calidad de los datos (Qg)	C	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general, estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

López Marinas, J.M. (1981): ¿Uno o dos terremotos catastróficos a fines del siglo XIV en el Reino de Valencia? Revista del Instituto de Estudios Alicantinos, 36, 59-72.
Mascaró, G.(anterior a 1456): Croniques barcelonines de la Casa Dalmases. Biblioteca de Catalunya, nº485, 296-298.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2016

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST13961218.09.01 *09.01. Tavernes de la Valldigna (Valencia)*	EVENTO	HST13961218 TAVERNES.V	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Daños diversos

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
09 / Tavernes de la Valldigna (Valencia)	0°16'2,47"O	39°4'29,35"N	15 m	16 km²	4, 4 km	ESTE	VIII-IX EMS, IX MSK / 6,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Valle	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	El Valle de la Valldigna está orientado según ESE-OSO, y está limitado al norte por la Sierra de les Agulles y al sur por la Sierra de Mondúber, ambas estructuradas por materiales cretácicos y jurásicos. Al oeste, el valle aparece cerrado por elevaciones estructuras por materiales del Cretácico superior y al este está abierto hacia el Mar Mediterráneo. El relleno del valle está formado fundamentalmente por rellenos fluviales del Pleistoceno y Holoceno.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calizas	Arenas, limos y arcillas	Masiva	Sin consolidar	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cretácico / Jurásico	Pleistoceno / Holoceno	Sin datos	0,15	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería y ladrillo	Monasterio, casas y alquerías	Múltiples (>75%)	Destrucción / Colapso	VIII-IX EMS / IX MSK

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	DAÑOS DIVERSOS: EAE/10

Descripción: Se menciona que "*se hundieron diversas torres e iglesias y el Monasterio de Valldigna*" (Zurita, 1668); también "*se hundió un monasterio que había muy importante y con este monasterio se hundieron 200 casas de sarracenos, y en dicho valle se abrió la tierra brotando agua muy sucia*" (Mascaró, 1456). El monasterio debió de sufrir importantes daños; se arruinaron totalmente las dependencias monacales (iglesia, campanario, claustro...) (ver ficha HST13961218.07.01).
El Monasterio de Santa María de la Valldigna ejercía su poder feudal sobre todo el Valle de Fondec, abarcando un extenso territorio formado por las poblaciones que tenía el valle: Simat, Benifairó, Tavernes, La Xara, Alfulell, L'Ombria, Massalalí y Ràfol d'Almunia. En el siglo XIV todos estos núcleos de población eran pequeñas alquerías pobladas por moriscos. Las crónicas históricas hacen referencia a que "*en el lugar de Fondec se arruinó un monasterio muy importante que había allí y junto a este monasterio se hundieron 200 casas de sarracenos*" (Mascaró, 1456) (en alguna traducción aparece serranos en lugar de sarracenos por error de transcripción) (el Valle de la Valldigna se denominaba en el siglo XIII-XIV la Vall de D´Alfondec (Fondec) o Alfondec de Marinyent; López Marinas, 1981).

Interpretación: En las crónicas de la época no se asignan las 200 casas colapsadas únicamente a la localidad de Tavernes de la Valldigna, cosa que sí que se hace en documentos y trabajos más modernos. Tal vez esta confusión surge a raíz de la denominación de este evento como "Terremoto de Tavernes de la Valldigna". Las informaciones posteriores identifican Fondec como Valldigna, y de ahí se asignan los daños erróneamente a la población más importante de la zona, en este caso Tavernes de la Valldigna.
Es evidente que, a la vista de la información original sobre este terremoto, las 200 casas a las que se refiere la crónica incluían todas las alquerías del Valle de la Valldigna, y como eran pequeños núcleos de población, la destrucción de éstas debió ser casi total en todo el valle.

Cuantificación: La destrucción de las alquerías dependientes del monasterio debió ser total, alcanzando, a nuestro parecer, la intensidad X, y más teniendo en cuenta las descripciones de agrietamientos del terreno con fenómenos importantes de licuefacción en todo el Valle de la Valldigna. Este efecto se asigna a la población de Tavernes de la Valldigna pero debe tenerse en cuenta que se extiende a todo el Valle de la Valldigna (aproximadamente 16 km²).





Localización de las principales alquerías dependientes del monasterio de la Valldigna y efectos inventariados en la zona.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	X	Calidad de los datos (Qg)	C	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

López Marinas, J.M. (1981): ¿Uno o dos terremotos catastróficos a fines del siglo XIV en el Reino de Valencia? Revista del Instituto de Estudios Alicantinos, 36, 59-72.
Mascaró, G. (anterior a 1456): Croniques barcelonines de la Casa Dalmases. Biblioteca de Catalunya, nº485, 296-298.
Zurita, G. (1668): Anales de la Corona de Aragón, Libro X, capítulo XI, pag.422.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles Departamento de Geología y Geoquímica (UAM)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2016

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST13961218.10.01 *10.01. Valencia (Catedral) (Valencia)*	EVENTO	HST13961218 TAVERNES.V		EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Diversos efectos

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
10 / Valencia (Valencia)	0°22'36,84"O	39°28'28,70"N	15	0 km²	45,1 km	SUR	VIII-IX EMS, IX MSK / 6,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura de desembocadura	Pendiente del terreno	Llano (< 4%)
Descripción Geológica	La ciudad de Valencia se localiza en la desembocadura del río Turia. La ciudad se asienta sobre manto de arroyada del río y sobre antiguos cauces fluviales.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: arcillas arenosas	Sedimentario: arcillas arenosas y limos	Masiva	Semi-consolidada	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pleistoceno	Pleistoceno / holoceno	Sin datos	0,11	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería y ladrillo	Catedral	Algunas (5%)	Ligero / moderado	V-VI EMS / VI MSK

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	DIVERSOS EFECTOS: EAE/7

Descripción: Según Serra y Miquel (2005) la catedral trecentista de Valencia tenía a mediados del siglo XIV un cimborrio en el crucero que resultó dañado por un terremoto en 1396.
En otros documentos también se hace referencia a los daños sufridos por la torre (el Micalet) (Serra, 1999) y en el cimborrio de la catedral. La construcción se inició en 1396, meses antes de la ocurrencia del evento, y se detuvo su construcción cuando sólo se había construido el primer cuerpo de la torre. Debido a los daños, las obras se detuvieron y no continuaron hasta el año 1402.

Interpretación: Los daños producidos tanto en la sillería de la torre como en el cimborrio de la catedral indican daños moderados en sus estructuras, ya que se paralizaron las obras en ambas estructuras al menos durante 6 años, además de referirse en algunos documentos a roturas en otras estructuras de la catedral (López, 1981). Las referencias que tenemos sobre los daños sufridos en la catedral aparecen en documentos ligados directamente a la construcción de la catedral y su torre. En ningún otro de los documentos consultados de la época se hace referencia directa a los daños sufridos en la catedral de Valencia. Este hecho nos permite considerar que pudieron producirse otros daños de carácter leve y moderado en otras edificaciones de la ciudad de Valencia, y que no se consignaran en ningún documento de la época dada su poca importancia comparados con los grandes daños sufridos en zonas más cercanas a la zona epicentral como en el Valle de la Valldigna, en Riola, Alzira o Cullera. Llopis (2014) establece que los daños descritos en la documentación, y algunos visibles actualmente, serían compatibles con un movimiento del suelo perpendicular a la nave principal.

Cuantificación: El abandono momentáneo de las obras en la catedral a raíz de este evento durante más de 5 años indica que los daños debieron ser considerables, afectando a la estructura del cimborrio y de la torre de la catedral. Los daños de este tipo en construcciones de sillería indican que la intensidad debió ser de VII en la ciudad de Valencia.



Vista desde el sur de la Catedral de Valencia. En primer término se encuentra el campanario de la catedral conocido como El Miguelete (El Micalet), y coronando el crucero de la catedral, el cimborrio. Ambas estructuras sufrieron daños documentados en el terremoto de 1396, paralizándose las obras al menos 6 años (imagen modificada de google earth).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VII	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general, estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

Llopis Pulido, VM. (2014). La Catedral de Valencia: construcción y estructura. Análisis del Cimborrio [Tesis doctoral no publicada]. Universitat Politècnica de València. doi:10.4995/Thesis/10251/39313.
López Marinas, J.M. (1981): ¿Uno o dos terremotos catastróficos a fines del siglo XIV en el Reino de Valencia? Revista del Instituto de Estudios Alicantinos, 36, 59-72.
Serra Desfilis, A. (1999). El mestre de les obres de la ciutat de València, 1370-1480. En: L'artista-artesà medieval a la Corona d'Aragó . Lleida, 14, 15 i 16 de gener de 1998. ISBN 8484099903.
Serra Desfilis, A. y de Miquel Juan, M. (2005): Pere Balaguer y la arquitectura valenciana entre los siglos XIV y XV. F. Taberner (ed.), Historia de la ciudad IV: Memoria urbana, Valencia, (ICARO-Colegio Territorial de Arquitectos-Ayuntamiento de Valencia-Universitat de València), 89-111.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2016

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST13961218.11.01 *11.01. Vall de la Gallinera (Castillo) (Alicante)*	EVENTO	HST13961218 TAVERNES.V	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Muros colapsados

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
11 / Vall de la Gallinera (Alicante)	0°16'47,09"O	38°48'33,04"N	472 m	1 ha	30,8 km	NORNORESTE	VIII-IX EMS, IX MSK / 6,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Zona de falla (en ladera)	Pendiente del terreno	Muy fuerte (30-50%)
Descripción Geológica	Ladera sur del Valle de la Gallinera, situado entre las Sierras de la Aforada y de la Albureca. Este valle largo (14 km) y estrecho (1,5 km) se orienta según N70ºE, y está estructurado por un pliegue sinclinal invertido asociado a un cabalgamiento de cretácico superior sobre los materiales margosos del mioceno superior que conforman el fondo de este valle.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Dolomías masivas	Dolomías masivas	Estratificada	Consolidada	I (1,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cretácico superior	Cretácico superior	Sin datos	0,15	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería y ladrillo	Castillo	Único	Destrucción	Efectos naturales EMS / VIII MSK

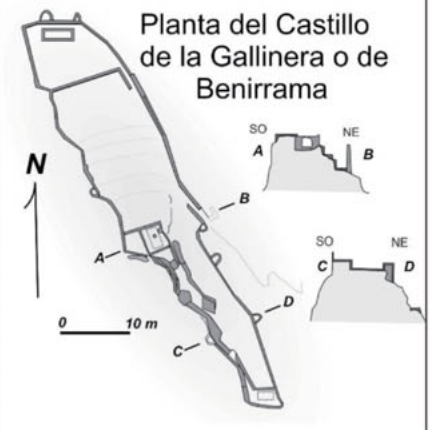
EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	MUROS COLAPSADOS: EAE/8

Descripción: "*En el año del señor de 1396, el día 18 de Diciembre, entre la hora tercia y mediodia hubo por tres veces un terremoto en el castillo de Játiva, del reino de Valencia, así como en muchos otros lugares de dicho reino ... Y el día 25 del mismo mes y año, en la fiesta de la Natividad, cerca de la medianoche, hubo otro terremoto muy fuerte...se hundió el castillo de Gallinera con una parte de la roca, esto es, de las tres partes de la roca cayeron las dos*" (Mascaró, 1456). Esta referencia parece indicar que los daños estuvieron producidos por un terremoto sucedido el día 25 de diciembre, y no en la serie del día 18, no obstante, dados los problemas de identificación de las fechas de los eventos descritos en la documentación, asignamos los daños de este castillo al evento del 18 de diciembre. El castillo fue reconstruido durante los siglos XV y XVI, pero se abandonó definitivamente a raíz del sismo de Muro de Alcoy de junio de 1644.

Interpretación: En el Valle de la Gallinera existen dos castillos situados en ambos extremos que debían controlar los accesos al valle, uno situado en la zona oriental (Castillo de Benirrama o de la Gallinera) y el otro en la zona occidental del valle (Castillo de Alcalá, de la Gallinera o de Benissili). El IGN sitúa este efecto en la zona más oriental del valle, ya que parece ser que el castillo de Benirrama era el denominado de la Gallinera, aunque en algunos documentos más modernos se nombra también al castillo de Benissili como el castillo de la Gallinera. El castillo de la Gallinera o de Benirrama, se localiza en la zona NE del Valle de la Gallinera (Alicante), situado en una cresta de dolomías orientada NNO-SSE, orientación coincidente con el acimut del terremoto en este punto. Es evidente que el colapso de este castillo está directamente relacionado con los desprendimientos de ladera que se produjeron como consecuencia del terremoto, y este colapso se produjo hacia el NE (ver HST13961218.11.02), orientación perpendicular al acimut del epicentro con respecto a este punto.

Cuantificación: La destrucción del castillo debió de ser casi total, por lo que le asignamos una intensidad VIII MSK, intensidad coincidente con la establecida para los desprendimientos localizados en este punto (ver HST13961218.10.02).



Planta del castillo de la Gallinera (modificado de Rubio, 1986)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VIII	Calidad de los datos (Qg)	C	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general, estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

Mascaró, G. (anterior a 1456): Croniques barcelonines de la Casa Dalmases. Biblioteca de Catalunya, nº485, 296-298.
Rubio, F. (1986): "Castillo de Gallinera", Arqueología en Alicante 1976-1986. Instituto de Estudios Alicantinos "Juan Gil Albert". Diputación Provincial de Alicante, pp. 41-42.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2016

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST13961218.11.02 *11.02. Vall de la Gallinera (Castillo) (Alicante)*	EVENTO	HST13961218 TAVERNES.V	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8 

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
11 / Vall de la Gallinera (Alicante)	0°16'47,09"O	38°48'33,04"N	472 m	0 km²	30,8 km	NORNORESTE	VIII-IX EMS, IX MSK / 6,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Zona de falla (en ladera)	Pendiente del terreno	Muy fuerte (30-50%)
Descripción Geológica	El Vall de la Gallinera está situado entre las Sierras de la Aforada y de la Albureca. Este valle largo (14 km) y estrecho (1,5 km) se orienta según N70ºE, y está estructurado por un pliegue sinclinal invertido asociado a un cabalgamiento de cretácico superior sobre los materiales margosos del mioceno superior que conforman el fondo de este valle.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Dolomías masivas	Dolomías masivas	Estratificada	Consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cretácico superior	Cretácico superior	Sin datos	0,15	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	Efectos naturales EMS / VIII MSK

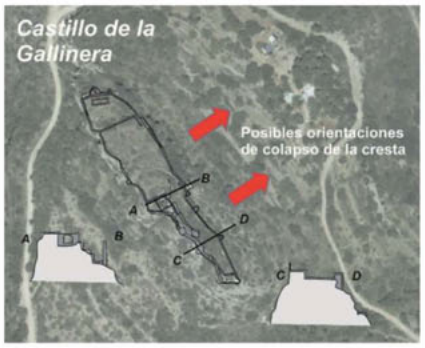
EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8

Descripción: "*En el año del señor de 1396, el día 18 de Diciembre, entre la hora tercia y mediodia hubo por tres veces un terremoto en el castillo de Játiva, del reino de Valencia, así como en muchos otros lugares de dicho reino ... Y el día 25 del mismo mes y año, en la fiesta de la Natividad, cerca de la medianoche, hubo otro terremoto muy fuerte...se hundió el castillo de Gallinera con una parte de la roca, esto es, de las tres partes de la roca cayeron las dos*" (Mascaró, 1456). La descripción del este efecto hace referencia al hundimiento de las dos terceras partes de la cresta de dolomías en la que se asentaba el castillo de Gallinera. Estos materiales dolomíticos conforman la cresta del cabalgamiento en el que se asienta el castillo.

Interpretación: La alta pendiente de la zona, la diferencia litológica entre los materiales cabalgantes (dolomías masivas) y los materiales cabalgados (margas), así como la intensa fracturación presente en los materiales afectados por el cabalgamiento, debieron conferirle a la zona en la que se asentaba el castillo muy poca estabilidad frente al movimiento del terreno producido por el evento sísmico. La cresta debió colapsar hacia el NE, ya que es donde morfológicamente se observa una asimetría evidente de la cresta. El volumen de materiales afectados, tal y como describen las crónicas (aproximadamente 2/3 de la cresta en la que se asentaba el castillo), nos permite asignar a este fenómeno un volumen aproximado del orden de 10^5 m³.

Cuantificación: El orden de magnitud de los materiales movilizados indicaría un valor de intensidad ESI-07 en el límite de intensidad VIII y IX. Dado que López (1981) le asigna a este enclave una intensidad MSX de VIII, y dada la poca información que ofrecen las crónicas históricas tanto sobre el volumen de roca afectado como sobre la presencia de otros fenómenos similares en la zona, asignamos e este efecto una intensidad ESI-07 de VIII.



Localización de la cresta en la que se localiza el castillo de en la zona más oriental del Vall de la Gallinera (Alicante). El desprendimiento tuvo un volumen aproximado del orden de unos 10^5 m³ (Mascaró, 1456).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	C	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general, estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

López Marinas, J.M. (1981): ¿Uno o dos terremotos catastróficos a fines del siglo XIV en el Reino de Valencia? Revista del Instituto de Estudios Alicantinos, 36, 59-72.
Mascaró, G. (anterior a 1456): Croniques barcelonines de la Casa Dalmases. Biblioteca de Catalunya, nº485, 296-298.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2016

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST13961218.12.01 *12.01. Valle de la Valldigna (Valencia)*	EVENTO	HST13961218 TAVERNES.V	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/10 

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
12 / Valle de la Valldigna (Valencia)	0°17'51,96"O	39°3'37,63"N	45 m	25 km²	6,5	ESTE	VIII-IX EMS, IX MSK / 6,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Valle fluvial / llanura costera	Pendiente del terreno	Muy suave (2-5%)
Descripción Geológica	El Valle de la Valldigna está orientado según ESE-OSO, y está limitado al norte por la Sierra de les Agulles y al sur por la Sierra de Mondúber, ambas estructuradas por materiales cretácicos y jurásicos. Al oeste el valle aparece cerrado por elevaciones estructuradas por materiales del Cretácico superior y al este está abierto hacia el Mar Mediterráneo. El relleno del valle está formado fundamentalmente por depósitos fluviales del Pleistoceno y Holoceno.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calizas	Arenas, limos y arcillas	Masiva	Sin consolidar	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cretácico / Jurásico	Pleistoceno / Holoceno	Sin datos	0,15	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguno	Ninguna	Ninguna	Sin datos	Efectos naturales/ IX MSK (zona)

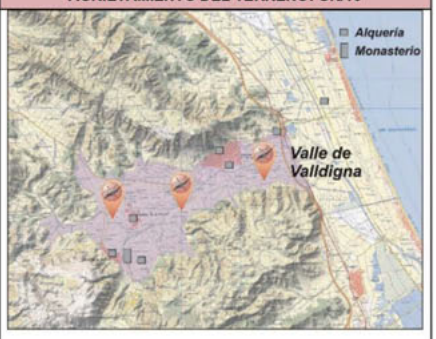
EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/10

Descripción: *"(...) Y en el lugar de Fondech (Valle de la Valldigna) (...) se abrió la tierra y salió agua muy turbia (...)"* (Mascaró, 1456).

Interpretación: Las descripciones del efecto ("se abrió la tierra y salió agua muy turbia") parecen hacer referencia a agrietamientos y procesos de *lateral spreading* del terreno asociados a procesos de licuefacción (ver HST13961218.12.02). Estos procesos debieron de producirse en todo el valle, ya que en la documentación no se hace mención a ninguna población/alquería en concreto, sino al topónimo de todo el valle. En la documentación no se hace referencia a las dimensiones de las grietas que aparecieron en el terreno. En muchos de los artículos científicos que han analizado los daños de este terremoto, se asignan erróneamente todos los efectos naturales descritos en las crónicas a la población de Tavernes de la Valldigna cuando, tal y como mencionan las crónicas históricas, los efectos debieron producirse en todo el valle (con una extensión aproximada de 25 km²). Este hecho puede haber minusvalorado la intensidad del terremoto en esta zona. Este tipo de fenómenos puede estar relacionado con la práctica total destrucción de las alquerías del valle (ver HST13961218.09.01).

Cuantificación: Dadas las características de los procesos descritos y su aparente distribución en todo el Valle de la Valldigna, así como la práctica total destrucción de las alquerías en todo el valle, nos permiten asignar una intensidad ESI-07 de X a este efecto.



Extensión del Valle de la Valldigna y localización de las alquerías totalmente devastadas por el terremoto (ver HST13961218.09.01). No podemos establecer la localización exacta de las grietas, aunque posiblemente se produjeron en todo el Valle de la Valldigna.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	X	Calidad de los datos (Qg)	C	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general, estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

López Marinas, J.M. (1981): ¿Uno o dos terremotos catastróficos a fines del siglo XIV en el Reino de Valencia? Revista del Instituto de Estudios Alicantinos, 36, 59-72.
Mascaró, G. (anterior a 1456): Croniques barcelonines de la Casa Dalmases. Biblioteca de Catalunya, nº485, 296-298.
Zurita, G. (1668): Anales de la Corona de Aragón, Libro X, capítulo XI, pag.422.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles Departamento de Geología y Geoquímica (UAM)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2016

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST13961218.12.02 *12.02. Valle de la Valldigna (Valencia)*	EVENTO	HST13961218 TAVERNES.V	EFECTO	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/10

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
12 / Valle de la Valldigna (Valencia)	0°17'51,96"O	39°3'37,63"N	45 m	25 km²	6,5	ESTE	VIII-IX EMS, IX MSK / 6,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Valle fluvial / llanura costera	Pendiente del terreno	Muy suave (2-5%)
Descripción Geológica	El Valle de la Valldigna está orientado según ESE-OSO, y está limitado al norte por la Sierra de les Agulles y al sur por la Sierra de Mondúber, ambas estructuradas por materiales cretácicos y jurásicos. Al oeste el valle aparece cerrado por elevaciones estructuradas por materiales del Cretácico superior, y al este está abierto hacia el Mar Mediterráneo. El relleno del valle está formado fundamentalmente por depósitos fluviales del Pleistoceno y Holoceno.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calizas	Arenas, limos y arcillas	Masiva	Sin consolidar	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cretácico / Jurásico	Pleistoceno / Holoceno	Sin datos	0,15	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguno	Ninguna	Ninguna	Sin datos	Efectos naturales/ IX MSK (zona)

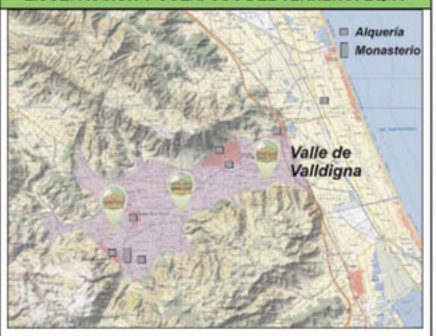
EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LICUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/10

Descripción: *"(...) Y en el lugar de Fondech (Valle de la Valldigna) (...) se abrió la tierra y salió agua muy turbia (...)".*

Interpretación: Las descripciones del efecto ("se abrió la tierra y salió agua muy turbia") parecen hacer referencia a procesos de licuefacción asociados a agrietamientos del terreno (ver HST13961218.12.01). Estos procesos fueron generalizados en todo el valle, ya que en la documentación no se hace mención a ninguna población/alquería en concreto, sino al topónimo de todo el valle. En muchos de los artículos científicos que han analizado los daños de este terremoto, se asignan erróneamente todos los efectos naturales descritos en las crónicas a la población de Tavernes de la Valldigna cuando, tal y como mencionan las crónicas históricas, los efectos debieron producirse en todo el valle (con una extensión aproximada de 25 km²). Este hecho puede haber minusvalorado la intensidad del terremoto en esta zona. Este tipo de fenómenos puede estar relacionado con la práctica total destrucción de las alquerías del valle (ver HST13961218.09.01).

Cuantificación: Dadas las características de los procesos descritos y su aparente distribución en todo el Valle de la Valldigna, así como la práctica total destrucción de las alquerías en todo el valle, nos permiten asignar una intensidad ESI-07 de X a este efecto



Extensión del Valle de la Valldigna y localización de las alquerías totalmente devastadas por el terremoto (ver HST13961218.08.01). No podemos establecer la localización exacta de las licuefacciones, aunque posiblemente se produjeron en todo el Valle de la Valldigna.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	X	Calidad de los datos (Qg)	C	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general, estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

López Marinas, J.M. (1981): ¿Uno o dos terremotos catastróficos a fines del siglo XIV en el Reino de Valencia? Revista del Instituto de Estudios Alicantinos, 36, 59-72.
Mascaró, G. (anterior a 1456): Croniques barcelonines de la Casa Dalmases. Biblioteca de Catalunya, nº485, 296-298.
Zurita, G. (1668): Anales de la Corona de Aragón, Libro X, capítulo XI, pag.422

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles Departamento de Geología y Geoquímica (UAM)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2016

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST13961218.13.01 *13.01. Valle de Villalonga (Valencia)*	EVENTO	HST13961218 TAVERNES.V	EFECTO	ANOMALÍA HIDROLÓGICA: HA/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
13 / Valle de Villalonga	0°12'28,17"O	38°53'13,19"N	150 m	0 m²	21,4 km	NORTE	VIII-IX EMS, IX MSK / 6,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Valle fluvial	Pendiente del terreno	Moderada (10-15%)
Descripción Geológica	El valle de Villalonga es un valle excavado en materiales del Jurásico superior y Cretácico inferior que conforman un anticlinal orientado ENE-OSO afectados por cabalgamientos de directriz bética. En la zona más oriental del valle hay un relleno importante de coluviones pleistocenos y materiales aluviales holocenos del río Serpis.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario, dolomías	Arenas y arcillas	Masivo	Semi consolidado	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cretácico	Pleistoceno / Holoceno	Sin datos	0,15	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguno	Ninguna	Ninguna	Sin datos	Efectos naturales / VIII MSK

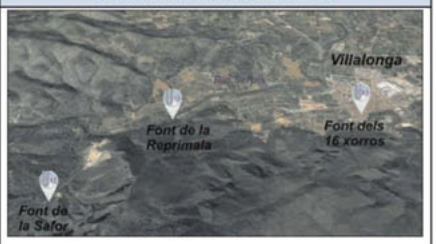
EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	ANOMALÍA HIDROLÓGICA: HA/8

Descripción: "*Y en el Valle de Villalonga se secó una fuente de agua sin que se sepa dónde ha pasado su caudal*" (Mascaró, 1456).

Interpretación: En la documentación no se hace referencia al tiempo que duró la interrupción del flujo de agua en la fuente. No obstante, en el texto se hace referencia a que no se sabe "dónde ha pasado su caudal" por lo que podemos interpretar que la interrupción del flujo de agua debió durar por lo menos algunos días. En cuanto a la localización exacta de la fuente, en la documentación consultada se hace referencia al Valle de Villalonga sin especificar de forma concreta el lugar, por lo que la única referencia a este efecto en la documentación histórica no nos permite establecer la posición exacta de la fuente que sufrió la anomalía descrita, aunque las fuentes más importantes de esta localidad fuera del casco urbano son las que se sitúan pocos kilómetros aguas arriba de la localidad son la Font de la Safor y la Font de la Reprimida. Posiblemente la documentación haga referencia a alguna de estas dos fuentes, pero sin más datos disponibles, la posición de este efecto debe considerarse aproximada.

Cuantificación: Las interrupciones permanentes o temporales de flujos en fuentes se describen a partir de intensidad VII ESI-07 si la interrupción del caudal es de horas, y si el periodo de interrupción es de días se le asigna una intensidad de VIII. Dado que la documentación parece hacer referencia a que pasó cierto tiempo sin retomar el flujo de agua, asignamos un valor de intensidad ESI-07 de VIII.



En la documentación no se explicita la localización exacta de la fuente afectada por el terremoto ("*en el Valle de Villalonga se secó una fuente de agua*"). En el valle de Villalonga existen numerosas fuentes: las más importantes de la zona son la Font de la Safor, la Font de la Reprimala, situadas a lo largo del valle del río Serpis; y la Font dels 16 xorros situada en el interior de la población de Villalonga.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	C	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general, estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

López Marinas, J.M. (1981): ¿Uno o dos terremotos catastróficos a fines del siglo XIV en el Reino de Valencia? Revista del Instituto de Estudios Alicantinos, 36, 59-72.
Mascaró, G. (anterior a 1456): Croniques barcelonines de la Casa Dalmases. Biblioteca de Catalunya, nº 485, 296-298.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2016

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST13961218.14.01 *14.01. Xátiva, Término de (Valencia)*	EVENTO	HST13961218 TAVERNES.V	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/9 

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
14 / Xátiva, Término de (Valencia)	0°27'22,50"O	38°58'56,88"N	254 m	0 km²	22,8 km	ESTENORES TE	VIII-IX EMS, IX MSK / 6,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Frente montañoso / piedemonte	Pendiente del terreno	Cantil (>70%)

Descripción Geológica	La ciudad de Xátiva se sitúa en la llanura aluvial del río Cañoles (afluente del Júcar), llanura de escasa pendiente que se desarrolla a lo largo de la comarca de *La Costera*. La ciudad se localiza al pie de la Sierra Vernisa (margas y dolomías del Cretácico superior) sobre los conos de deyección y depósitos de ladera (gravas y arcillas rojas, Pleistoceno superior/Holoceno) aportados por los torrentes que drenan esta sierra, aunque la parte más moderna de la ciudad se asienta sobre la terraza baja del río (+5 m) (arenas y arcillas).

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; margas y dolomías	Sedimentario; margas y dolomías	Masiva	Consolidado	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cretácico superior	Cretácico superior	Sin Datos	0,15	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguno	Ninguna	Ninguna	Sin datos	VIII MSK (zona)

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/9

Descripción: La zona de Xàtiva debió sufrir importantes efectos como consecuencia del terremoto. Es curioso que, aunque los daños más importantes fueran en poblaciones muy alejadas de la ciudad de Xátiva (Tavernes de la Valldigna, ver HST13961218.09.01; y Alzira, ver HST13961218.01.01), en el documento de Mascaró (anterior a 1456), la crónica que mejor detalla los daños y efecto del terremoto, se haga referencia al castillo de Xátiva, cuando después no se hace mención a daños en el mismo: "*En el año del Señor de 1396, el día 18 de Diciembre entre la hora tercia y mediodía hubo por tres veces un terremoto en el castillo de Játiva*". No obstante, en este documento se hace referencia a grandes desprendimientos en su término municipal: "*Y en el término de Játiva cayeron grandes rocas de las montañas de Pentadell y Montxervó, tan grandes como torres, y aún mas* ".

Interpretación: Las crónicas describen el desprendimiento de grandes bloques de materiales competentes en las sierras próximas a la población de Xátiva. El volumen de rocas movilizado en conjunto debió ser importante (> de 10^5 m³), dada la referencia al tamaño ("grandes como torres y aún más") y a la multitud de localizaciones que menciona la documentación. Desgraciadamente, la ciudad de Xàtiva era una de las más importantes de la zona y la referencia a su término puede abarcar una zona muy amplia, además, los topónimos utilizados en la crónica de Mascaró (anterior a 1456), nos impiden localizar con exactitud la localización de estos fenómenos, por lo que la situación debe considerarse como aproximada. En principio se han desplazado hacia el este de la población de Xátiva, hacia la zona con mayor intensidad registrada.

Cuantificación: Dado el volumen de materiales movilizado podemos establecer una intensidad de IX en la escala ESI-07.

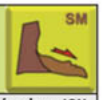


Localización de la ciudad de Xátiva y posición asignada a los desprendimientos descritos en la documentación histórica. Los topónimos utilizados por Mascaró (1456) no nos permiten asignar a estos efectos una localización exacta.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	C	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general, estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:	Mascaró, G. (anterior a 1456): Croniques barcelonines de la Casa Dalmases. Biblioteca de Catalunya, nº 485, 296-298.		
Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2016

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST13961218.14.02 *14.02. Xátiva (El Puig)*	EVENTO	HST13961218 TAVERNES.V	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8 

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
14 / Xátiva, El Puig (Valencia)	0°29'22.65"O	39° 0'14.43"N	254 m	0 km²	25,5 km	ESTENORES TE	VIII-IX EMS, IX MSK / 6,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Frente montañoso / piedemonte	Pendiente del terreno	Cantil (>70%)
Descripción Geológica	La ciudad de Xàtiva se sitúa en la llanura aluvial del río Cañoles (afluente del Júcar), llanura de escasa pendiente que se desarrolla a lo largo de la comarca de *La Costera*. La ciudad se localiza al pie de la Sierra Vernisa (margas y dolomías del Cretácico superior) sobre los conos de deyección y depósitos de ladera (gravas y arcillas rojas, Pleistoceno superior/Holoceno) aportados por los torrentes que drenan esta sierra, aunque la parte más moderna de la ciudad se asienta sobre la terraza baja del río (+5 m) (arenas y arcillas).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; margas y dolomías	Sedimentario; margas y dolomías	Masiva	Consolidado	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cretácico superior	Cretácico superior	Sin Datos	0,15	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguno	Ninguna	Ninguna	Sin datos	VIII MSK (zona)

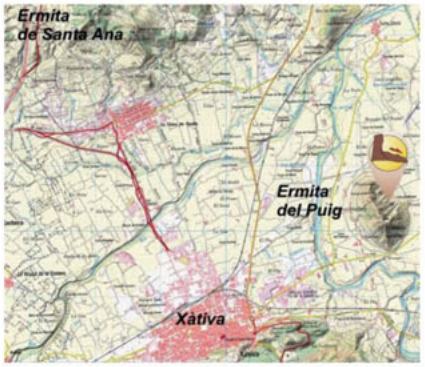
EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8

Descripción: La zona de Xátiva debió sufrir importantes efectos como consecuencia del terremoto. En la crónica de Mascaró (anterior a 1456) se hace referencia a grandes desprendimientos en su término municipal: "*Y en el têrmino de Játiva cayeron grandes rocas (...), tan grandes como torres, y aún mas y en el Puig llamado de la Campana cayó aproximadamente la mitad de dicho pico*". En las inmediaciones de Xátiva, sólo encontramos una elevación que conserva el topónimo de "El Puig" (por otro lado topónimo bastante frecuente en el Levante español). Este pico se sitúa en NE de la ciudad y está coronado por una ermita del siglo XIV (que podría tener relación a la referencia del "Puig de la campana" que hace Mascaró). Además existe una leyenda de la zona que cuenta que esta ermita y la ermita de Santa Ana (situada en otra elevación cercana a 5 km de distancia hacia el NO), coexistían juntas en una montaña, pero las disputas entre los dos ermitaños eran tan continuas que provocaron que la mano de Dios las separara para siempre, leyenda que bien podría haber surgido como consecuencia de los procesos gravitaciones cosísmicos descritos por Mascaró (1456).

Interpretación: La localización de este efecto es muy aproximada y discutible, no obstante, dadas las descripciones de las crónicas que describen el desprendimiento de grandes bloques de materiales competentes en las sierras próximas a la población de Xátiva, podemos asignar una localización en las proximidades de la ciudad de esta ciudad. El volumen de rocas movilizado en conjunto debió ser importante, dada la referencia al tamaño ("cayó aproximadamente la mitad de dicho pico") y a la multitud de localizaciones que menciona la documentación. Desgraciadamente la ciudad de Xátiva era una de las más importantes de la zona y la referencia a su término puede abarcar una zona muy amplia y, además, los topónimos utilizados en la crónica de Mascaró (anterior a 1456), nos impiden localizar con exactitud la localización de estos fenómenos, por lo que la situación debe considerarse como aproximada.

Cuantificación: Dado el volumen de materiales movilizado podemos establecer una intensidad de VIII en la escala ESI-07.



Localización de la ciudad de Xátiva y posición aproximada asignada a los desprendimientos descritos en la documentación histórica asociados al topónimo Puig de la Campana. Los topónimos utilizados por Mascaró (1456) no nos permiten asignar a estos efectos una localización exacta.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	C	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general, estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:	Mascaró, G. (anterior a 1456): Croniques barcelonines de la Casa Dalmases. Biblioteca de Catalunya, nº485, 296-298.		
Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2016

9.7. HST 16801009 NW MÁLAGA (Málaga) 1680 AD
Terremoto de NW Málaga (Histórico Reciente, Siglo XVII)

HST 16801009: W MÁLAGA. 1680 AD											HISTÓRICO	
FECHA AMD	**HORA Y MIN.**	**LONGITUD**	**LATITUD**	**MAG (Mw/Ms/M*)**	**EMS 98**	**MSK 64**	**ESI 07**	**Q_e**	**Q_i**	**Q_g**	**LOCALIZACIÓN TERREMOTO**	
16801009*AD*	07:15	4°36' O	36°48' N	6,8 – 7,0 M*	VIII-IX	VIII-IX	IX	B	B	B	**W Málaga. ML**	
Método de datación:		CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Sánchez Navarro-Neumann (1921), Galbis (1932)									**Tipo Evento:**	HST
Prof. km	50	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**M_o**	-	**Eventos asociados**		RÉPLICAS	**Agencia:**	IGN
EEE Primarios		NO		**Longitud Falla**		-		**Desplazamiento**		-	**Tipo Desp.:**	SIN DATOS
EEE Secundarios		SÍ		**Categoría ESI07**		☒GK ☒SM ☐LQ ☐HD ☒HA ☒AW ☐TS					**Área afectada:**	1.100 km²
Otros EEE Ambientales		NO		☐ OTROS EFECTOS (OT): No registrados.								
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ		☒ EAEs: Colapsos y daños en el 80% de edificios de Málaga ciudad y poblaciones cercanas. En Cabra de describe el colapso de una torre de la muralla de época islámica asociado a un deslizamiento rotacional.								

Documentación IGN 2002: 2, 8, 9, 10, 11, 29, 50, 129, 165, 166, 273, 275, 280, 285, 291, 294, 312, 317, 335, 347, 366, 405, 421, 426, 431, 435, 439, 448, 504, 506, 516, 522, 524, 528, 568, 571, 576, 583, 598, 600, 618, 623, 625, 685, 687, 695, 768, 783, 791, 1039, 1040, 1043, 1045, 1046, 1053, 1076

Referencias bibliográficas básicas:

Martínez Solares, J.M. & Mezcua, J. (2002): Catálogo Sísmico de la Península Ibérica (880 a. C. – 1900). Monografías IGN, 18. IGN, Madrid (Spain), 253 pp.
Goded, T. (2006): Reevaluación de daños de los terremotos de Málaga de 1494 y 1680. Trabajo de Investigación. Facultad de Ciencias Físicas, UCM: 155 pp.
Goded, T. *et al*. (2008): The 1494 and 1680 Málaga (Southern Spain) earthquakes. Seismological Research Letters 79, 707-715.
Peláez, J.A. *et al*. (2011): Efectos arqueosismológicos del terremoto de Málaga de 09/10/1680 en el sur de la provincia de Córdoba. 4° Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica. 18-20 mayo, Granada.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 16801009 Málaga, ML	4°36' W	36°48' N	6.8 -7.0 M*	VIII-IX	VIII-IX	IX	B	**Betic Cordillera; Internal Zones (Zone 34)**
EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Sánchez Navarro-Neumann (1921), Galbis (1932), Martínez Solares & Mezcua (2002), Goded (2006)							**Event Type:**	**HISTORIC**

GENERAL DAMAGE: Earthquake of intensity VIII-IX EMS. More than 80% of the buildings in Málaga city collapsed or were damage. Many of the villages around Málaga were severely damaged (≥ VIII EMS). The earthquake was felt at distant localities, such as Granada (90 km), Córdoba (130 km) and Seville (155 km) with intensity IV EMS. Most of the documents describe 70 fatalities, but this will be only in Málaga city. The macroseismic revision of the earthquake developed by Goded (2006) indicates a total of 87 fatalities. Was also felt in Madrid, Toledo and Valladolid, more than 500 km faraway from the epicentre with intensities IV and III EMS.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Secondary effects mainly correspond to rockfalls and landslides (SM) occurred around Málaga city in the Guadalhorce valley and Sierra de Mijas covering an area of c. 500 km² within the intensity zone IX ESI-07. Secondary effects of intensity VIII ESI-07 are described in Colmenar (26 km away) and Vélez-Málaga (44 km away), but are punctual data located NE Málaga insufficient to evaluate the area afected for this intensity level. In any case, a minimum of c. 1,100 km² were affected by intensity ≥ VIII ESI-07 secondary effects, indicating a maximum epicentral intensity of IX ESI-07. Moderate secondary effects are described for far away localities as Cabra (76 km away) or Sanlúcar la Mayor (156 km away) indicating intensities ≥ VI ESI-07. 9 EEE records and 1 EAE record.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☒ ***1 Ground cracks (GK):*** *Ground cracks in alluvial sediments causing the temporal disappearance of water-flow in the river course at Vélez-Málaga. The original descriptions indicate "*that immediately after the earthquake the ground cracks closed and crashed so violently that the waters were ejected to an elevation of about 8 m above the roofs of the houses, which collapsed by the impact of the water*". This description (maybe exaggerated) indicate the occurrence of really great ground-cracks capable to evacuate the water of a permanent river course (Vélez River) or maybe other type of effects linked to the water and the near-littoral location of this city in the time of the earthquake (deltaic zone of the Vélez River, which was navigable).*
☒ ***5 Slope movements (SM):*** *Multiple rockfalls of loose material in step valley slopes and cliffs around the city of Málaga, Guadalhorce valley and Sierra de Mijas. In Cabra (Córdoba; 76 km away) a rotational landslide is described causing archaeoseismological damage.*
☐ ***Liquefaction processes (LQ):*** *No Reported.*
☒ ***1 Hydrological anomaly (1 HA):*** *In Sanlúcar la Mayor (Sevilla; 156 km away) almost five wells suffered noticeable changes in water level.*
☒ ***1 Anomalous Waves and Tsunamis (1 AW):*** *Strong anomalous waves in the Málaga harbour, causing the elevation of boats about 5 m. The earthquake was felt in offshore zones. This effect was formerly considered a 5 m height tsunami event included in the IGN Tsunami Catalogue (presently excluded from this catalogue).*
☐ ***Other effects:*** *No Reported.*
☒ ***1 Archaeoseismic damage:*** *Even most of the buildings in Málaga (18 km away) and surrounding villages were seriously damage there are no good descriptions to evaluate EEE. Only in Cabra (76 km away) are data associate to an EEE (rotational landslide affecting to the medieval city walls and towers).*

☒ ***Geological Data:*** *Earthquake environmental effects are vaguely described in existing old catalogues of historical seismicity in Spain (Sánchez Navarro-Neumann, 1921; Galbis, 1932), as well as in the recent macroseismic review of the event by Goded (2006) and Goded et al. (2008). In spite of the onshore location of the macroseismic epicentre, descriptions of anomalous waves 5 m high in Málaga and the noticeable offshore anomalous waves, suggest the occurrence of some kind of offshore EEE. A secondary tsunami-like wave linked to a near-shore submarine landslide between these two localities, can not be fully rejected. In any case, there are not geological studies on this earthquake, and only the recent work of Peláez et al. (2011) gives archaeoseismological data for the locality of Cabra (Córdoba).* ***Quality of Geological Information: Class B.***

Research / Data compilation by: *Javier Lario (UNED). Updated in 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 16801009 Málaga, ML	4°36' O	36°48' N	6,8 -7,0 M*	VIII-IX	VIII-IX	IX	B	**Cordillera Bética; zonas internas (Zona 34)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN
Ref.: Sánchez Navarro-Neumann (1921), Galbis (1932), Martínez Solares & Mezcua (2002), Goded (2006)

Tipo de Evento: **HISTÓRICO**

DAÑOS GENERALES: Terremoto de intensidad IX EMS. Más del 80% de los edificios de Málaga colapsaron o sufrieron importantes daños. Muchas de las poblaciones alrededor de Málaga sufrieron importantes daños en sus edificaciones (≥ VIII EMS). El terremoto fue sentido en localidades distantes como Granada (90 km), Córdoba (130 km) y Sevilla (155 km) con intensidad IV EMS. Si bien la mayoría de los documentos indican 70 víctimas mortales, esto parece ser solo en la ciudad de Málaga, puesto que la reciente revisión del terremoto realizada por Goded (2006) permite obtener el dato de 87 víctimas mortales. Se sintió fuertemente en Madrid, Toledo y hasta Valladolid, a más de 500 km del epicentro, con intensidades de IV y III EMS respectivamente.

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Los efectos secundarios corresponden mayoritariamente movimientos de ladera (SM), alrededor de la ciudad de Málaga, Valle del Guadalhorce y Sierra de Mijas, sobre un área total de c. 500 km² definidos por la zona de intensidad IX ESI-07. Se describen efectos secundarios de intensidad VIII ESI-07 en Colmenar (26 km) y Vélez-Málaga (44 km), pero estos son de carácter puntual ocurridos al NE de Málaga, e insuficientes para evaluar correctamente el área correspondiente a este nivel de intensidad. En cualquier caso, un área mínima algo superior a los 1.100 km² fue afectada por efectos secundarios significativos de intensidad ≥ VIII ESI-07, indicando una intensidad máxima epicentral IX ESI-07. Efectos moderados ocurrieron en zonas alejadas, como Cabra (76 km) y Sanlúcar la Mayor (156 km) ligados a niveles de intensidad ≥ VI ESI-07. 9 registros EEEs y 1 registro EAE.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☒ ***1 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Grandes grietas en materiales aluviales provocaron la desaparición temporal del río en Vélez-Málaga (44 km). Las descripciones originales indican que "*la tierra se abrió y tragó el río cercano al pueblo. Luego se volvió a cerrar con gran estrépito, arrojando las aguas con tal violencia que se elevaron más de 10 varas (unos 8,5 metros), por encima de las casas, cuyos tejados se desplomaron al caer las aguas de nuevo*". Esta descripción (quizá exagerada) indicaría la generación de grietas de dimensiones muy grandes capaces de hacer desaparecer las aguas del río Vélez (de curso permanente), o quizá indicarían la ocurrencia de otro tipo de efectos ligados con cuerpos de agua y con la antigua situación (próxima a la costa) de esta población en la época del terremoto (zona deltaica del Río Vélez).*
☒ ***5 Movimientos de Ladera (SM):*** *Múltiples caídas de bloques en materiales rocosos sueltos en laderas abruptas y cantiles del valle del Guadalhorce y Sierra de Mijas (22 km). En Cabra (Córdoba; 76 km) se describe un deslizamiento rotacional que produjo daños de carácter arqueosísmico (EAE).*
☐ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *No Registrados.*
☒ ***1 Anomalía Hidrológicas (1 HA):*** *En Sanlúcar la Mayor (Sevilla; 156 km), al menos cinco pozos sufrieron variaciones del nivel.*
☒ ***1 Oleaje Anómalo y Tsunamis (1 AW):*** *Oleaje anómalo en el puerto de Málaga; el oleaje levantó los barcos hasta 5 m. También se sintió en embarcaciones alejadas de la línea de costa. Efecto anteriormente catalogado como tsunami de 5 m de altura en el catálogo de tsunamis del IGN. Actualmente descatalogado.*
☐ ***Otros efectos:*** *No registrados.*
☒ ***1 Efectos Arqueosismológicos:*** *Aunque existen daños importantes en las poblaciones alrededor de Málaga y la ciudad misma sufrió daños en el 80% de las edificaciones, no hay descripciones con datos que puedan dar información para valorar orientaciones de daños. Solo en Cabra existen EAEs asociados a probables fenómenos de deslizamiento cosísmico (Peláez et al, 2011).*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Los efectos geológicos aparecen vagamente documentados en catálogos históricos existentes (Sánchez Navarro-Neumann, 1921; Galbis, 1932), así como en la reciente revisión macrosísmica del evento realizada por Goded (2006). A pesar de la localización epicentral en zona terrestre, las descripciones sobre oleaje anómalo (5 m) en el puerto de Málaga, los extraños efectos relacionados con el agua en la antigua localización costera de Vélez-Málaga y el percibimiento del terremoto por embarcaciones alejadas de la costa, permiten plantear la generación de algún tipo de EEE offshore. La ocurrencia de una ola tipo-tsunami generada por un deslizamiento submarino en una zona litoral próxima, entre Málaga y Vélez-Málaga, no puede descartarse. En cualquier caso, no existen estudios geológicos relacionados con este evento, y solo el trabajo de Peláez et al. (2011) aporta datos arqueosismológicos para la población de Cabra (Córdoba).* ***Calidad de la información Geológica: Clase B.***

Investigación / Compilación de la información: *Javier Lario (UNED). Actualizado en 2017.*

IMAGEN EVENTO



Torre semicircular y trozo de lienzo de muralla deslizados y detenidos sobre el talud en la población de Cabra (Córdoba) afectada por el terremoto de Málaga de 1680 AD (Peláez *et al.*, 2011)

DESCRIPCIÓN
HST 16801009: W MÁLAGA 1680 AD **DATOS GALBIS**

Descripción de Galbis (1932). Terremoto Nº 202: *1680 AD*

9 de octubre. -Hubo terremoto general en toda España, pero donde causó mayores estragos fue en Málaga, según una relación que a fines de 1680 mandó publicar el Ayuntamiento de Málaga, quedaron destruidas 852 casas, 1259 inhabitables y el resto, 4320 que componían en aquella época la población, aunque habitables, con daños menos importantes; las víctimas fueron 70 muertos y unos 250 heridos. Por efecto de la primera sacudida se derribó la torre de la iglesia de la Trinidad, que al caer desplomó el claustro; cayó también la torre de San Juan, arruinándose los conventos de la Encarnación y de las Agustinas, las fortalezas de Gibralfaro y la Alcazaba quedaron desmanteladas, el barrio del Perchel quedó destruido y fue tal el temor que causó entre los habitantes, que éstos estuvieron tres días sin atreverse a entrar en la ciudad, viviendo todo el mundo en el campo y en la playa.

En los pueblos de la provincia hubo iguales o mayores daños, como el Alhaurín de la Torre, Cómpeta, Cártama, Alora, Coín y Alhaurín el Grande, pues en casi todos cayeron la mayor parte de las casas, causando muchas víctimas, y menos daños en Antequera y Ronda. De los montes cercanos al Colmenar se desprendieron grandes peñascos e igualmente ocurrió en la sierra de Mitras.

El mar al principio del terremoto permaneció en calma, pero luego se agitó sobremanera, levantando un gran oleaje, y se vieron salir violentamente los peces.

En Córdoba también se sintió con bastante intensidad; en Sevilla ocasionó muchas averías en los edificios y algunos heridos, y en Granada, según relación del P. Montenegro (S. J.), testigo presencial, dice que duró unos 40 s., produciendo gran pánico, y aunque no hubo hundimientos, no quedó edificio que no sufriera algo. Se sintió en Madrid a 7 h.

Nota aclaratoria de Galbis (1940). Terremoto Nº 202: *1680 AD*

9 de octubre. - Este terremoto, que afectó a toda España, produjo en las costas de Marruecos una marea extraordinaria.

Referencias de Galbis (1932; 1940). Terremoto Nº 202: *1680 AD*

B. N. C. 25, núm. 82, sig. 18.654.

Botella y Hornos, F. (1885): Los terremotos de Málaga y Granada. Bol. Soc. Geográfica de Madrid, t. XVII, pp. 65-90, pág. 83.

Cea, A. de (1680): Relación del terremoto que este día padeció la ciudad de Córdoba.

Díaz de Escobar y Urbano (1885): Los terremotos de Málaga, Málaga, 1885.

Marqués de Valdeflores (año): Papeles referentes a Málaga en la Bienal de la Asociación. de la Historia

Marzo, X. (año). Historia de Málaga y su provincia T. II.

Moreira de Mendonça, J.J. (1758): Historia universal dos terremotos que tem havido no mundo, de que ha noticia, desde a sua creaçao ate o seculo presente. Offic. Antonio V. de Silva. Lisboa, p. 272., pág. 80, según Zeballo.

Ortiz de la Vega, X. (año): Lib. V, cap. VI.

Perrey, A. (1847): Sur les Tremblements de terre de la Peninsule Iberique. Annales des Scien. Phys. et Naturelles, d'Agric. et d'Indus. Lyon, t. X, pp. 461-513.

Sánchez Navarro-Neumann, M. (1921): Lista de los terremotos más notables sentidos en la península Ibérica desde los tiempos más remotos, hasta 1917, inclusive, con ensayo de agrupación en regiones y períodos sísmicos. La Estación Sismológica y el Observatorio Astronómico y Meteorológico de Cartuja (Granada). Memorias y trabajos de divulgación científica. pp. 11-65.

INTERPRETACIÓN
HST 16801009: W MÁLAGA 1680 AD

ANÁLISIS DE DATOS

Autor: Javier Lario, Facultad de Ciencias, UNED

EEE. Efectos Geológicos y Ambientales del Terremoto al W de Málaga, 1680 AD

Terremoto de magnitud 7 que, con una duración de unos 40 segundos, afectó fuertemente a la ciudad y a la provincia de Málaga, afectando también a provincias limítrofes y sintiéndose fuertemente en Madrid, Toledo y hasta Valladolid, a más de 500 km del epicentro. El epicentro se ha situado al oeste de la ciudad de Málaga y la profundidad del evento a 50 km.

Los efectos geológicos y ambientales están muy poco estudiados; Goded (2006) realiza una completa revisión de los datos disponibles sobre los daños en la ciudad de Málaga y poblaciones cercanas de la provincia, reasignando valores de intensidad a todas estas poblaciones. Este detallado estudio permite relacionar los pocos datos de efectos ambientales del terremoto con una intensidad del mismo.

En Málaga, casi toda la ciudad quedo arruinada. Hubo 70 muertos y más de 250 heridos debido al sismo. Además, de 4.296 casas, casi el 20% de las casas quedaron totalmente destruidas, cerca del 30% quedaron inhabitables y el 47% resultó muy dañado. Solo el 3% de las casas de Málaga no resultaron dañadas por el sismo. Se le asigna una intensidad EMS de VIII-IX. En Alhaurín el Grande, se sintió con una intensidad de VIII-IX EMS, se arruinó totalmente la iglesia, se hundieron 122 casas, 53 inhabitables y el resto "*muy maltratadas*". Murieron 7 personas. En Alhaurín de la Torre no se citan número de casas derruidas, pero sí que el lugar quedó arrasado. Se sintió con intensidad VIII. En Alozaina se sintió con una intensidad de VIII–IX EMS, derribó 36 casas y todas las demás "*tan maltratadas que, por instantes, amenazaban ruina*". En Pizarra, también se sintió con una intensidad de VIII–IX EMS, de las 80 casas se hundieron 15 y las demás "*amenazan lo mismo*". Hubo desprendimientos en la sierra colindante (parte de la montaña vecina de desmoronó) a lo largo de la margen izquierda del Río Guadalhorce, que en esta zona realiza un brusco codo de N-S a E-W y atraviesa una garganta fluvial bastante estrecha. En Ronda se hundió la Iglesia. La intensidad se ha establecido en VII. En Mijas se sintió con intensidad VIII-IX EMS, se arruinaron 37 casas y las demás casi inhabitables. Hubo 8 muertos. En la Sierra de Mijas hubo importantes desprendimientos. (*"Los Montes, y Sierras arrancavan Peñas, y disparavan Peñascos: Con que algunos Edificios de Caserias cercanas se destruyeron; en particular la sierra de Mixas, fue espanto los Peñascos que arrojò, abriendose por partes. Llegò à la Ciudad este espantoso estruendo, con tal ruido, que parecia que rodavan muchos Coches, y gran multitud de Hombres de a Cavallo…")*. En Alozaina se hundieron 40 casas y otras 40 quedaron en ruinas. El terremoto se sintió con intensidad VIII-IX. En Coín se sintió con intensidad VIII-IX EMS, hundió 40 casas; el resto con destrozos graves. La Iglesia se agrietó y se hundió la Capilla del convento de San Agustín, provocando un muerto. En Benalmádena todas las casas quedaron inhabitables (12). Algunas colinas y montes de la región se desmoronaron. Se sintió con intensidad VIII. En Cártama se sintió con una intensidad de VIII–IX EMS, hundió 40 casas y las demás con destrozos. La iglesia se quebrantó por todas partes. Hubo 1 muerto y 5 heridos. En Alora se cayeron 3 casas y otras se "*quebrantaron*". Se sintió con intensidad VII. En Antequera muchas casas fueron derruidas. Se sintió con intensidad VII-VIII. En Colmenar no se describen daños en edificaciones, pero se citan *desprendimientos de grandes bloques e piedras en los montes cercanos*. No se asigna intensidad. En Vélez-Málaga se sintió con intensidad VII y se describen grandes daños en los edificios. Se cita también: *La tierra se abrió y tragó el río cercano al pueblo. Luego se volvió a cerrar con gran estrépito, arrojando las aguas con tal violencia que se elevaron más de 10 varas (unos 8,5 metros), por encima de las casas, cuyos tejados se desplomaron al caer las aguas de nuevo.* Con esta descripción se puede esperar grietas del terreno (en materiales aluviales) mayores de un metro de ancho y varios metros de longitud, lo que, junto a la ausencia de otros efectos, como desprendimientos, que han sido citados en otros lugares cercanos, se puede inferir una intensidad ESI-2007 de IX.

Muchas de estas localidades se encuentran situadas en el Valle del Guadalhorce aguas arriba de su desembocadura en Málaga, sobre una distancia lineal de unos 35-40 kilómetros y confinadas en un área inferior a los 250 km^2 todas ellas catalogadas con anterioridad en IX grados MSK. Según datos del IAG se produjeron "*notables quebrajas en el suelo y corrimientos de terreno por la falda de los montes"* a lo largo de la cuenca del Guadalhorce desde su desembocadura hasta las localidades de Coín y Pizarra. Estos datos indican desprendimientos generalizados en todo el Valle del Guadalhorce y la Sierra de Mijas-Benalmádena, un radio de 22 km alrededor del epicentro, con lo que, dado el área afectada, se le puede asignar una intensidad ESI-2007 de IX.

También se sintió a lo largo de "*todo el Valle del Guadalquivir"*, donde la "*sacudida sísmica se vio amplificada hasta grado V EMS"*, anteriormente catalogada como VI MSK (IAG), como ocurrió en localidades tan distantes (140-160 km lineales) como Sevilla y "*Sanlúcar la Mayor, donde cuatro ó cinco pozos sufrieron cambios en el nivel del agua"*. Estos datos, aunque pueden estar asociados a intensidades destructivas, dada la lejanía del área epicentral, pueden indicar una intensidad ESI-2007 de VI. Fue perceptible en lugares tan alejados como Madrid y Valladolid, a más de 500 km de Málaga, y el área de grado VI MSK (V EMS) abarcó un radio de unos 200 km alrededor de Málaga.

En algunos artículos, al interpretar los datos de algunos documentos antiguos, se concluyó que ocurrió un *tsunami en el puerto de Málaga*, de hasta *5 metros de altura*, y que *se sintiera en toda la mitad meridional de la Península Ibérica*, especialmente en el cuarto SE, lo que hizo pensar que el *terremoto tuvo una profundidad importante y que ocurrió en el fondo marino del Mediterráneo.* Incluso se encontraba incluido en el antiguo catálogo de tsunamis del IGN, como evento bastante seguro de intensidad 3 en la escala Ambraseys (1962). Goded (2006) reinterpreta todos los datos disponibles al respecto, así como

interpretaciones posteriores y concluye que, si bien el terremoto se sintió en la mar, no ocurrió ningún tsunami.

Esta conclusión se basa también en el estudio de la localización del epicentro del evento; los estudios disponibles otorgan diferentes localizaciones al mismo:

36,7°N; 4,7°W (Muñoz y Udías, 1988)

36,48°N; 4,36°W (Martínez Solares y Mezcua, 2002; IGN)

36,30°N; 4,24°W (en mar, Catálogo Tsunamis IGN, 2006)

36,7°N; 4,4°W (IAG)

El estudio de los daños e intensidades indican que el terremoto se originó cercano a la Sierra de Mijas, siendo el epicentro más probable el calculado por Muñoz y Udías (1988), que determinan también la profundidad del mismo en 50 km. Por tanto, la localización del evento tierra adentro al oeste de la ciudad de Málaga, descarta también la ocurrencia de un tsunami asociado a este sismo y, de hecho, el mismo ha sido retirado del Catálogo de Tsunamis del IGN.

En cualquier caso, es indudable que por las descripciones existentes (Galbis, 1932) se produjo un fuerte oleaje anómalo en el puerto de Málaga y se sintió en embarcaciones de diferente calado a varias millas mar adentro. También se sintió en Vélez-Málaga, con los efectos comentados. Por tanto, podemos confirmar que existió un fuerte oleaje anómalo, quizás asociado a desprendimientos y deslizamientos de acantilados costeros de la zona de Málaga. La altura de estas olas permite asignar un valor de intensidad ESI-2007 en Málaga de IX.

Peláez *et al.* (2011) en estudio de los efectos arqueosismólogicos que se comentará después, describen en la ciudad de Cabra (Córdoba) un deslizamiento rotacional que causó parte del basculamiento de las construcciones, que se desestabilizaron y terminaron fracturadas, cayendo sobre el hundimiento de cabecera. Si bien no hay asignado intensidad en esta localidad, en la cercana Lucena Martínez Solares y Mezcua (2002) le asignan intensidad VI-VII en la escala EMS-98. La distancia al epicentro (76 km) y las dimensiones del deslizamiento indican una intensidad ESI-2007 de VII.

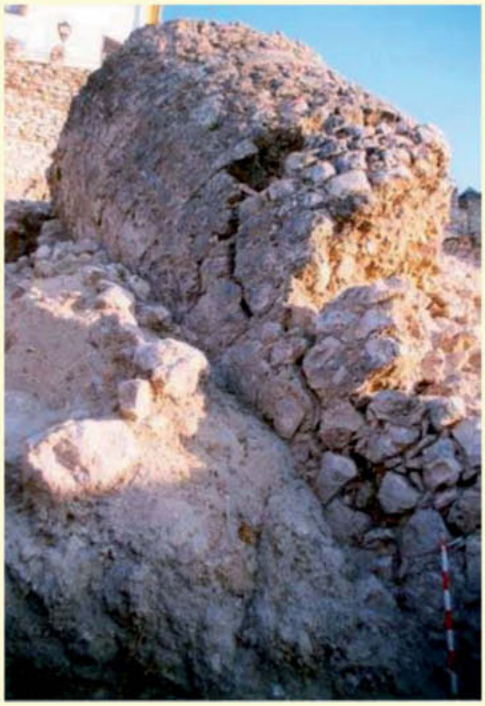
EAE. Efectos Arqueosismológicos del Terremoto al W de Málaga, 1680 AD

Como se ha descrito en el anterior apartado, la destrucción de edificaciones en Málaga y las poblaciones vecinas están detalladas en los documentos, pero no hay datos de EAE que permitan aportar información extra sobre el sismo.

Peláez *et al.* (2011), en un estudio de los efectos arqueosismológicos del terremoto en la localidad de Cabra (Córdoba), indican dos localizaciones: un deslizamiento que afecta a parte de uno de los lienzos de la muralla medieval y a una torre adosada a dicho lienzo, el cual puede aún observarse en parte; y la destrucción de la torre exenta que servía de campanario a la iglesia de la Asunción, la cual fue reconstruida en su totalidad, aunque no exactamente en la misma localización. La muralla y torre deslizadas durante el terremoto se sitúan en un talud natural desarrollado sobre margas, limos arcillosos, arenas y gravas, y conglomerados matriz-soportados, parcialmente cementados, con una estratificación subhorizontal, pertenecientes a las fases finales del relleno Mioceno de la Depresión del Guadalquivir. El talud natural que rodea en un amplio sector el cerro de la Villa Vieja de Cabra está determinado por el encajamiento de la red fluvial, y posee pendientes medias de 35º. En general, este talud se observa en equilibrio y estable, aunque existen ocasionalmente grandes grietas con desarrollo actual que afectan a edificios emblemáticos, y que parecen corresponder a una expansión lateral del talud, o limitados flujos de derrubios superficiales que afectan a la capa alterada. En el sector del deslizamiento, las pendientes actuales son algo mayores de 35º, llegando alcanzar 50º en las partes altas del talud, y con desniveles que oscilan entre los 12 y 15 m. Las zonas más pendientes podrían asociarse a escarpes de cabecera de los deslizamientos que causaron la ruina de la torre y el lienzo de muralla. Del estudio infieren que: el deslizamiento hizo rotar las construcciones en sentido contrario al de la pendiente; las construcciones rotaron hasta descansar parte en el nuevo talud generado, parte sobre el hueco resultante, rompiendo la torre en dos, y creando un vacío que fue rellenado posteriormente; parte de la cimentación aparece expuesta sin una deformación interna significativa. Estos aspectos apuntan a que el deslizamiento consistió en un deslizamiento rotacional que causó parte del basculamiento de las construcciones, que se desestabilizaron y terminaron fracturadas, cayendo sobre el hundimiento de cabecera. Esta forma de deslizamiento es la que mejor preserva la cimentación tal y como se observa. No obstante, no se puede descartar un flujo superficial de la zona alterada que desestabilizara el conjunto, o un mecanismo mixto. En todo caso, tal y como se puso de manifiesto durante la excavación, la existencia de un rezumadero de agua en el talud y la alteración de los sedimentos Miocenos, pudieron reducir en su momento su resistencia, quedando el conjunto en equilibrio metaestable hasta el momento del terremoto.

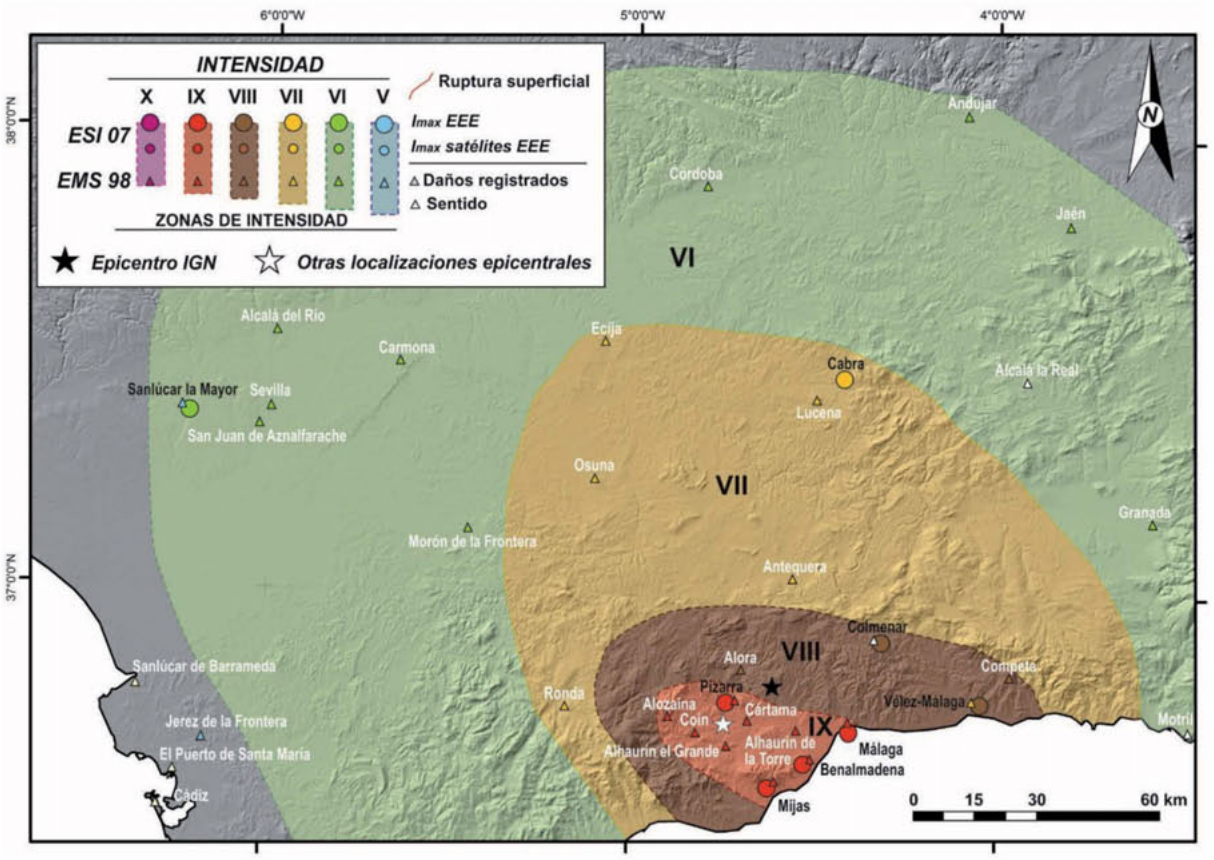


Torre semicircular y trozo de lienzo de muralla deslizados y detenidos sobre el talud (de Peláez et al., 2011).



Rotura de la torre semicircular mostrando su fracturación (de Peláez et al., 2011).

DISTRIBUCIÓN DAÑOS ESI-07/EMS-98 HST 16801009: W MÁLAGA. 1680 AD											EFECTOS GEOLÓGICOS
EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
HST 16801009*AD*	07:15	4°36' O	36°48' N	6,8 Mw / 7 M*	VIII-IX	VIII-IX	IX	B	B	B	**W Málaga. ML**



SHAKE MAP ESI-07/EMS-98
HST 16801009: W MÁLAGA. 1680 AD
ACELERACIÓN DEL TERRENO

EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
HST 16801009*AD*	07:15	4°36' O	36°48' N	6,8 Mw / 7 M*	VIII-IX	VIII-IX	IX	B	B	B	**W Málaga. ML**

Este terremoto presenta un gran grado de incertidumbre en cuanto a su localización epicentral. Aunque el Catálogo del IGN (Martínez Solares y Mexcua, 2002) lo sitúa al NW de la ciudad de Málaga, en anteriores catálogos (IGN, 1983) se situaba offshore, al SE de Málaga en el interior del Mar de Alborán. Ante la incertidumbre sobre una fuente sísmica concreta resulta difícil su parametrización y en consecuencia la implementación de cualquier tipo de "Escenario Sísmico".

IMAGEN NO DISPONIBLE
(En estudio)

REFERENCIAS
HST 16801009: W MÁLAGA. 1680 AD

DATOS BIBLIOGRÁFICOS

Autor: Javier Lario, Facultad de Ciencias, UNED

Bibliografía Terremoto al W de Málaga de 1680 AD

Galbis Rodríguez, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5ºE y 20ºW de Greenwich y los paralelos 45º y 25ºN. Dirección General del Instituto Geográfico, Catastral y de Estadística. Tomo I.

Goded, T. (2006): Reevaluación de daños de los terremotos de Málaga de 1494 y 1680. Trabajo de Investigación. Universidad Complutense de Madrid, 152 pps.

Goded, T., Buforn, E., and Muñoz, D. (2008): The 1494 and 1680 Málaga (Southern Spain) earthquakes. Seismological Research Letters 79, 707-715.

Martínez Solares, J.M., Mezcua, J. (2002): Catálogo Sísmico de la Península Ibérica (880 a.C. – 1900). Monografías IGN, 18. IGN, Madrid (Spain), 253 pp.

Muñoz, D., and A. Udías (1988): Evaluation of damage and source parameters of the Málaga earthquake of 9 October 1680. Historical Seismograms and Earthquakes of the World, ed. W. H. K. Lee, H. Meyers, and K. Shimazaki, 208–221. San Diego: Academic Press.

Peláez, J.A., Moreno Rosa, A., Sánchez Gómez, M., y Mellado García, I. (2011): Efectos arqueosismológicos del terremoto de Málaga de 09/10/1680 en el sur de la provincia de Córdoba. 4º Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica. 18-20 mayo, Granada.

Sánchez Navarro-Neumann, M. (1921): Lista de los terremotos más notables sentidos en la península Ibérica desde los tiempos más remotos, hasta 1917, inclusive, con ensayo de agrupación en regiones y períodos sísmicos. La Estación Sismológica y el Observatorio Astronómico y Meteorológico de Cartuja (Granada). Memorias y trabajos de vulgarización científica. pp. 11-65.

INFORMACIÓN MACROSÍSMICA HST 16801009: W MÁLAGA. 1680 AD											EFECTOS GEOLÓGICOS	
EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO	
HST 16801009AD	07:15	4°36' O	36°48' N	6,8 Mw/7M*	VIII-IX	VIII-IX	IX	B	B	B	W Málaga. ML	
Tipo de Efectos Catalogados											Número de Fichas 09	08 EEEs 01 EAEs

Imagen Google Earth de la localización de efectos catalogados en la zona epicentral



Información macrosísmica catalogada

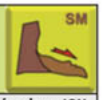
Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
01.01 Benalmádena	4°33'9,42"O	36°35'51,32"N	SM	SSE 22,9 km	VIII-IX	Sin datos	**IX**
02.01 Cabra *	4°26'6,50"O	37°28'38,74"N	SM	NNE 76,4 km	VI-VII**	Sin datos	**VII**
02.02 Cabra *	4°26'6,50"O	37°28'38,74"N	EAE	NNE 76,4 km	VI-VII**	Sin datos	**VII**
03.01 Colmenar	4°20'11,91"O	36°54'44,11"N	SM	NE 26,6 km	Sin datos	Sin datos	**VIII**
04.01 Málaga *	4°25'15,78"O	36°42'47,31"N	AW	SE 18,68 km	VIII-IX	IX	**IX**
05.01 Mijas *	4°38'7,46"O	36°35'49,51"N	SM	S 22,7 km	VIII-IX	Sin datos	**IX**
06.01 Pizarra *	4°42'32,52"O	36°46'16,21"N	SM	OSO 9,85 km	VIII-IX	Sin datos	**IX**
07.01 Sanlúcar la Mayor	6°12'0,17"O	37°23'35,09"N	HA	NO 156,2 km	V	Sin datos	**VI**
08.01 Vélez-Málaga *	4°06'3,11"O	36°46'59,77"N	GK	E 44,4 km	VI-VII	Sin datos	**VIII**

(*) Fichas Representativas de los diferentes sectores o procesos incluidas en esta edición del Catálogo.
(**) En la cercana población de Lucena.

Información macrosísmica complementaria

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
0.01 Alcalá del Río	5°58'28,43"O	37°31'28,49"N	EMS	NO 146,1 km	VI	Sin datos	VI (Zona)
0.02 Alcalá la Real	3°55'26,20"O	37°27'59,67"N	EMS	SO 95,2 km	I	Sin datos	VI (Zona)
0.03 Alhaurín de la Torre	4°32'56,42"O	36°39'43,67"N	EMS	SSE 18 km	VIII-IX	Sin datos	IX (Zona)
0.04 Alhaurín el Grande	4°41'13,31"O	36°38'43,18"N	EMS	SSO 18,7 km	VIII-IX	Sin datos	IX (Zona)
0.05 Alora	4°42'14,71"O	36°49'47,78"N	EMS	ESE 9,7 km	VIII	Sin datos	VIII (Zona)
0.06 Alozaina	4°51'32,60"O	36°44'10,13"N	EMS	OSO 23,9 km	VIII-IX	Sin datos	IX (Zona)
0.07 Andújar	4°3'0,45"O	38°02'42,04"N	EMS	NNE 146,3 km	VI	Sin datos	VI (Zona)
0.08 Antequera	4°33'26,24"O	37°01'31,20"N	EMS	N 25,3 km	VII	Sin datos	VIII (Zona)
0.09 Cádiz	6°17'25,92"O	36°31'38,88"N	EMS	OSO 154,4 km	IV	Sin datos	IV (Zona)
0.10 Carmona	5°38'19,77"O	37°28'37,23"N	EMS	NO 119,2 km	VI	Sin datos	VI (Zona)
0.11 Cártama	4°37'52,22"O	36°42'54,73"N	EMS	NNE 9,8 km	VIII-IX	Sin datos	IX (Zona)
0.12 Cazalla de la Sierra	5°45'27,80"O	37°56'6,30"N	EMS	NO 162,6 km	VI	Sin datos	VI (Zona)
0.13 Cómpeta	3°58'22,40"O	36°50'10,63"N	EMS	E 55,5 km	VIII	Sin datos	VIII (Zona)
0.14 Córdoba	4°46 55,37"O	37°53'52,21"N	EMS	N 122,4 km	VI	Sin datos	VI (Zona)
0.15 Écija	5°04'46,75"O	37°32'51,93"N	EMS	NNO 93,6 km	VII	Sin datos	VII (Zona)
0.16 El Puerto de Santa María	6°14'35,09"O	36°35'49,75"N	EMS	OSO 148,2 km	IV	Sin datos	IV (Zona)
0.17 Granada	3°35'50,41"O	37°10'46,94"N	EMS	NE 98,6 km	VI	Sin datos	VI (Zona)
0.18 Jaén	3°47'03,87"O	37°47'6,78 "N	EMS	NE 131,4 km	VI	Sin datos	VI (Zona)
0.19 Jerez de la Frontera	6°07'36,12"O	36°41'32,38"N	EMS	OSO 136,8 km	V	Sin datos	V (Zona)
0.20 Lucena	4°28'54,83"O	37°24'59,49"N	EMS	NNE 68,7 km	VI-VII	Sin datos	VII (Zona)
0.21 Morón de la Frontera	5°26'58,21"O	37°07'43,49"N	EMS	NO 84 km	VI	Sin datos	VI (Zona)
0.22 Motril	3°30'55,82"O	36°45'15,65"N	EMS	SE 96,5 km	I	Sin datos	VI (Zona)
0.23 Osuna	5°06'07,35"O	37°14'34,09"N	EMS	NO 66,5 km	VII	Sin datos	VII (Zona)
0.24 Ronda	5°09'42,37"O	36°44'57,57"N	EMS	O 50,5 km	VI-VII	Sin datos	VII (Zona)
0.25 San Juan de Aznalfarache	6°01'53,62"O	37°22'01,30"N	EMS	NO 142 km	V-VI	Sin datos	VI (Zona)
0.26 Sanlúcar de Barrameda	6°20'58,36"O	36°46'49,26"N	EMS	O 156,2 km	IV	Sin datos	IV (Zona)
0.27 Sevilla	5°59'04,38"O	37°24'15,48"N	EMS	NO 140,4 km	VI	Sin datos	VI (Zona)

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST16801009.02.01 *02.01. Cabra (Córdoba)*	EVENTO	HST16801009 W MÁLAGA. ML	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7 

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
02 / Cabra (Córdoba)	4°26'6,50"O	37°28'38,74"N	460 m	250 m²	76,4 km	NNE	VIII-IX EMS/7

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Talud formado por encajamiento de la red fluvial	Pendiente del terreno	Cantil (>70%)
Descripción Geológica	Deslizamiento rotacional afectando a los materiales miocenos de la Depresión del Guadalquivir.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
	Margas, limos arcillosos, arenas y gravas, y conglomerados matriz-soportados	Estratificación subhorizontal	Parcialmente cementados	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
	Mioceno		0,125	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería	Muralla y torre adosada de la ciudad de Cabra	Varias (25%)	Destructivo	VI-VII EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7

Descripción: Deslizamiento rotacional sobre margas, limos arcillosos, arenas y gravas, y conglomerados matriz-soportados, parcialmente cementados, con una estratificación subhorizontal, pertenecientes a las fases finales del relleno Mioceno de la Depresión del Guadalquivir. Afectó a una torre semicircular y al lienzo de parte de la muralla. El deslizamiento hizo rotar las construcciones en sentido contrario al de la pendiente; las construcciones rotaron hasta descansar parte en el nuevo talud generado, parte sobre el hueco resultante, rompiendo la torre en dos, y creando un vacío que fue rellenado posteriormente; parte de la cimentación aparece expuesta sin una deformación interna significativa.

Interpretación: Estos aspectos apuntan a que el deslizamiento consistió en un deslizamiento rotacional que causó parte del basculamiento de las construcciones, que se desestabilizaron y terminaron fracturadas, cayendo sobre el hundimiento de cabecera.

Cuantificación: Por la zona afectada se cataloga como ESI-07 VII.



Torre semicircular y trozo de lienzo de muralla deslizados y detenidos sobre el talud (de Peláez et al., 2011).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	C	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general, estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:	Peláez, J.A. *et al.* (2011): Efectos arqueosismológicos del terremoto de Málaga de 09/10/1680 en el sur de la provincia de Córdoba. 4º Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica. 18-20 mayo, Granada.
Información Recopilada	*Javier Lario, Facultad de Ciencias (UNED)*
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España* — Número (Vol.): 2 — Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST16801009.02.02 *02.02. Cabra (Córdoba)*	EVENTO	HST16801009 W MÁLAGA. ML		EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO: EAE/7

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
02 / Cabra (Córdoba)	4°26'6,50"O	37°28'38,74"N	460 m	km²	76,4 km	NNE	VIII-IX EMS/7

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Talud formado por encajamiento de la red fluvial	Pendiente del terreno	Cantil (>70%)
Descripción Geológica	Deslizamiento rotacional afectando a los materiales miocenos de la Depresión del Guadalquivir.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
	Margas, limos arcillosos, arenas y gravas, y conglomerados matriz-soportados	Estratificación subhorizontal	Parcialmente cementados	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
	Mioceno		0,125	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería	Muralla y torre adosada de la ciudad de Cabra	Varias (25%)	Destructivo	VI-VII EMS

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO: EAE/7

Descripción: Peláez et al. (2011), en un estudio de los efectos arqueosismológicos del terremoto en la localidad de Cabra (Córdoba), indican dos localizaciones: un deslizamiento que afecta a parte de uno de los lienzos de la muralla medieval y a una torre adosada a dicho lienzo, el cual puede aún observarse en parte; y la destrucción de la torre exenta que servía de campanario a la iglesia de la Asunción, la cual fue reconstruida en su totalidad, aunque no exactamente en la misma localización. La muralla y torre deslizadas durante el terremoto se sitúan en un talud natural sobre el que se producen varios deslizamientos.

Interpretación: Del estudio infieren que: el deslizamiento hizo rotar las construcciones en sentido contrario al de la pendiente; las construcciones rotaron hasta descansar parte en el nuevo talud generado, parte sobre el hueco resultante, rompiendo la torre en dos, y creando un vacío que fue rellenado posteriormente; parte de la cimentación aparece expuesta sin una deformación interna significativa. Estos aspectos apuntan a que el deslizamiento consistió en un deslizamiento rotacional que causó parte del basculamiento de las construcciones, que se desestabilizaron y terminaron fracturadas, cayendo sobre el hundimiento de cabecera. Esta forma de deslizamiento es la que mejor preserva la cimentación tal y como se observa. No obstante, no se puede descartar un flujo superficial de la zona alterada que desestabilizara el conjunto, o un mecanismo mixto. En todo caso, tal y como se puso de manifiesto durante la excavación, la existencia de un rezumadero de agua en el talud y la alteración de los sedimentos Miocenos, pudieron reducir en su momento su resistencia, quedando el conjunto en equilibrio metaestable hasta el momento del terremoto.

Cuantificación: Con estos datos la intensidad local se fija en VII.



Rotura de la torre semicircular mostrando su fracturación (de Peláez et al., 2011).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VII	Calidad de los datos (Qg)	C	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general, estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas: Peláez, J.A. *et al.* (2011): Efectos arqueosismológicos del terremoto de Málaga de 09/10/1680 en el sur de la provincia de Córdoba. 4° Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica. 18-20 mayo, Granada.

Información Recopilada	*Javier Lario, Facultad de Ciencias (UNED)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST16801009.04.01 *04.01. Málaga (Málaga)*	EVENTO	HST16801009 W MÁLAGA. ML		EFECTO	ANOMALÍA EN CUERPOS DE AGUA: AW/9

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
04 / Málaga	4°25'15,78"O	36°42'47,31"N	0 m	1 km²	18,68 km	SE	VIII-IX EMS/7

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Línea de costa de la ciudad de Málaga	Pendiente del terreno	Llano (< 2%)
Descripción Geológica	Línea de costa de la ciudad de Málaga, desarrollada en los materiales aluviales cuaternarios de la desembocadura del Guadalhorce.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Arenas y arcillas	Gravas, arenas y arcillas	Estratificados	No consolidados	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno	Pleistoceno Superior-Holoceno		0,16	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
-	-	-	-	VIII-IX

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	ANOMALÍA EN CUERPOS DE AGUA: AW/9

Descripción: Galbis (1932) indica *"El mar al principio del terremoto permaneció en calma, pero luego se agitó sobremanera, levantando un gran oleaje, y se vieron salir violentamente los peces"*. En algunos artículos, al interpretar los datos de algunos documentos antiguos, se concluyó que ocurrió un *tsunami en el puerto de Málaga*, de hasta *5 metros de altura*, y que *se sintiera en toda la mitad meridional de la Península Ibérica*, especialmente en el cuarto SE, lo que hizo pensar que el *terremoto tuvo una profundidad importante y que ocurrió en el fondo marino del Mediterráneo*. Incluso se encontraba incluido en el antiguo catálogo de tsunamis del IGN, como evento bastante seguro de intensidad 3 en la escala Ambraseys (1962).

Interpretación: Goded (2006) reinterpreta todos los datos disponibles al respecto, así como interpretaciones posteriores y concluye que, si bien el terremoto se sintió en la mar, no ocurrió ningún tsunami. Esta conclusión se basa también en el estudio de la localización del epicentro del evento; los estudios disponibles otorgan diferentes localizaciones al mismo. El estudio de los daños e intensidades indican que el terremoto se originó cercano a la Sierra de Mijas, siendo el epicentro más probable el calculado por Muñoz y Udías (1988), que determinan también la profundidad del mismo en 50 km. Por tanto, la localización del evento tierra adentro al oeste de la ciudad de Málaga, descarta también la ocurrencia de un tsunami asociado a este sismo y, de hecho, el mismo ha sido retirado del Catálogo de Tsunamis del IGN.

Cuantificación: En cualquier caso, es indudable que por las descripciones existentes (Galbis, 1932) se produjo un fuerte oleaje anómalo en el puerto de Málaga y se sintió en embarcaciones de diferente calado a varias millas mar adentro. Por tanto, podemos confirmar que existió un fuerte oleaje anómalo, quizás asociado a desprendimientos y deslizamientos de acantilados costeros de la zona de Málaga. La altura de estas olas permite asignar un valor de intensidad ESI-2007 en Málaga de IX.



Imagen del Puerto de Málaga a finales del siglo XIX.
www.malagahistoria.com



Litografía mostrando el aspecto de la zona portuaria de Málaga hacia el año 1500.
www.malagahistoria.com

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	C	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general, estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

Galbis Rodríguez, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5ºE y 20ºW de Greenwich y los paralelos 45º y 25ºN. Dirección General del Instituto Geográfico, Catastral y de Estadística. Tomo I.
Goded, T. (2006): Reevaluación de daños de los terremotos de Málaga de 1494 y 1680. Trabajo de Investigación. Universidad Complutense de Madrid, 152 pps.

Información Recopilada: *Javier Lario, Facultad de Ciencias (UNED)*

Ficha Publicada: *Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España* | Número (Vol.): 2 | Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST16801009.05.01 *05.01. Mijas (Málaga)*	EVENTO	HST16801009 W MÁLAGA.ML	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/9 

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
05 / Mijas (Málaga)	4°38'7,46"O	36°35'49,51"N	430 m	km²	22,7 km	S	VIII-IX EMS/7

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Laderas sur de la Sierra de Mijas.	Pendiente del terreno	Muy Fuerte (30-50%)
Descripción Geológica	La Sierra de Mijas geológicamente se encuentra situada en la zona interna de la cordillera Bética. La mayor parte de esta elevación está formada por el Complejo alpujárride y en menor medida por el Complejo maláguide, ambos complejos son dos de los conjuntos de materiales que forman la zona interna. En concreto, el IGME sitúa esta zona en la Unidad de Blanca del Trías, formada principalmente por mármoles blancos masivos.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Mármoles	Mármoles	Estratificado	Consolidado	I (1,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Trías	Trías		0,155	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Adobe y mampostería	Casas	Múltiples	30% Ruina; 70% Destructivo	VIII-IX

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/9

Descripción: *"Los Montes, y Sierras arrancavan Peñas, y disparavan Peñascos: Con que algunos Edificios de Caserias cercanas se destruyeron; en particular la sierra de Mixas, fue espanto los Peñascos que arrojò, abriendose por partes. Llegò à la Ciudad este espantoso estruendo, con tal ruido, que parecia que rodavan muchos Coches, y gran multitud de Hombres de a Cavallo…".*

Interpretación: Desprendimientos generalizados en toda la Sierra de Mijas.

Cuantificación: Por la zona afectada se puede evaluar en ESI-07 IX.

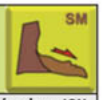


Probable zona de desprendimientos (Google Earth)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	C	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general, estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:	Goded, T. (2006): Reevaluación de daños de los terremotos de Málaga de 1494 y 1680. Trabajo de Investigación. Universidad Complutense de Madrid, 152 pp.		
Información Recopilada	*Javier Lario, Facultad de Ciencias (UNED)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST16801009.06.01 *06.01. Pizarra (Málaga)*	EVENTO	HST 16801009 W MÁLAGA. ML	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/9 

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
06 / Pizarra (Málaga)	4°42'32,52"O	36°46'16,21"N	80 m	0,5 km²	9,85 km	OSO	VIII-IX EMS/7

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Laderas de la Sierra de Gibralmora o Sierra del Hacho.	Pendiente del terreno	Escarpada (50-70%)
Descripción Geológica	La Sierra de Gibralmora está constituida por sedimentos postorogénicos de edad Miocena y constituida litológicamente por molasas y molasas bioclásticas.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
	Molasas y molasas bioclásticas	Estratificado	Consolidado	I (1,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
	Mioceno Med.-Sup.		0,155	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Adobe y mampostería	Casas	20%	Ruina	VIII-IX

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/9

Descripción: *"Hubo desprendimientos en la sierra colindante (parte de la montaña vecina de desmoronó) a lo largo de la margen izquierda del Río Guadalhorce, que en esta zona realiza un brusco codo de N-S a E-W y atraviesa una garganta fluvial bastante estrecha".*

Interpretación: Deslizamientos y desprendimientos generalizados. En fotografía aérea se pueden observar bloques decamétricos probablemente desprendidos en este terremoto.

Cuantificación: IX de la ESI-07



Bloques decamétricos desprendidos de la Sierra de Gibralmora (Google Earth)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	C	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general, estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:	Goded, T. (2006): Reevaluación de daños de los terremotos de Málaga de 1494 y 1680. Trabajo de Investigación. Universidad Complutense de Madrid, 152 pps.		
Información Recopilada	*Javier Lario, Facultad de Ciencias (UNED)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST16801009.08.01 *08.01 Vélez-Málaga (Málaga)*	EVENTO	HST16801009 W MÁLAGA. ML	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/9

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
08 / Vélez-Málaga (Málaga)	4°06'3,11"O	36°46'59,77"N	45 m	0,37 km²	44,4 km	E	VIII-IX EMS/7

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Desembocadura del Rio Vélez	Pendiente del terreno	Muy baja (<5%)
Descripción Geológica	Desembocadura del Rio Vélez en la zona de Vélez Málaga, siendo el ápice del "delta-fan" desarrollado ampliamente desde la segunda mitad del s. XV.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Esquistos	Gravas, arenas y arcillas fluviales	Estratificado	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Paleozoico	Holoceno		0,19	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
-	-	-	-	VII

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/9

Descripción: En Vélez-Málaga se describen grandes daños en los edificios. Se cita también: *"La tierra se abrió y tragó el río cercano al pueblo. Luego se volvió a cerrar con gran estrépito, arrojando las aguas con tal violencia que se elevaron más de 10 varas (unos 8,5 metros), por encima de las casas, cuyos tejados se desplomaron al caer las aguas de nuevo".*

Interpretación: Con esta descripción se puede esperar grietas del terreno (en materiales aluviales) mayores de un metro de ancho y varios metros de longitud, ausencia de otros efectos, como desprendimientos, que han sido citados en otros lugares cercanos.

Cuantificación: Se puede inferir una intensidad ESI-2007 de IX.



Río Vélez a su paso por Vélez-Málaga, probable zona de ocurrencia (Google Earth)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	C	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general, estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:	Goded, T. (2006): Reevaluación de daños de los terremotos de Málaga de 1494 y 1680. Trabajo de Investigación. Universidad Complutense de Madrid, 152 pps.		
Información Recopilada	*Javier Lario, Facultad de Ciencias (UNED)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

9.8. HST 17480323 ESTUBENY (Valencia) 1748 AD
Terremoto de Estubeny (Histórico Reciente, Siglo XVIII)

INFORMACIÓN MACROSÍSMICA HST 17480323: ESTUBENY (Valencia). 1748 AD											EFECTOS GEOLÓGICOS	
EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO	
HST 17480323*AD*	6:30	0°38' W	39°2' N	6,2 M*	IX	-	IX	B	B	A	Estubeny. V.	
Tipo de Efectos Catalogados											Número de Fichas 37	21 EEEs 16 EAEs

Imagen Google Earth de la localización de efectos catalogados en la zona epicentral



Información macrosísmica catalogada

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
01.01 Albaida	0°31'14,17"O	38°50'26,28"N	EAE	NO 24,0 km	VI-VII	Sin datos	VII
02.01 Alzira	0°26'0,47"O	39°9'4,74"N	EAE	SO 22,0 km	VII	Sin datos	VII
03.01 Anna	0°38'31,71"O	39°1'19,80"N	GK	NE 1,5 km	VIII	Sin datos	IX
03.02 Anna	1°58'1,69"O	37°20'48,94"N	SM	NE 1,4 km	VIII	Sin datos	IX
04.01 Carcagente	0°27'16,50"O	39°7'29,86"N	EAE	NE 18,6 km	VI	Sin datos	VI
05.01 Chella	0°39'40,15"O	39°2'47,76"N	AW	SE 2,5 km	VIII	Sin datos	VIII
05.02 Chella	0°99'9,63"O	39°2'47,76"N	GK	SE 2,5 km	VIII	Sin datos	VIII
06.01 Cortes de Pallás (Castillo de Chirel)	1°52'58,57"O	39°14'23,91"N	EAE	NO 37,0 km	Sentido	Sin datos	VI
07.01 Enguera (Iglesia)	0°41'14,46"O	38°58'41,46"N	EAE	NE 7,7 km	VIII	Sin datos	VIII
07.02 Enguera (Mingues)	0°40'41,13"O	38°59'25,03"N	GK	NE 6,0 km	Sin datos	Sin datos	IX
08.01 Estubeny	0°37'25,61"O	39°1'3,71"N	GK	NO 1,9 km	IX	Sin datos	IX
08.02 Estubeny (Cabrentá)	0°37'27,69"O	39°1'1,48"N	GK	NO 1,7 km	Sin datos	Sin datos	IX

08.03 Estuneby (Cantalar)	0°38'7,67''O	39°1'39,42''N	SM	NNO 0,7 km	Sin datos	Sin datos	IX
08.04 Estuneby (Cantalar)	0°37'46,99''O	39°1'40,15''N	LQ	NNO 0,7 km	Sin datos	Sin datos	VIII
09.01 Gandía	0°11'2,72"O	38°58'2,16"N	EAE	ONO 39,5 km	Sin datos	Sin datos	VI
10.01 Jávea	0°9'48,26"O	38°47'21,24"N	EAE	NO 75,0 km	Sin datos	Sin datos	V
10.02 Jávea	0°9'48,26''O	38°47'21,24''N	AW	ONO 78,0 km	Sin datos	Sin datos	V
11.01 Manuel	0°29'37,10"O	39°3'9,86"N	EAE	ESE 12,0 km	VII	Sin datos	VII
12.01 Montesa (Castillo)	0°39'9,70"O	38°57'6,17"N	EAE	NNO 9,4 km	IX	Sin datos	VIII
12.02 Montesa (Castillo)	0°39'7,50"O	38°57'5,58"N	OT	NNO 9,4 km	IX	Sin datos	VII
12.03 Montesa (Iglesia)	0°39'12,65"O	38°56'59,47"N	EAE	NNO 9,3 km	IX	Sin datos	VIII
12.04 Montesa	0°39'24,72''O	38°57'4,70''N	SM	NNO 9,3 km	IX	Sin datos	VIII
13.01 Sellent	0°35'13,23''O	39°1'52,27''N	GK	O 4,1 km	IX	Sin datos	IX
13.02 Sellent	0°35'13,23''O	39°1'52,27''N	SM	O 4,1 km	IX	Sin datos	IX
13.03 Sellent	0°35'9,12''O	39°1'51,19''N	EAE	O 4,1 km	IX	Sin datos	VIII
14.01 Simat de la Valldigna (Monasterio)	0°18'18,89"O	39°2'35,09"N	EAE	O 28,3 km	VI-VII	Sin datos	VI
15.01 Sísmicas, Las (Anna)	1°57'43,86"O	37°21'1,80"N	OT	ESE 1,65 km	Sin datos	Sin datos	VIII
16.01 Valencia (Monasterio)	0°22'31,71"O	39°28'31,40"N	EAE	SSO 53,6 km	V	Sin datos	VI
17.01 Vallada	0°41'31,92"O	38°53'41,88"N	EAE	NNO 16,0 km	VII-VIII	Sin datos	VIII
18.01 Valle del Sellent	0°36'12,57"O	39°1'17,42"N	GK	NO 2,9 km	Sin datos	Sin datos	IX
18.02 Valle del Sellent (Deslizamiento)	0°36'8,82"O	39°1'18,10"N	SM	NO 2,9 km	Sin datos	Sin datos	IX
18.03 Valle del Sellent (Desprendimiento)	0°36'3,83"O	39°1'16,51"N	SM	NO 2,9 km	Sin datos	Sin datos	IX
19.01 Xátiva, Sierra Vernisa	0°31'45,53"O	38°58'52,36"N	SM	NO 11,0 km	Sin datos	Sin datos	VIII
19.02 Xátiva, Cantal Gentil	0°31'30,07"O	38°59'7,86"N	SM	NO 11,0 km	VII-VIII	Sin datos	VIII
19.03 Xátiva, Castillo	0°31'4,57"O	38°58'58,46"N	EAE	NO 11,0 km	VII-VIII	Sin datos	VI
19.04 Xátiva, Seo	0°31'18,65"O	38°59'16,79"N	EAE	NO 11,0 km	VII-VIII	Sin datos	VIII
19.05 Xátiva	0°31'18,65"O	38°59'16,79"N	LQ	NO 11,0 km	VII-VIII	Sin datos	VIII

Información macrosísmica complementaria

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
0.01 Ador	0°13'32,83"O	38°55'9,23"N	EMS	NO 37,5 km	Sentido	Sin datos	VI (Zona)
0.02 Alberic	0°31'13,95"O	39°6'59,13"N	EMS	SO 13,4 km	Daños registrados	Sin datos	VII (Zona)
0.03 Alcantera de Xúquer	0°33'38,74"O	39°4'8,38"N	EMS	SO 7,4 km	VII-VIII	Sin datos	VIII (Zona)
0.04 Alcoy	0°28'46,60"O	38°41'58,37"N	EMS	NNO 39 km	V-VI	Sin datos	VI (Zona)
0.05 Alcudia de Crespins	0°35'36,45"O	38°58'23,95"N	EMS	NNO 7,5 km	VII-VIII	Sin datos	VIII (Zona)
0.06 Alfauir	0°15'7,26"O	38°55'44,16"N	EMS	ONO 34,9 km	Daños registrados	Sin datos	VI (Zona)
0.07 Algemesí	0°26'8,93"O	39°11'38,33"N	EMS	SO 24,6 km	Daños registrados	Sin datos	VI (Zona)
0.08 Alicante	0°29'40,48"O	38°21'1,37"N	EMS	N 75,4 km	Sentido	Sin datos	Sin datos

0.09 Almansa	1°5'59,04"O	38°52'21,39"N	EMS	ENE 44,3 km	Sentido	Sin datos	**Sin datos**
0.10 Antella	0°35'30,04"O	39°4'50,61"N	EMS	SO 6,9 km	Daños registrados	Sin datos	**VIII (Zona)**
0.11 Anahuir	0°33'53,33"O	38°58'33,35"N	EMS	NO 8,6 km	VIII	Sin datos	**VIII (Zona)**
0.12 Atzeneta	0°29'51,98"O	38°49'59,28"N	EMS	NNO 25,0 km	VI-VII	Sin datos	**VI (Zona)**
0.13 Ayacor	0°34'27,92"O	38°58'21,20"N	EMS	NNO 8,3 km	VIII	Sin datos	**VIII (Zona)**
0.14 Ayelo de Malferitt	0°35'17,58"O	38°52'40,14"N	EMS	NO 8,4 km	VI-VII	Sin datos	**VII (Zona)**
0.15 Ayora	1°3'27,06"O	39°3'37,81"N	EMS	E 36,7 km	Sentido	Sin datos	**Sin datos**
0.16 Barxeta	0°25'4,58"O	39°1'22,51"N	EMS	O 18,7 km	Daños registrados	Sin datos	**VI (Zona)**
0.17 Berfull	0°26'57,94"O	39°3'26,90"N	EMS	OSO 16,1 km	VI-VII	Sin datos	**VII (Zona)**
0.18 Benexida	0° 32'55,10"O	39°3'32,01"N	EMS	SO 7,8 km	VII-VIII	Sin datos	**VIII (Zona)**
0.19 Benifairó	0°18'11,31"O	39°3'18,57"N	EMS	O 28,7 km	VI-VII	Sin datos	**VI (Zona)**
0.20 Benigamín	0°26'37,45"O	38°56'43,91"N	EMS	NO 19,2 km	Daños Registrados	Sin datos	**VII (Zona)**
0.21 Benisuera	0°28'40,98"O	38°54'48,20"N	EMS	NO 19,0 km	VII	Sin datos	**VII (Zona)**
0.22 Bicorp	0°47'13,69"O	39°8'0,89"N	EMS	SE 17,2 km	Daños registrados	Sin datos	**VI (Zona)**
0.23 Bocairent	0°36'47,98"O	38°45'52,79"N	EMS	N 29,5 km	VII	Sin datos	**VII (Zona)**
0.24 Bolbaite	0°40'25,89"O	39°3'35,71"N	EMS	SE 4,6 km	VII	Sin datos	**VII (Zona)**
0.25 Bufalí	0°30'54,63"O	38°52'5,87"N	EMS	NNO 20,9 km	Daños registrados	Sin datos	**VII (Zona)**
0.26 Canals	0°35'13,24''O	38°57'51,52''N	EMS	NO 8,5 km	VII-VIII	Sin datos	**VIII (Zona)**
0.27 Carcer	0°33'59,56"O	39°4'10,67"N	EMS	SO 7,0 km	Daños registrados	Sin datos	**VIII (Zona)**
0.28 Carricola	0°28'19,78"O	38°50'35,71"N	EMS	NO 25,2 km	Daños registrados	Sin datos	**VI (Zona)**
0.29 Cartagena	0°59'47,95"O	37°37'35,38"N	EMS	NNE 159 km	Sentido	Sin datos	**Sin datos**
0.30 Castellonet	0°15'49,99"O	38°55'2,40"N	EMS	NO 34,38 km	VII-VIII	Sin datos	**VII (Zona)**
0.31 Cerdá	0°34'25,44"O	38°59'12,40"N	EMS	NO 7,2 km	VIII	Sin datos	**VIII (Zona)**
0.32 Cortes de Pallás	0°56'29,13"O	39°14'54,28"N	EMS	SE 35,7 km	Sentido	Sin datos	**V (Zona)**
0.33 Cotes	0°34'32,64"O	39°4'18,89"N	EMS	SO 6,6 km	VIII	Sin datos	**VIII (Zona)**
0.34 Cuatretonda	0°24'7,21"O	38°56'57,84"N	EMS	NO 22,1 km	VI-VII	Sin datos	**VI (Zona)**
0.35 L´Enova	0°28'52,71"O	39°2'42,68"N	EMS	O 13,3 km	Daños registrados	Sin datos	**VII (Zona)**
0.36 Genoves	0°28'0,80"O	38°59'27,06"N	EMS	NO 12,21 km	VI-VII	Sin datos	**VII (Zona)**
0.37 Granja de la Costera	0°33'24,69"O	38°59'49,36"N	EMS	NO 7,8 km	VII	Sin datos	**VIII (Zona)**
0.38 Guadasequíes	0°29'16,87"O	38°55'28,22"N	EMS	NO 17,4 km	VII	Sin datos	**VII (Zona)**
0.39 Jalance	1°4'35,87"O	39°11'25,27"N	EMS	SE 42,1 km	Sentido	Sin datos	**Sin datos**
0.40 Llanera de Ranes	0°34'20,88"O	38°59'32,73"N	EMS	NO 7,0 km	VIII	Sin datos	**VIII (Zona)**
0.41 Llocnou	0°28'2,21"O	39°0'55,46"N	EMS	ONO 15,1 km	Daños registrados	Sin datos	**VII (Zona)**
0.42 Llosa de Ranes	0°32'1,99"O	39°1'8,95"N	EMS	ONO 8,7 km	VI-VII	Sin datos	**VIII (Zona)**
0.43 Millares	0°46'23,45"O	39°14'17,25"N	EMS	SSE 25,7 km	Sentido	Sin datos	**V (Zona)**
0.44 Moixente	0°45'11,76"O	38°52'39,57"N	EMS	NE 19,8 km	VII	Sin datos	**VII (Zona)**
0.45 Montaverner	0°29'34,74"O	38°53'28,47"N	EMS	NO 20,1 km	VII	Sin datos	**VII (Zona)**
0.46 Navarrés	0°41'42,70"O	39°6'9,54"N	EMS	SE 9,2 km	VII-VIII	Sin datos	**VII (Zona)**
0.47 Novetlé	0°32'55,27"O	38°58'50,49"N	EMS	NO 9,3 km	VII-VIII	Sin datos	**VIII (Zona)**
0.48 L´Ollería	0°33'2,67"O	38°54'57,06"N	EMS	NO 14,6 km	VII	Sin datos	**VII (Zona)**
0.49 Ontenient	0°36'23,09"O	38°49'25,76"N	EMS	N 23,3 km	VII	Sin datos	**VII (Zona)**
0.50 Orihuela	0°56'49,92"O	38°4'58,62"N	EMS	NNE 109,3 km	VI	Sin datos	**Sin datos**
0.51 Palma de Gandía	0°9'14,17"O	38°56'27,99"N	EMS	NO 42,7 km	Sentido	Sin datos	**VI (Zona)**

0.52 La Pobla del Duc	0°25'23,64"O	38°54'28,18"N	EMS	NO 22,8 km	VI-VII	Sin datos	**VII (Zona)**
0.53 La Pobla Llarga	0°28'33,73"O	39°5'7,79"N	EMS	OSO 14,8 km	Daños registrados	Sin datos	**VII (Zona)**
0.54 Quesa	0°44'22,24"O	39°7'12,42"N	EMS	SO 13,3 km	Daños registrados	Sin datos	**VI (Zona)**
0.55 Rafelguaraf	0°27'19,52"O	39°3'4,22"N	EMS	OSO 15,6 km	Daños registrados	Sin datos	**VII (Zona)**
0.56 Rafol de Salem	0°23'52,56"O	38°52'6,02"N	EMS	NO 27,5 km	VII	Sin datos	**VII (Zona)**
0.57 Rotglá i Corberá	0°33'54,66"O	39°0'20,03"N	EMS	NO 6,7 km	VII-VIII	Sin datos	**VIII (Zona)**
0.58 Rotova	0°15'28,11"O	38°55'57,38"N	EMS	NO 33,4 km	VI-VII	Sin datos	**VI (Zona)**
0.59 Rugat	0°21'41,51"O	38°52'58,71"N	EMS	NO 28,9 km	Daños registrados	Sin datos	**VII (Zona)**
0.60 San Juan de Enova	0°29'14,06"O	39°4'23,34"N	EMS	OSO 13,4 km	Daños registrados	Sin datos	**VII (Zona)**
0.61 Sempere	0°28'48,92"O	38°55'12,32"N	EMS	NO 18,1 km	VI-VIII	Sin datos	**VII (Zona)**
0.62 Senyera	0°30'39,44"O	39°3'51,23"N	EMS	NO 11,2 km	Daños registrados	Sin datos	**VII (Zona)**
0.63 Simat de Valldigna	0°18'39,45"O	39°2'35,28"N	EMS	O 28,03 km	VI-VII	Sin datos	**VI (Zona)**
0.64 Sorió	0°31'44,02"O	39°0'21,84"N	EMS	ONO 9,5 km	VII	Sin datos	**VII (Zona)**
0.65 Sumacárcer	0°37'53,41"O	39°6'10,91"N	EMS	S 7,7 km	Daños registrados	Sin datos	**VII (Zona)**
0.66 Tavernes de Valldigna	0°15'52,06"O	39°4'31,50"N	EMS	OSO 32,2 km	Daños registrados	Sin datos	**VI (Zona)**
0.67 Torre Cerdá	0°34'37,10"O	38°58'54,95"N	EMS	NO 7,5 km	VII-VIII	Sin datos	**VIII (Zona)**
0.68 Torre Llorís	0°29'21,90"O	39°1'52,68"N	EMS	O 12,5 km	Daños registrados	Sin datos	**VII (Zona)**
0.69 Torrent del Fenollet	0°34'13,46"O	39°0'13,56"N	EAE	NO 6,4 km	VIII	Sin datos	**VIII (Zona)**
0.70 Tosal Nou	0°28'8,40"O	39°2'44,79"N	EMS	O 13,3 km	Daños registrados	Sin datos	**VII (Zona)**
0.71 Valencia	0°22'31,71"O	39°28'31,40"N	EMS	SSO 53,6 km	V	Sin datos	**V (Zona)**
0.72 Vallés	0°33'22,87"O	38°59'8,77"N	EMS	NO 8,5 km	VII-VIII	Sin datos	**VIII (Zona)**
0.73 Villanueva de Castellón	0°30'48,15"O	39°4'38,64"N	EMS	SO 11,5 km	VII	Sin datos	**VII (Zona)**

HST 17480323: ESTUBENY (Valencia). 1748 AD											HISTÓRICO	
FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO	
17480323*AD*	6:30	0°38' W	39°2' N	6,2 M*	IX	-	IX	B	B	A	Estubeny. V.	
Método de datación:		CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Galbis (1932)									Tipo Evento:	HST
Prof. km	-	±EZ	-	±EH-	-	M_o	-	Eventos asociados		RÉPLICAS	Agencia:	IGN
EEE Primarios		NO	Longitud Falla		-	Desplazamiento		-			Tipo Desp.	SIN DATOS
EEE Secundarios		SÍ	Categoría ESI07		☒GK ☒SM ☒LQ ☐HD ☐HA ☒WA ☐TS						Área afectada:	1000 km²
Otros EEE Ambientales		SÍ	☒ OTROS EFECTOS (OT): Colapsos kársticos entre las poblaciones de Anna y Chella (Las sísmicas), desagüe del aljibe del castillo de Montesa.									
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ	☒ EAEs: Destrucción total de las poblaciones de Estubeny, Sellent y Montesa. Daños muy importantes en las poblaciones de Anna, Enguera y Vallada. Colapsos de muros y estructuras, daños parciales en torres y muros y agrietamientos importantes en iglesias y conventos de numerosas poblaciones (Chella, Xàtiva, Alzira, Navarres, Bocairent, Moixent) llegando a producir daños en poblaciones tan alejadas como Valencia y Xàbia.									

Documentación IGN 2002: 29, 160, 165, 166, 211, 273, 275, 280, 312, 335, 348, 405, 421, 426, 454, 504, 545, 556, 558, 571, 600, 623, 635, 1039, 1040, 1043, 1047, 1049, 1074

Referencias bibliográficas básicas:

Alberola Romá, A. (1999): Catástrofe, economía y acción política en la Valencia del siglo XVIII. Diputación de Valencia, 333 pp.

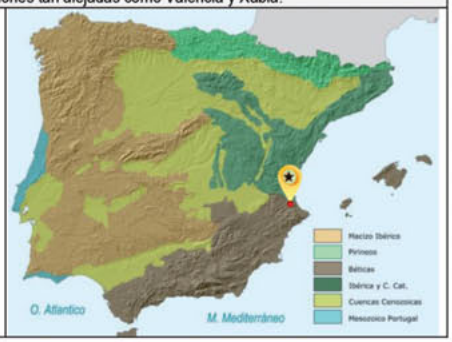
Ameno, Francisco Luis (impresor) (1748): Relaçao do formidauel, e lastimoso terremoto succedido no reino de Valença no dia 23 de Março deste presente anno de...

Carrasco, E.F. (1748): Relación puntual, circunstanciada de la ruinas, y estragos causados por los terremotos, que se sintieron en varias partes del Reyno de Valencia, los días 23 de marzo, y 2 de abril de 1748 .... Imprenta de Joshep Mathias Escribano.

Informe Malespina (1748): Archivo General de Simancas. Secretaría y Superintendencia de Hacienda, legajo 576, Extracto de lo que resulta de los Autos formados en razón de las aberiguaziones que de R.I.

Sarthou Carreres, C. (1937): Datos para la Historia de Játiva. Tomo 2. (páginas 193-219.)

Giner-Robles, J.L. *et al.* (2014): Efectos geológicos y arqueológicos producidos por el terremoto de Estubeny de 1748 AD (SE España). Resúmenes 2ª Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, IBERFAULT II. Lorca, España. Octubre, 2014.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)	
HST 17480323 Estubeny. V	0°38' W	39°2' N	6.2 M*	IX	-	IX	A	Eastern Betic Cordillera (Zone 37)	
EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Alberola (1999), Informe Malespina (1748), Giner-Robles *et al.* (2014).								Event Type:	HISTORIC

GENERAL DAMAGE: Extensive damage to buildings, churches and castles, with almost total destruction of Montesa and towns located in the epicentral area (Estubeny, Sellent). Extensive damage in all types of buildings in Anna, Enguera, Xàtiva and Vallada. A total of 38 deaths was recorded. Part of a seismic series that lasted more than 9 months, which included major aftershocks: intensity VII-VIII EMS on 2th April, and intensity IV-V 3th and 8th April. The main event, which occurred on 23th March, 1748 was felt with intensity IX EMS Estubeny, Sellent and Montesa; EMS VIII in Anna, Enguera, Chella, Anahuir, Cerdá and Llaneras, among others; and VII-VIII EMS Vallés, Rotgla i Corberá, Novetlé, Navarrés, Xàtiva, among other locations. It was felt in such distant locations as Jalance (42 km), Almansa (44 km), Valencia (intensity V, 53 km), Alicante (75 km), Orihuela (intensity VI, 109 km) and Cartagena (159 km).

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Environmental damage by secondary effects over an area of 1000 km² included within the isoseismal zone VII EMS, affecting to the localities of Estubeny, Sellent, Anna, Chella, Enguera, Montesa and Xátiva. Although most of the described effects (ESI ≥ VIII-07) are included in an area of 350 km². More severe geological effects indicate an intensity XI ESI-07 covering an area of about 10 km² in the valley between the towns of Estubeny and Sellent, encompassing the epicenter inventoried by IGN. 21 EEE records for secondary effects and 16 EAE records.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☒ ***7 Ground cracks (GK):*** *Ground Cracks in alluvial materials of decametric length and decimetric width in Enguera (6 km), major cracks in Triassic materials and travertine levels in Anna, Estubeny and Sellent Valley, some with several hundred meters long and decimetric or metric openings. City Sellent was so affected by the cracks that thought change location.*
☒ ***8 Slope movements (SM):*** *Multiple rockfalls in compact rock materials on steep slopes in the valley of Sellent (between Estubeny and Sellent), with significant levels of travertine slides. Major landslides in the Sierra de Vernisa affecting the city of Xàtiva. Minor landslides in the town of Montesa.*
☒ ***2 Liquefaction processes (LQ):*** *Liquefaction associated whit rockfalls impact in the Sellent valley and possible local liquefactions in the city of Xàtiva (11 km).*
☐ ***Hydrogeological anomalies (HD; HA):*** *No Reported.*
☒ ***2 Anomalous waves and tsunamis (2 WA):*** *In the bay area of Xàbia (Jávea, Alicante) the sinking of a fishing boat by the waves induced by the earthquake is documented.*
☒ ***2 Other effects:*** *Possible karst subsidence between populations Chella and Anna (1.7 km) and disappearance of water from one of the tanks of the castle of Montesa appeared without cracks or breaks in its structure (9 km).*
☒ ***16 Archaeoseismic damage:*** *Almost total collapse of populations Estubeny, Sellent and Montesa. Fenced serious damage (church), Xàtiva (Seo and castle) and Enguera (Church).*

☒ ***Geological Data:*** *Earthquake environmental effects identified from the descriptions of the Malespina Report (1748), the earthquake review performed by Alberola (1999) and its recent field review by Giner-Robles et al. (2014). There is any previous geological study on this earthquake.* ***Quality of Geological Information: Class A.***

Research / Data compilation by: *J.L. Giner Robles (UAM), A. Alberola Romá (UA), P.G. Silva (USAL). Updated 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 17480323 Estubeny. V	0°38' W	39°2' N	6,2 M*	IX	-	IX	A	**Prebético externo levantino (Zona 37)**
EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN Ref.: Alberola (1999), Informe Malespina (1748), Giner-Robles *et al.* (2014).								**Tipo de Evento** **HISTÓRICO**

DAÑOS GENERALES: Daños muy importantes en edificaciones, iglesias y castillos, con destrucción casi total de Montesa y de poblaciones situadas en la zona epicentral (Estubeny, Sellent). Daños muy importantes en todo tipo de edificios en Anna, Enguera, Xàtiva y Vallada. Se consignó un total de 38 víctimas mortales. Forma parte de una serie sísmica que duró más de 9 meses, que incluyó importantes réplicas: de intensidad VII-VIII EMS el 2 de abril, y de intensidad IV-V el 3 y el 8 de abril. El evento principal, ocurrido el 23 de marzo de 1748 fue sentido con intensidad IX EMS en Estubeny, Sellent y Montesa; VIII EMS en Anna, Enguera, Chella, Anahuir, Cerdá y Llaneras, entre otros; y VII-VIII EMS en Vallés, Rotgla i Corberá, Novetlé, Navarrés, Xàtiva, entre otras poblaciones. Fue sentido en localidades tan distantes como Jalance (42 km), Almansa (44 km), Valencia (intensidad V, 53 km), Alicante (75 km), Orihuela (intensidad VI,109 km) y Cartagena (159 km).

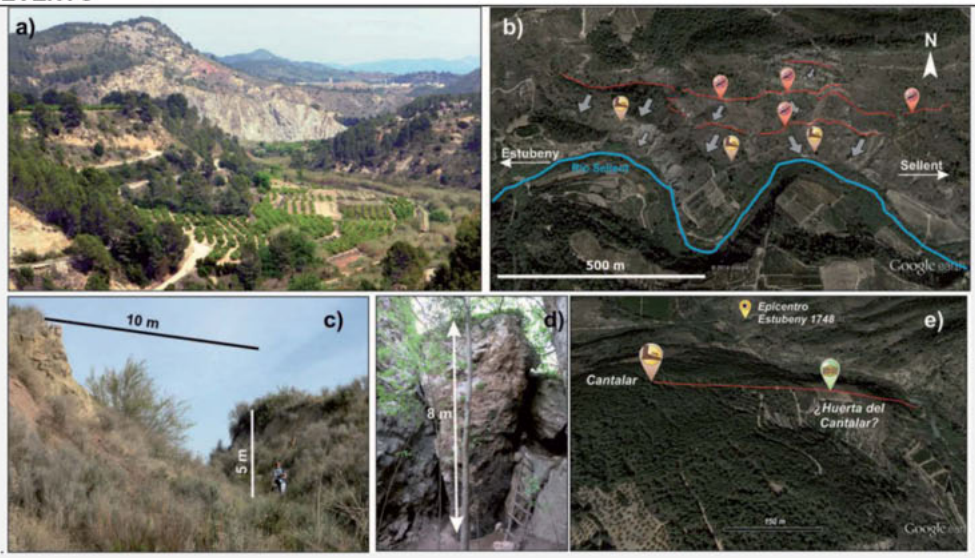
DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Los daños ambientales por efectos secundarios abarcan un área de 1000 km² incluida dentro de la isosista de intensidad VII afectando a las localidades de Estubeny, Sellent, Anna, Chella, Enguera, Montesa, Xàtiva. Aunque la mayor parte de los efectos descritos (ESI-07 ≥ VIII) están comprendidos en un área de 350 km². Los efectos geológicos más severos indican una intensidad XI ESI-07 cubriendo un área de aproximadamente 10 km² en el valle el Sellent entre las poblaciones de Estubeny y Sellent, englobando la localización del epicentro inventariada por el IGN. 21 registros EEE (efectos secundarios) y 16 registros EAE.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☒ ***7 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Grietas en materiales aluviales de longitud decamétrica y anchura decimétrica en Enguera (6 km), importantes agrietamientos del terreno en materiales del Triásico y en niveles de travertinos en Anna, Estubeny y Valle del Sellent, algunas de ellas con varios cientos de metros de longitud y aperturas decimétricas y métricas. La ciudad de Sellent quedó tan afectada por las grietas que se pensó en cambiarla de ubicación.*
☒ ***8 Movimientos de ladera (SM):*** *Múltiples caídas de rocas en materiales rocosos compactos en laderas abruptas en el valle del Sellent (entre Estubeny y Sellent), con importantes deslizamientos de niveles de travertinos. Importantes desprendimientos en la Sierra de Vernisa que afectaron a la ciudad de Xàtiva. Desprendimientos de menor importancia en la población de Montesa.*
☒ ***2 Procesos de licuefacción (LQ):*** *Licuefacciones asociadas a impactos de bloques desprendidos en el valle del Sellent y posibles licuefacciones locales en la ciudad de Xàtiva (11 km).*
☐ ***Anomalías Hidrogeológicas (HD; HA):*** *No Registradas.*
☒ ***2 Oleaje Anómalo y Tsunamis (2 WA):*** *Desaparición del agua del río Sellent como consecuencia del agrietamiento del cauce. En la zona de la bahía de Xàbia (Jávea, Alicante) se documenta el hundimiento de una barca de pescadores por el oleaje inducido por el terremoto.*
☒ ***2 Otros efectos:*** *Posibles hundimientos kársticos entre las poblaciones de Chella y Anna (1,7 km) y desaparición del agua de una de las cisternas del castillo-convento de Montesa sin que aparecieran grietas o roturas en su estructura (9 km).*
☒ ***16 Efectos arqueosismológicos:*** *Colapso casi total de las poblaciones de Estubeny, Sellent y Montesa. Graves daños en Vallada (iglesia), Xàtiva (Seo y Castillo) y Enguera (Iglesia).*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Los efectos documentados se identifican en el informe Malespina (1748), en la posterior revisión del terremoto realizada por Alberola (1999) y su reciente revisión de campo (Giner-Robles et al., 2014). No existe ningún trabajo geológico anterior sobre el mismo.* ***Calidad de la Información Geológica: Clase A.***

Investigación / Compilación de la información: *J. L. Giner Robles (UAM), A. Alberola Romá (UA), P.G. Silva (USAL). Actualizado 2017.*

IMAGEN EVENTO



Diferentes imágenes de los efectos inventariados en el valle del río Sellent (zona de intensidad máxima, IX ESI). a) vista del valle desde el oeste; b) Grietas, desprendimientos y deslizamientos inventariados; c) aspecto de una de las grietas en la zona del valle y (d) en la zona de Estubeny; e) desprendimientos y licuefacción por impacto en la zona oeste del valle (Cantalar).

DESCRIPCIÓN
HST 17480323: ESTUBENY (Valencia). 1748 AD **DATOS GALBIS**

Descripción de Galbis (1932). Terremoto Nº 244: *1748 AD*

23 de marzo y 2 de abril.-A las 6 h. 15 m. ocurrió en el reino de Valencia uno de los mayores terremotos que se registran en dicha región. Se hundió completamente el castillo-convento de la Orden de Montesa, ***abriéndose la peña que lo sustentaba*** y sepultando entre sus ruinas 18 religiosos; cuentase que el Prior del Socorro de la Orden de San Agustín, que iba de viaje en dirección a Valencia, ***vio abrirse la tierra y quedar en ella sepultado el criado que le acompañaba***.

Játiva fue una de las ciudades que experimentaron mayores estragos, quedando muchos de sus edificios, iglesias y conventos convertidos en ruinas; duró unos 15 s., no habiendo que lamentar desgracias personales. El terremoto se repitió el día 2 de abril, con mayor violencia, si cabe, que el día 23.

En la villa de Enguera se hundieron el día 23 muchas casas y la iglesia, donde pereció el cura y otras dos personas, y el día 2 cayeron 108 casas, ocurriendo muchas desgracias personales, siendo necesario abandonar el resto de los edificios por encontrarse en ruina.

La villa de Anna vio caer su iglesia el día 23, y el día 2 algunas casas. En Manuel y Novelé el terremoto del día 2 quebrantó todas las casas, y lo mismo ocurrió en Canales (Castellón). En la villa de Vallada se resintieron todos los edificios, incluso la iglesia. Alcudia de Veo (Castellón) quedó totalmente en ruinas el día 23, menos el campanario, que se hundió el día 2, así como el palacio señorial. En Torrente se desplomaron siete casas y la iglesia, sepultando entre sus ruinas 23 personas, de las cuales cinco murieron. En Estubeny se hundieron siete casas y el palacio. Rotglá y Corvera quedaron totalmente destruidas.

Estos datos están tomados de manuscritos existentes en el Palacio Arzobispal de Valencia bajo el rótulo de Papeles Varios. Existe también una relación de este terremoto escrita por Vicente Ximeno, y publicada en el mismo año por José Esteban Dolz, que menciona Fúster en su Biblioteca Valenciana.

Referencias de Galbis (1932). Terremoto Nº 244: 1748 AD

Cavanilles, J. (1797). Historia Natural y Geográfica del Reino de Valencia. Tomo I

Moreira de Mendonça, J. J. (1758): Historia universal dos terremotos que tem havido no mundo, de que ha noticia, desde a sua creaçao ate o seculo presente. Offic. Antonio V. de Silva. Lisboa, p. 272., pág. 109.

Sánchez Navarro-Neumann, M. (1921): Lista de los terremotos más notables sentidos en la península Ibérica desde los tiempos más remotos, hasta 1917, inclusive, con ensayo de agrupación en regiones y períodos sísmicos. La Estación Sismológica y el Observatorio Astronómico y Meteorológico de Cartuja (Granada).

INTERPRETACIÓN **ANÁLISIS DE DATOS**

HST 17480323: ESTUBENY (Valencia). 1748 AD

Jorge L. Giner Robles, Departamento de Geología y Geoquímica, Universidad Autónoma de Madrid.

EEE. Efectos Geológicos y Ambientales del Terremoto de Estubeny de 1748 AD

El terremoto del 23 de Marzo de Estubeny (Valencia) (IX EMS), constituye el evento principal de una serie sísmica con réplicas documentadas en crónicas de la época y catalogadas por el IGN: el 28 de marzo, el 2 de Abril a las 21:30 (VII-VIII EMS), el 3 de Abril a la 3:30 (IV-V EMS), el 8 de abril a las 20:45, el 9 de abril de madrugada y el 5 de mayo a las 15:45 (IV-V EMS) y a las 21:45.

En algunas zonas como Montesa y Xátiva, se hace mención de numerosas réplicas de pequeña intensidad (solo se documentan por la noche) desde el día del evento principal (23 de marzo) hasta bien pasado la mitad del mes de mayo (Borja, 1928). Según algunos autores (Alonso y Boluda, 1992) la serie sísmica solo se extendió a largo los dos meses siguientes al evento principal; no obstante, en algunos documentos y escritos se describen eventos de baja intensidad a lo largo de los meses posteriores, como es el caso de Cavanilles (1797): "*En quando en quando se renovaban los temblores, y siguió la inquietud diez y ocho meses, hasta que la tierra recobró su antiguo estado*" (aunque no cita sus fuentes); o de Villalmanzo (1985) que extracta del Archivo del Reino de Valencia una crónica de la ciudad de Albaida de 1749: "*casi todo el año 48 duró el sentirse algunos, pero no tan fuertes, y por muchos días se sintió temblar continuamente la tierra*". A nuestro parecer y considerando la intensidad del evento principal del 23 de marzo (IX EMS) y del evento del 2 de abril (VII-VIII EMS) parece lógico pensar que la actividad sísmica pudiera haberse extendido por lo menos hasta diciembre de ese año (un mínimo de 9 meses).

Las localidades con mayor intensidad registrada (IX EMS) fueron Montesa, Estubeny y Sellent, poblaciones que quedaron prácticamente destruidas por los terremotos. El hecho de que no existiera un mapa de isosistas (intensidad MSK) de este terremoto, ha permitido la propuesta de diferentes localizaciones del epicentro macrosísmico del evento principal.

Desde su ocurrencia hasta más de dos siglos después se le conoció como el terremoto de Montesa ya que, de las ciudades más dañadas por los terremotos, la más importante era la villa de Montesa, sede de la Orden de Montesa, una de las órdenes religiosas y militares más importantes de la época. Los terremotos afectaron de forma especialmente severa al castillo-monasterio de la orden, que fue prácticamente destruido por los terremotos, además de que fue en esta fortaleza donde se produjo el mayor número de fallecidos como consecuencia de los terremotos (26 muertos, 21 en la fortaleza y 5 en la población, de un total de 38 víctimas que produjo la serie sísmica en toda la zona afectada). Posteriormente, en algunos documentos y publicaciones se le comenzó a llamar terremoto de Enguera, ya que es la población más cercana a la localización intermedia entre las poblaciones con mayor intensidad EMS registrada: entre Estubeny y Sellent al norte y Montesa al sur. Finalmente, en los últimos años, con las nuevas relocalizaciones del epicentro macrosísmico (Martínez Solares y Mezcua, 2002 y Mezcua *et al.*, 2004) mucho más próximas a las localidades de intensidad IX EMS situadas al norte (Estubeny y Sellent), se rebautiza el sismo con el nombre de terremoto de Estubeny.

De los documentos consultados, los más completos y fidedignos son los documentos que aquí referimos como Informe Malespina (1748). En este conjunto de documentos recopilados por Alberola (1999) se consignan los datos recopilados por el Intendente Don Francisco Driget, Marqués de Malespina, que recopiló entre los días 4 de mayo y 7 de junio de 1748 (40 días después del evento principal) durante la visita que realizó a la zona afectada para valorar los daños de las poblaciones más afectadas por el terremoto (80 poblaciones) (Archivo General de Simancas). Es importante señalar, que después de su viaje, el intendente refería en una carta al Marqués de la Ensenada, Secretario de Hacienda "*por lo que espero que V. E. se sirva permitirme decir el que habiendo sido los abultados manifiestos y noticias divulgadas de las ruinas de los insinuados terremotos, con ponderación de crecidísimo importe, en términos que a solo un Pueblo se le señalaba la cantidad de 92.000 Libras, dando asenso a los testimonios y papeles que las Justicias remitían con el fin de evaluar los daños, han quedado en la verdad y realidad reducidos a lo que últimamente manifiesto en el sumario*", evidenciando las exageraciones de los daños en los primeros informes recibidos.

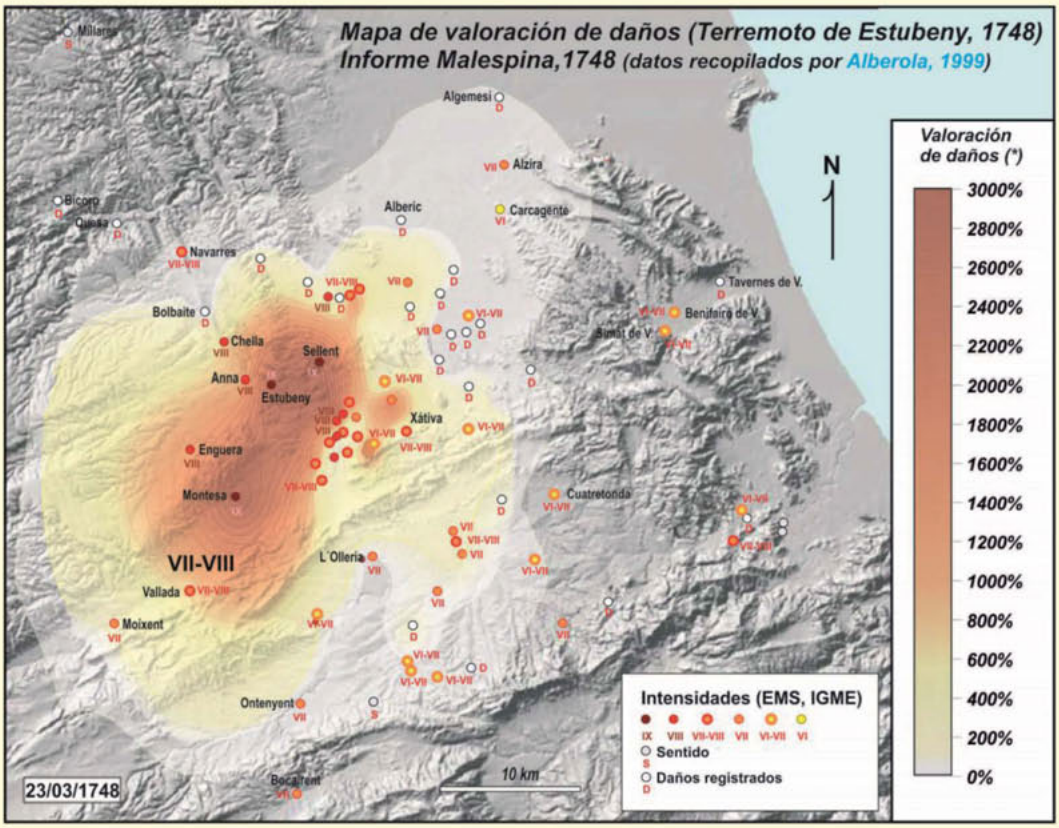
El intendente Marqués de Malespina elaboró un informe de los daños observados en todas las poblaciones afectadas por el terremoto (Alberola, 1999). Los daños fueron cuantificados en libras, estableciéndose también el valor equivalente (también en libras) que aportaba anualmente cada población a la corona en concepto de impuestos. En el mapa de valoración de los daños producidos por el terremoto de Estubeny de 1748, se establece el porcentaje de daños en comparación con el equivalente de impuestos, es decir, el 100% de daños implicaría que la valoración de los daños era igual a la cantidad anual que se tenía que abonar en concepto de impuestos y diezmos. Las poblaciones de Estubeny, Montesa y Sellent fueron consideradas como ruina total por el intendente y no se estableció valoración de daños, en este gráfico se les ha asignado un valor del 3000%, valor algo superior al establecido para la población de Torrent de la Costera (valor más alto definido) (datos recopilados por Alberola, 1999) (en el mapa también se incluyen las intensidades EMS recopiladas por el IGN).

Si bien a la vista de los documentos la valoración del intendente parece haber sido muy exacta, hay que destacar que en algunas poblaciones no se valoraron algunos daños, como puede ser el caso de la población de Xàtiva que no se consideraron los daños en el castillo de la ciudad, dado su abandono

desde la Guerra de Sucesión, y su poco valor estratégico; o las infraestructuras externas a las poblaciones de carácter privado como molinos, fueron eliminados de la valoración por el intendente, ya que entendía que correspondía a sus dueños la reparación de los daños. En otras poblaciones en las que por estar en periodo de abandono como es el caso de Miraltbo, el intendente tampoco consideró necesario valorar los daños. En esta documentación no se hace referencia sistemática a los efectos en el terreno del terremoto, pero sí que se hacen descripciones, en algunos casos muy detalladas, de efectos localizados en las poblaciones más afectadas (sobre todo a las poblaciones situadas en el valle del Sellent o próximas a él: Sellent, Estubeny, Anna y Chella).

Además, y vistos los importantes daños que observó el intendente en otras poblaciones, debió pasar por alto pequeños desperfectos en algunas poblaciones que, si bien en su informe no tenían cabida, podrían aportar información sobre intensidades de alguna población (VI y VII MSK). Este hecho también podría explicar las contradicciones observadas entre la información referida por el intendente y otras crónicas y documentos que refieren daños, como puede ser el caso del monasterio de Simat de la Valldigna, al que el intendente asigna como estructura sin daños, mientras que en otros documentos (Sarthou, 1937) se refiere a daños relativamente importantes en algunas dependencias de este monasterio (palacio prioral, celda del abad y biblioteca).

Independientemente de las posibles contradicciones de algunas informaciones, y dada la inexistencia de un mapa de isosistas de este terremoto, la construcción del mapa de daños en función de las valoraciones del intendente nos ha permitido establecer una base de partida para establecer la extensión e intensidad de los daños producidos por estos eventos.



Mapa de valoración de daños obtenido a partir de la valoración de daños realizada por el intendente Malespina en 1748 (datos recopilados por Alberola, 1999).

Del análisis de los datos aportados por diferentes panfletos (Ameno, 1748; Faure, 1748; Felix, 1748; Granja, 1748 y Teixidor, 1748), informes (Informe Malespina, 1748), crónicas (Sarthou, 1922 y 1937) y artículos (Alonso y Boluda, 1992; Villalmanzo, 1985) se pueden inventariar diferentes tipos de efectos ambientales y geológicos (EEE) producidos por el terremoto de Estubeny: agrietamientos del terreno (GK), movimientos en masa (SM), licuefacciones (LQ), alteración de las aguas en ríos y lagunas (AW) y otros efectos secundarios (OT) como colapsos kársticos, así como diferentes tipos de efectos arqueológicos (EAE).

Todos los efectos consignados de intensidad ≥ VIII ESI-07 se sitúan a una distancia epicentral de menos de 12 km, localizados esencialmente en las localidades de Anna, Chella, Enguera, Montesa, Xàtiva, Estubeny y Sellent. Las dos últimas localidades se sitúan en el Valle del Sellent con distancias epicentrales iguales o inferiores a los 3 km y donde la cuantificación de los efectos consignados indica el registro de intensidades máximas de IX ESI-07 al menos para dos efectos: a) desarrollo de grietas, en

algunos casos de varios centenares de metros, en diferentes tipos de materiales (muchas de ellas asociadas a deslizamientos); y b) deslizamientos y desprendimientos de bloques decamétricos en valle del río Sellent. Estos datos indican que el área macrosísmica con Imax IX ESI-07 se situaría en la zona del valle del río Sellent, englobando las localidades de Estubeny y Sellent.

La única población con registro de intensidad IX EMS fuera de la zona de Imax definida es la localidad de Montesa. La ausencia de descripciones referidas a efectos naturales importantes ocurridos en esta población y sus alrededores, parece indicar que la intensidad EMS podría estar sobrevalorada, ya que las intensidades ESI que se pueden determinar en esta población no superan el grado VIII.

La sobrevaloración de la intensidad EMS puede deberse fundamentalmente a tres causas:

a) Junto con Xàtiva, fue una de las poblaciones más importantes de la zona afectadas por el terremoto, además de ser la sede de la Orden de Montesa y haberse producido la práctica total destrucción de la fortaleza; y sin contar que en esta localidad se produjo un número de víctimas muy elevado (26 muertos, casi el 70% de los fallecidos en los terremotos).

b) Según las crónicas y documentos consultados una parte de la destrucción producida en la población se produjo como consecuencia del colapso de la estructura del castillo-monasterio sobre esta localidad (en su mayor parte fragmentos del lienzo sur de la muralla exterior del recinto defensivo y los restos del colapso de la iglesia y de las dependencias del castillo situadas al sur de la fortaleza), colapsos que amplificaron mucho los daños que se produjeron en la zona norte de la ciudad: "*También ha alcanzado en mucha parte esta desgracia a la Población, pues por la violencia del terremoto y por las ruinas del Castillo está casi destruida del todo*" (Carrasco, 1758). Tal y como apunta Martínez-Solares (2011), la amplificación de los daños por la caída de las ruinas del castillo sobre la población pudo inducir a localizar erróneamente el epicentro macrosísmico en esta localidad.

c) Y por último, la ciudad de Montesa es una de las ciudades en la que se documentan los mayores daños producidos por la réplica del 2 de abril (incluso con un fallecido más), por lo que los daños consignados serían la suma de los efectos de los dos terremotos principales de esta serie. A nuestro parecer, e independientemente de la intensidad alcanzada en esta población (IX EMS, VIII ESI), los daños producidos en la ciudad de Montesa están claramente amplificados por la situación de la población, al pie de la elevación en la que se sitúa el castillo, y que gran parte de los efectos considerados por algunos autores como fenómenos gravitaciones asociados al sismo, son el resultado del colapso de la fábrica del castillo sobre la población; por lo que creemos suficientemente justificado su exclusión de la zona de intensidad máxima.

En cuanto a la situación epicentral en referencia a las zonas de intensidades definidas, resaltar que la posición del evento consignada por Martínez Solares y Mezcua (2002) se localiza en la zona definida como de intensidad máxima (IX ESI). Otros autores (Mezcua *et al.*, 2004) sitúan el epicentro a 7 km al NE, entre las poblaciones de Cotes y Càrcer, localización claramente situada en la zona de intensidad ESI VIII, y alejada de los principales efectos cuantificados como de intensidad IX.

Los EEE catalogados indican que el epicentro macrosísmico del evento del 23 de marzo de 1748 se situaría en el entorno del Valle del Sellent en los alrededores de las localidades de Estubeny y Sellent, situación congruente con la localización del evento listada en el catálogo del IGN (Martínez Solares y Mezcua, 2002). En cuanto a su localización con respecto a las principales estructuras tectónicas de la zona, cabe destacar que García Mayordomo sitúa, en la zona del epicentro, morfolineamientos orientados según ENE-OSO (García-Mayordomo, 2005); además la zona de intensidad máxima se sitúa a unos 9 km al norte de la traza de la falla de Jumilla (sector Valencia), en la zona de confluencia de los segmentos Caudete-Xàtiva y Xàtiva-Tavernes (García-Mayordomo *et al.* 2012; García-Mayordomo y Jiménez-Díaz, QAFI, 2014).

Así pues, los efectos geológicos más importantes de intensidad IX ESI-07 se registraron en una zona lineal de aproximadamente 5 km de longitud a lo largo del valle del río Sellent entre las poblaciones de Estubeny y Sellent, abarcando un área aproximada de 10 km2. Se alcanzó intensidad VIII ESI-07 en una zona aproximada de 300 km^2, englobando las poblaciones de Cotes al norte, Xàtiva al este, Vallada al sur y Enguera y Chella al oeste (esta zona queda limitada al sur por la falla de Jumilla).

Se alcanzó intensidad VII ESI-07 en una zona de aproximadamente 1000 km^2, englobando desde Alzira situada al norte de la zona epicentral, hasta Bocairent al sur. Hacia el este, esta zona queda limitada por la población de Berfull, aunque es importante señalar la extensión lineal de esta zona hacia el este incluyendo las poblaciones de Rafol de Salem y Castellonet, zona coincidente con lineaciones estructurales señaladas por García-Mayordomo (2005). Hacia el oeste, la ausencia de poblaciones en el Macizo del Caroig, ha impedido definir adecuadamente la extensión de esta zona en esa dirección, por lo que nuevas informaciones podrían modificar la extensión de las zonas de intensidad ESI VI y VII hacia el oeste.

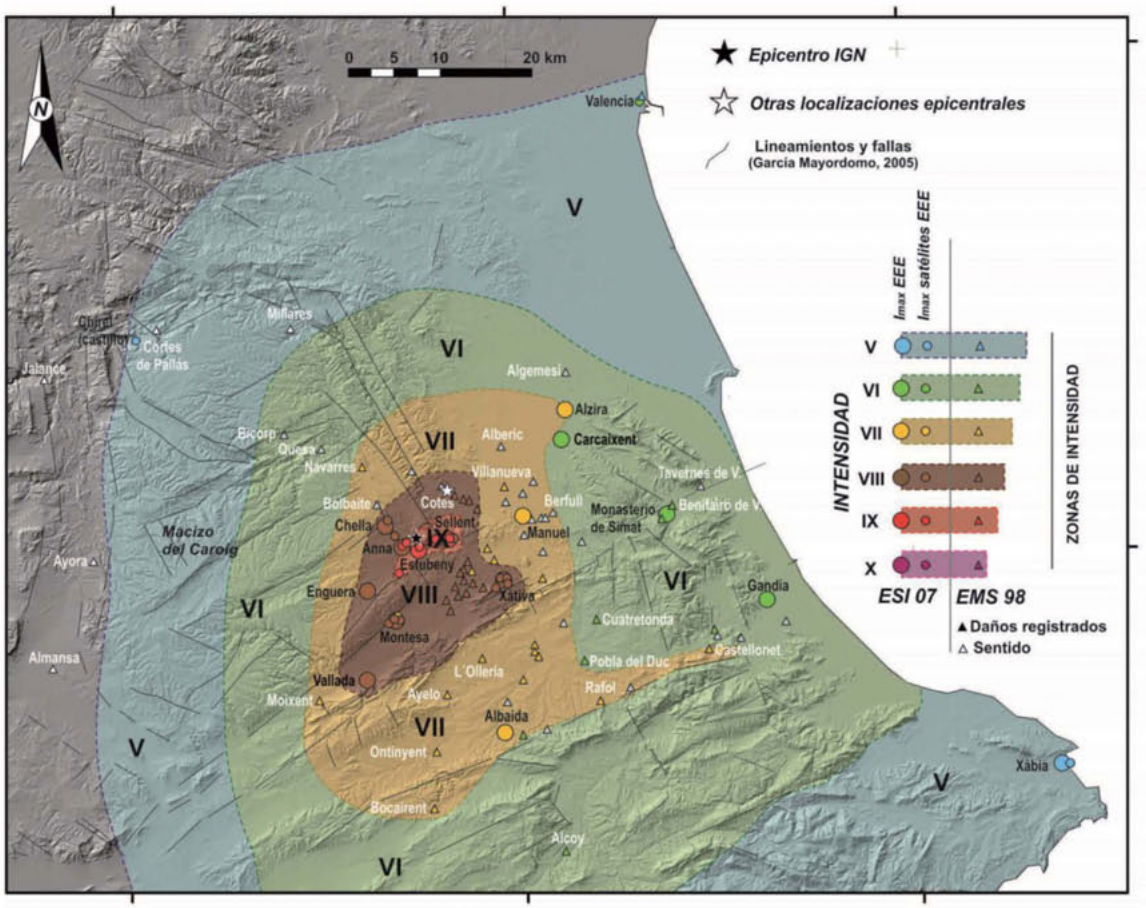
En general, estas áreas se corresponden aproximadamente con las establecidas en el análisis de daños a partir del Informe Malespina (1748): la zona de intensidad VIII se puede asimilar con la zona con poblaciones con más de un 700% de daño (porcentaje del equivalente, ver mapa valoración de daños; Informe Malespina), mientras que la zona de intensidad VII engloba aproximadamente a las poblaciones con daños calculados entre el 50% y el 700%.

Por último, es importante señalar que los efectos geológicos (EEE) consignados y catalogados se produjeron en su totalidad como consecuencia del terremoto principal del 23 de Marzo. En cuanto a los efectos arqueológicos (EAE) solo se han consignado aquellos de los que se podía obtener una orientación de la máxima deformación a partir de los daños producidos (Giner-Robles *et al.*, 2011), o bien aquellos que pudieran aportar datos sobre los límites de las zonas de intensidad; y todos ellos,

excepto el situado en Albaida (colapso de la Puerta de la Trinidad de la muralla de la población; Villalmanzo, 1985), se produjeron como consecuencia del evento principal, ya que en la documentación consultada solo se hace referencia al agravamiento de los daños ocurridos en las edificaciones por las réplicas más importantes (principalmente la del 2 de abril) y no a la aparición de nuevos efectos arqueosismológicos o geológicos.

DISTRIBUCIÓN DAÑOS ESI-07/EMS-98
HST 17480323: ESTUBENY (Valencia). 1748 AD
EFECTOS GEOLÓGICOS

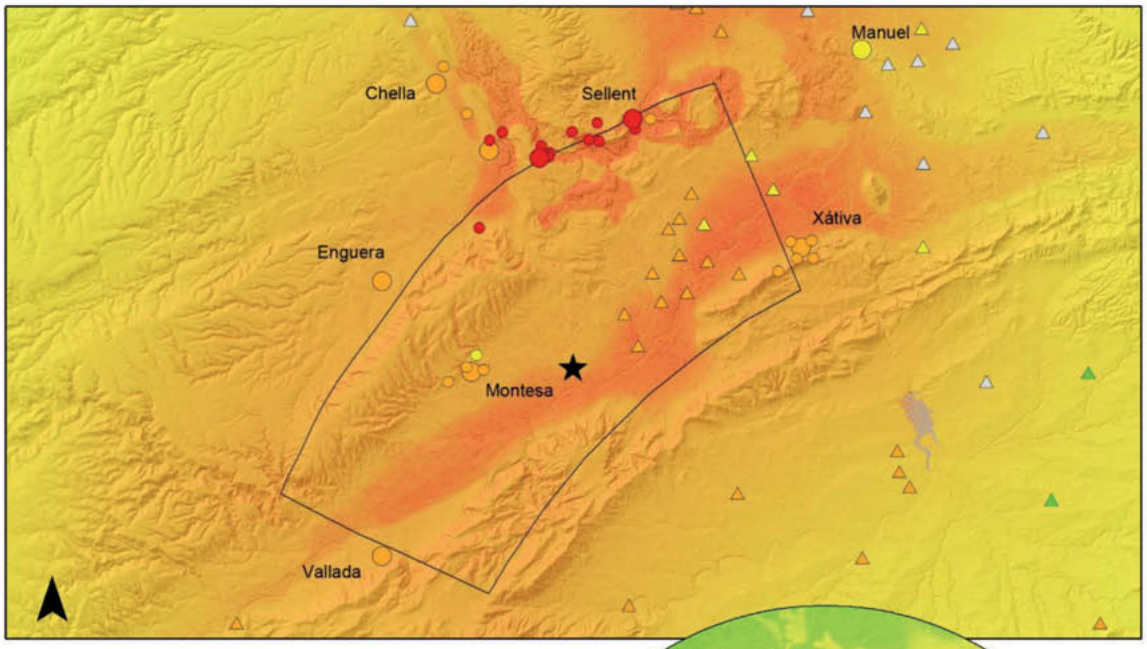
EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
HST 17480323AD	6:30	0°38' O	39°2' N	6,2 M*	IX	-	IX	B	B	A	**Estubeny. V.**



SHAKE MAP ESI-07/EMS-98
HST 17480323: ESTUBENY (Valencia). 1748 AD
ACELERACIÓN DEL TERRENO

EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
HST 17480323AD	6:30	0°38' O	39°2' N	6,2 M*	IX	-	IX	B	B	A	**Estubeny. V.**

Fuente sísmica modificada de: Giner-Robles *et al.* (2015 y 2016).	**Mw calculada**: 6,5	**Relación empírica**: Wells y Coppersmith (1994).	**GMPE**: Wald *et al.* (2005) modificada según Silva *et al.* (2016).

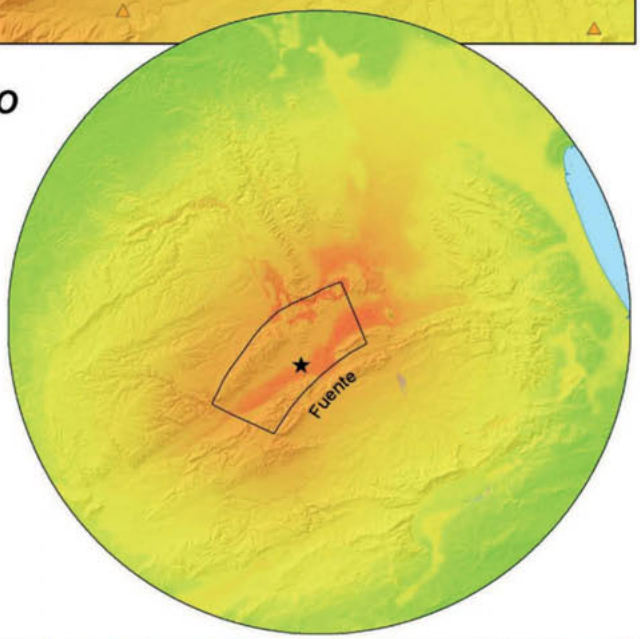


ESCENARIO

Datos del Modelo

Falla inversa, angulo bajo, buzamiento SE
Longitud de la fuente 21,5 km

PGAmax 0,76g
PGA en Chella 0,56g
PGA en Sellent 0,62g
PGA en Xativa 0,44g
PGA en Manuel 0,28g
PGA en Vallada 0,42g



Efectos Edificaciones										
MMI (USGS)	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
SACUDIDA	Ligera	Moderada	Fuerte	Muy Fuerte	Severa	Violenta	Muy Violenta	Extrema	Extrema
DAÑO	Ninguno	Muy Ligero	Ligero	Moderado	Severo	Destructivo	Muy Destructivo	Devastador	Totalmente Devastador
PGA (g)	0,014	0,039	0,092	0,18	0,34	> 0,65			

Efectos Geológicos										
EEE PRIMARIOS	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Muy raros	Raros	Apreciables	Significativos	Importantes	Muy Importantes
EEE SECUND.	Ligeros	Marginales	Moderados	Apreciables	Significativos	Importantes	Muy Importantes	Devastadores	Totalmente Devastadores
AREA AFECTADA			c. 1 km²	≤10 km²	≤100 km²	≤1000 km²	≤5000 km²	≤10.000 km²	≥50.000 km²
ESI-07	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII

REFERENCIAS **DATOS**
HST 17480323: ESTUBENY (Valencia). 1748 AD **BIBLIOGRÁFICOS**

Autor: Jorge L. Giner Robles, Departamento de Geología y Geoquímica, Universidad Autónoma de Madrid.

Bibliografía Terremoto de Estubeny de 1748 AD

Alberola Romá, A. (1999): Catástrofe, economía y acción política en la Valencia del siglo XVIII. Diputación de Valencia, 333 pp.

Alonso Llorca, J. y Boluda Perucho, A. (1996): Runes i rogatives: els terratremols del 1748 a Xàtiva. Papeles de la Costera, 7-8, 83-94.

Ameno, Francisco Luis (impresor) (1748): Relaçao do formidauel, e lastimoso terremoto succedido no reino de Valença no día 23 de Março deste presente anno de 1748 e dos horrorosos estragos, e lamentaveis ruinas, que tem padecido a Ciuda de de Valença e mais lugares circumvisinhos Lisboa: na officina de Francisco Luiz Ameno.

Archivo General de Simancas, Guerra Moderna, leg. 1315 (1748): Relación circunstanciada de la ruina que ha ocasionado en la Villa y Castillo de Montesa el terremoto que se sintió y duró por espacio de dos minutos, con corta diferencia, en el día 23 de marzo a las seis y media de la mañana, con diferentes repeticiones de menos fuerza hasta el 26 del mismo.

Archivo Histórico de Xátiva: Libro de determinaciones del Ilustre Cabildo de la Ciudad de San Felipe 1745-1748.

Archivo Histórico Nacional (1748): Relación del terremoto y sus efectos, que padeció el Sacro Convento de Montesa el día 23 de marzo de este año 1748.

Borao Moreno, M.D. (2011): El castillo-convento de Montesa. Proyecto fin de grado. Universidad Politécnica de Valencia.

Borja, P. (1928): Novenario a Nuestra Señora de Montesa.

Carrasco, E.F. (1748): Relación puntual, circunstanciada de las ruinas, y extragos causados por los terremotos, que se sintieron en varias partes del Reyno de Valencia, los días 23 de marzo, y 2 de abril de 1748 sacada de las noticias testimoniales, remitidas por los gobernadores, corregidores y justicias al Excmo. Señor Duque de Caylús Gobernador y Capitán General de este dicho reyno y de Murcia .Imprenta de Joshep Mathias Escribano.

Cavanilles, A. (1795): Observaciones sobre la Historia Natural, Geografía, Agricultura, población y frutos del reyno de Valencia. Tomo 1, pp: 229-230.

Faus Prieto, A. (1989): Los terremotos de 1748 en el antiguo Reino de Valencia. Documentos de base y notas para su estudio. Cuadernos de Geografía, 45, 35-50.

Ferrán y Salvador, V. (1926): El Castillo de Montesa, pp.131-140.

Galbis Rodríguez, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5ºE y 20ºW de Greenwich y los paralelos 45º y 25ºN. Dirección General del Instituto Geográfico, Catastral y de Estadística. Tomo I.

García-Mayordomo, J. (2005): Caracterización y análisis de la peligrosidad sísmica en el sureste de España. Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 373 pp.

García-Mayordomo, J., Insua-Arévalo, J.M., Martínez-Díaz, J.J., Jiménez-Díaz, A., Martín-Banda, R., Martín-Alfageme, S., Álvarez-Gómez, J.A., Rodríguez-Peces, M., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Masana, E., Perea, H., Martín-González, F., Giner-Robles, J., Nemser, E.S., Cabral, J., QAFI Compilers (2012): The Quaternary Active Faults Database of Iberia (QAFI v.2.0). Journal of Iberian Geology, 38 (1): 285-302.

Granja, Cosme (impresor) (1748): Verdadera relación de los estragos, sustos, ruinas, y funebres sucessos, que se experimentaron e[n] el día 23 de marzo del presente año de 1748, en la villa y Castillo de Nuestra Señora de Montesa ... en la ciudad de San Felipe, y ... Reyno de Valencia.

Giner-Robles, J.L., Silva Barroso, P.G., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Bardají Azcárate, T., Garduño-Monroy, V.H., Lario Gómez, J. (2011) - Evaluación del daño sísmico en edificios históricos y yacimientos arqueológicos. Aplicación al estudio del riesgo sísmico. Proyecto EDASI. Serie Investigación. Fundación MAPFRE, 96 pp.

Giner-Robles, J.L., Silva, P.G., Alberola Romá, A., Rodríguez-Pascua, M.A., Pérez-López, R. (2014): Efectos geológicos y arqueológicos producidos por el terremoto de Estubeny de 1748 AD (SE España). Resúmenes 2ª Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, IBERFAULT II. Lorca, España. Octubre, 2014.

Hernández-Pacheco, E. (1923): La montaña de Valencia. Bosquejo geográfico geológico del macizo del Caroche, Real Academia de Ciencias, 22, 306-322.

Informe Malespina (1748): Archivo General de Simancas. Secretaría y Superintendencia de Hacienda, legajo 576, Extracto de lo que resulta de los Autos formados en razón de las aberiguaziones que de R.I. Orn. se han executado, de las Ruynas causadas por los terremotos acaezidos desde el día 23 de Marzo pasado, con expression del costo que se ha considerado por los expertos podrán tener sus reparos y de los acaecimientos singulares que ha habido.

Madoz, P. (1845 -1850): Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus posesiones de Ultramar. 16 Tomos, Madrid (tomo XI, pag. 554): http://www.diccionariomadoz.org/

Martínez, Alfonso (impresor) (1748): Segunda relación de las noticias, que últimamente se han recibido de los estragos causados en todo el Reyno de Valencia desde el día veinte y tres de Marzo ... de este año de 1748.

Martínez Solares, J.M., Mezcua, J. (2002): Catálogo Sísmico de la Península Ibérica (880 a.C. – 1900). Monografías IGN, 18. IGN, Madrid (Spain), 253 pp.

Martínez Solares, J.M. (2011): Sismicidad pre-instrumental. Los grandes terremotos históricos en España. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 19 (3): 296-304.

Mezcua, J., Martínez Solares, J.M. (1985): Sismicidad del area Ibero-Mogrebi. Instituto Geográfico Nacional (IGN). Publicación 203. Madrid. 301 pp.

Mezcua, J., Rueda, J. y García blanco R.M. (2004): Reevaluation of Historic Earthquakes in Spain. Seismological Research Letters, 75, 1, 75-81.

Moreira de Mendonça, J.J. (1758): Historia universal dos terremotos que tem havido no mundo, de que ha noticia, desde a sua creaçao ate o seculo presente. Offic. Antonio V. de Silva. Lisboa, p. 272., pág. 109.

Sánchez Navarro-Neumann, M. (1921): Lista de los terremotos más notables sentidos en la península Ibérica desde los tiempos más remotos, hasta 1917, inclusive, con ensayo de agrupación en regiones y períodos sísmicos. La Estación Sismológica y el Observatorio Astronómico y Meteorológico de Cartuja (Granada). Memorias y trabajos de vulgarización científica. pp. 11-65.

Sarthou Carreres, C. (1922): Los terremotos de 1748: un capítulo de la historia de Játiva. Folletín de El Progreso, Játiva.

Sarthou Carreres, C. (1937): Datos para la Historia de Játiva. Tomo 2. (páginas 193-219)

Teixido, Josep (impresor) (1748a?): Relacion de los estragos y desgracias que en el Reyno de Valencia ha ocasionado el nunca visto uracan [sic] y temblor de tierra sucedido en el día 23 de marzo ...

Teixido, Josep (1748b): Relacion del terremoto y sus efectos que padecio el Sacro Convento de Montesa en el día 23 de Marzo de 1748.

Villalmanzo, J. (1985): El terremoto de 1644. Saitabi, 35: 151-158

Ximeno, Vicente (1749): Escritores del Reyno de Valencia chronologicamente ordenados desde el año 1238 de la christiana conquista de la misma ciudad, hasta el año 1748.

Ximeno, Vicente? (1748): Relación verdadera de los terremotos padecidos en el Reyno de Valencia desde el día 23 de Marzo del año 1748 y de las Rogativas que se hacen en la ciudad de Valencia, y en otras partes del Reyno, à Dios Nuestro Señor, para que aplaque su ira, y cesse este castigo. Valencia, Joseph Estevan Dolz. Librería de Simon Faure.

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.01.01 *01.01. Albaida (Valencia)*	EVENTO	HST17480323 ESTUBENY. V	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Colapso de muros

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Albaida	0°31'14,17"O	38°50'26,28"N	373 m	0 km²	24,0 km	NOROESTE	**IX EMS / 6,2 M***

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Valle fluvial	Pendiente del terreno	Baja
Descripción Geológica	Valle del río Albaida, afluente del río Júcar, que drena esta zona hacia el norte. Discurre sobre materiales del Mioceno que se disponen discordantes sobre materiales del cretácico plegados y fallados con directrices NE-SO.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Calcarenitas y Calizas	Sedimentario; Calcarenitas y Calizas, Limos	Estratificada / Masiva	Consolidada / Semi-consolidada	I (1,0) / II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno medio-superior	Mioceno medio-superior / Pleistoceno	Sin datos	0,16	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería	Puerta de la ciudad	Varias	Ligero / moderado	VI-VII EMS

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	CAÍDAS ORIENTADAS: EAE/7

Descripción: Tal y como relata el prior del convento dominico de Santa Ana de Albaida (Villalmanzo, 1985; del Archivo del Reino de Valencia), el terremoto del 23 de marzo no produjo muchos daños: "*La obra nueva quedó algo crujida de dicho terremoto*"; en cambio de estos documentos se deduce que el terremoto del 2 de abril pudo haber producido mayor número de daños en el convento ya que se describe que: "*El 2 de abril inmediato, martes, hizo otro tan fuerte a las nueve poco más de la noche, que crujió algo mas las paredes del convento, y lo mismo en Onteniente. Hiso caer el Portal de la Trinidad de Albayda*". Según los datos recogidos por el intendente Malespina, los principales daños fueron en las iglesias y conventos de la villa, en algunas ermitas y en casas de los vecinos pobres y acomodados.

Interpretación: No tenemos datos suficientes para establecer la orientación de llegada de la onda sísmica a partir de los datos de orientación de daños, aunque la puerta de la Trinidad se encontraba en la zona norte de la ciudad, localización congruente con el acimut de la zona epicentral.

Cuantificación: Los datos documentados se documentan a partir de grado VI-VII EMS, pero dado la cantidad de estructuras afectadas podemos asignarle una intensidad de VII.



Imagen Google Earth de la ciudad de Albaida. Con la localización de dos de los lugares con daños documentados: la Puerta de la Trinidad y la Iglesia Parroquial.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

Informe Malespina (1748): Archivo General de Simancas. Secretaría y Superintendencia de Hacienda, legajo 576, Extracto de lo que resulta de los Autos formados en razón de las aberiguaziones que de R.I. Orn. se han executado, de las Ruynas causadas por los terremotos acaezidos desde el día 23 de Marzo pasado, con expression del costo que se ha considerado por los expertos podrán tener sus reparos y de los acaecimientos singulares que ha habido.

Villalmanzo, J. (1985): El terremoto de 1644. Saitabi, 35: 151-158.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica, Universidad Autónoma de Madrid. QTECT-AEQUA*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.02.01 *02.01. Puente de San Bernardo Alzira (Valencia)*	EVENTO	HST17480323 ESTUBENY. V		EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Caida Orientada

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
02 / Alzira (Valencia)	0°26'0,47"O	39°9'4,74"N	20 m	0 km²	22 km	SUROESTE	IX MSK / 6,2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura de inundación, meandro abandonado	Pendiente del terreno	Llano (< 2%)
Descripción Geológica	Toda la ciudad de Alzira se sitúa en la llanura de inundación del río Xúquer, aunque la ciudad vieja se sitúa en la llanura comprendida en el arco de un meandro abandonado, meandro que fue urbanizado cuando se desecó totalmente en 1967.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Dolomías y Calizas	Limos arenosos	Masivo	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cretácico superior	Holoceno	Sin datos	0,15	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, ladrillo	Puente, conventos, iglesia, casa capitular	Varias	Ligero / moderado	VII EMS

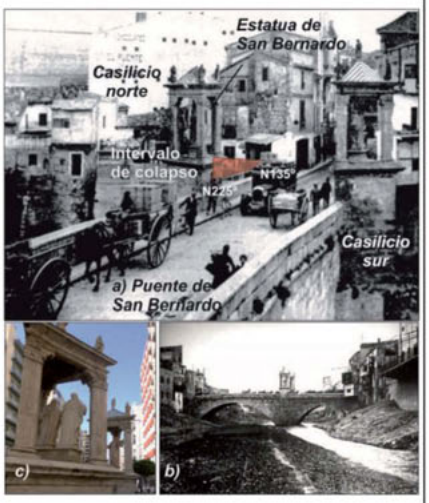
EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoria de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	CAÍDA ORIENTADA: EAE/7

Descripción: En la zona este de la ciudad de Alzira se encontraba el Puente de San Bernardo, puente que cruzaba el meandro del río y conectaba la ciudad vieja con la zona de extramuros. Este puente se llamaba así por la incorporación en 1717 de dos casilicios en la parte central del puente con los patronos de la ciudad: uno con una estatua de San Bernardo (lado norte del puente) y el otro con estatuas de sus dos hermanas (Santa María y Santa Gracia) en el lado sur del puente. La supresión en 1967 del meandro del río Xúquer que rodeaba la ciudad vieja, llevo consigo la desaparición del puente, y la instalación de las estatuas con sus casilicios en la Avenida de los Santos Patronos que discurre por el antiguo cauce del río. En la ciudad se describen diversos daños: "*Han padecido mucho los conventos de San Agustín y San Bernardo, y la iglesia de Santa María*"; aunque se hace hincapié en la caída de la estatua de San Bernardo: "*arrancando la estatua de San Bernardo Mártir, que era de piedra, de extraordinaria grandeza que estaba sobre el puente*".

Interpretación: La estatua de San Bernardo, de unos dos metros de altura, se situaba en el casalicio situado en el lado norte del puente orientado aproximadamente E-O, la estructura del casilicio limita la orientación de la caída de la estatua, definiendo un intervalo del sentido de la caída desde 135° hasta 225°. Este intervalo de sentido de colapso de la estatua es congruente con la orientación del epicentro hacia el SO de la localidad. Los casilicios se situaban encima de uno de los pilares del puente asentado en los materiales de depósito del cauce del río; la cimentación del pilar en materiales tan poco consolidados pudo amplificar el movimiento del terreno (efecto sitio), afectando de forma más acusada a la zona de las estatuas que al resto de la estructura del puente. La caída solo se produjo en el casilicio del lado norte del puente, del lado sur no se tiene referencia documental de daños. Es posible que en el lado sur del puente no se produjo la caída de las estatuas por la geometría triangular de los casilicios (con una columna situada al SO) y por la presencia de dos estatuas (Santa María y Santa Gracia) en vez de una (estatua de San Bernardo) como era el caso del casilicio norte.

Cuantificación: Las caídas de objetos ornamentales están documentadas a partir de grado VI MSK, aunque el tamaño de la estatua nos permite establecer un grado superior, VII MSK, aunque puede ser una intensidad muy local debido a las características del sustrato en el que se asienta el pilar de los casilicios.



a) Antigua imagen del Puente de San Bernardo en Alzira con los dos casalicios: el de la izquierda de la fotografía es el de San Bernardo.
b) Situación del pilar de los casilicios en los materiales del cauce del río (Archivo Municipal de Alzira).
c) Imagen actual de los casilicios en la zona en la que se encontraba el puente ahora desaparecido.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones cientificas a partir del siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas: Estevan Dolz, J. (1748): Relacion verdadera de los terremotos padecidos en el Reyno de Valencia desde el dia 23 de Marzo del año 1748 y de las Rogativas que se hacen en la ciudad de Valencia, y en otras partes del Reyno, à Dios Nuestro Señor, para que aplaque su ira, y cesse este castigo. Valencia. Se hallará en la Librería de Simon Faure, [s.a.: ca. 1748]. 8 p.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.03.01 *03.01. Anna (Valencia)*	EVENTO	HST17480323 ESTUBENY. V		EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/8 GK	
Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
03 / Anna (Valencia)	0º38'31,71"O	39º1'19,80"N	200 m	> 2 ha	1,5 km	NORESTE	IX EMS / 6,2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Terraza fluvial alta / Escarpe de valle	Pendiente del terreno	Muy suave (2-5%)
Descripción Geológica	La población se sitúa sobre una terraza de edad Pleistoceno superior, aunque parte de ella se sitúa directamente sobre el sustrato triásico. En la zona oeste de la población se inicia un talud con fuerte pendiente (20%) hasta el fondo del valle del Río de Anna, pequeño afluente del Sellent.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Arcillas, Yesos y Areniscas	Arcillas y yesos / Limos y arenas / Calizas travertínicas	Masiva	Sin consolidar/Consolidado	IV (2,0) / I (1,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Triásico / Pleistoceno superior	Sin datos	0,16	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, ladrillo	Iglesia, casas, casa señorial	Múltiple (75%)	Colapso (ruina)	VIII EMS / VIII-IX MSK

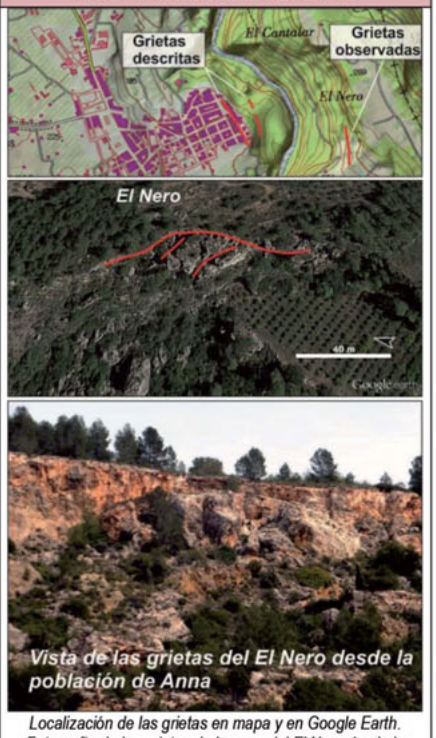
EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/8

Descripción: Según Alberola (1999) el intendente Malespina señala que donde mejor se apreciaron los efectos del terremoto fue en la parte de la villa (Anna) que daba al río: "*Dio señales de romper por sus concavidades alguna porción de las que fomente este metereoro*". También se hace notar que en la cuadra de una casa orientada hacia aquel se observaron varias grietas: "*Una de ellas alcanzaba los 22 palmos de longitud, palmo y medio de anchura y, cuanto menos, 16 de profundidad; las restantes aunque de menor entidad, también llamaban la atención. Quedando sin verificarse el todo de la profundidad, por no descubrirse recta y solamente se pudo reconocer hasta los 16 palmos que se introdujo el instrumento o caña con que se midieron, dando a entender que será mucho mayor la dilatación*". Este autor también refiere que en el informe del intendente se refiere que los campos cercanos a esta población "*presentaban notables grietas*". En la zona del valle en la vertiente este del valle, a los pies del pico El Nero, aún es posible observar las grietas decamétricas que afectan a paquetes de calizas travertínicas del Pleistoceno superior.

Interpretación: El palmo valenciano corresponde a 22,65 cm, por lo tanto y según los datos aportados en la descripción de los daños, la grieta que afecta a la población debía tener unos 5 metros de largo por 40 cm de ancho, y con una profundidad mínima de 4 m. Las grietas debían situarse en la zona oeste de la población en la zona de talud del río, con orientaciones según NO-SE, la documentación también hace referencia a que se observan notables grietas en los campos de cultivo del valle. Las grietas que se pueden observar actualmente en la ladera este del valle tienen longitudes que superan los 50 metros de largo con aberturas métricas. Al igual que en la población de Estubeny, estas grietas parecen haber inducido desprendimientos de bloques decamétricos. En la documentación consultada (Informe Malespina) no se señala la continuidad de estas grietas, aunque tal y como afirmaba Hernández Pacheco en 1923 en referencia a las grietas de este terremoto: "*Estas grietas probablemente corresponderán a trayectos de una misma, cuyas aberturas fuera de los poblados no merecerían ser indicadas por los cronistas de la época, y que es probable constituyan una del mismo tipo que la que señalé en la ciudad de Carmona (Sevilla), producida por el terremoto de 1504*".

Cuantificación: Aunque los datos nos permitan cuantificar alguna de las grietas que afectan al entramado urbano de la población, en la documentación se hace referencia al desarrollo de grietas en los alrededores de la población, aunque no se aporte información sobre el tamaño de esas grietas. Aun así, los trabajos de campo nos han permitido identificar alguna de estas grietas con longitudes decamétricas y aperturas métricas, por lo que la extensión de la zona afectada por la grietas en esta población supera las 2 ha. Con esta información podemos establecer una intensidad en la escala ESI-07 de IX.



Localización de las grietas en mapa y en Google Earth. Fotografía de las grietas de la zona del El Nero desde la población de Anna.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

Alberola Romá, A. (1999): Catástrofe, economía y acción política en la Valencia del siglo XVIII. Diputación de Valencia, 333 pp.

Hernández Pacheco, E. (1923): La montaña de Valencia. Bosquejo geográfico geológico del macizo del Caroche, Real Academia de Ciencias, 22, 306-322.

Informa Malespina (1748): Archivo General de Simancas. Secretaría y Superintendencia de Hacienda, legajo 576, Extracto de lo que resulta de los Autos formados en razón de las aberiguaziones que de R.I. Orn. se han executado, de las Ruynas causadas por los terremotos...

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Dpto. de Geología y Geoquímica (UAM). Armando Alberola Romá. Dpto. de Historia Medieval, Historia Moderna y Ciencias y Técnicas Historiográficas (UA).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.03.02 *03.02. Anna (Valencia)*	EVENTO	HST17480323 ESTUBENY. V	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/9 

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
03 / Anna (Valencia)	0°38'7,86"O	39°1'15,15"N	250 m	4 ha	1,4 km	NORESTE	IX EMS / 6,2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Valle Fluvial (Ladera Escarpada)	Pendiente del terreno	Muy fuerte (35%)
Descripción Geológica	Valle del río de Anna (afluente del Sellent) a su paso por esta localidad. El río discurre sobre materiales triásicos (arcillas y yesos). La ladera este del valle culmina con un gran paquete masivo de calizas travertínicas, mientras que la ladera oeste del valle está coronada por una terraza de edad Pleistoceno superior.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentaria, Arcillas, Yesos y Areniscas	Sedimentaria, Arcillas y yesos / Limos y arenas / Calizas travertínicas	Masiva	Sin consolidar/ Consolidado	IV (2,0) / I (1,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Triásico / Pleistoceno superior	Sin datos	0,16	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, ladrillo	Iglesia, casas, casa señorial	Múltiple (75%)	Colapso (ruina)	VIII EMS / IX MSK

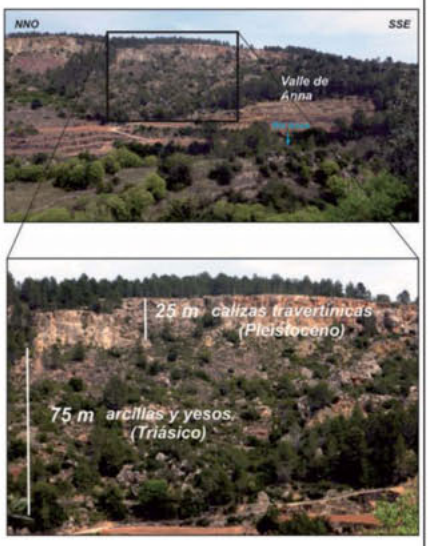
EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/9

Descripción: En la ladera oeste del valle los materiales de edad triásica (arcillas, yesos y areniscas) y los que conforman la terraza pleistocena, sufren desprendimientos: "*Desde cuyo sitio alto y peñascoso se ha desencajado un pedazo del terreno de extraordinaria magnitud que ha caído en un campo contiguo*", también parecen producirse deslizamientos en los materiales menos consolidados, ya que se hace referencia a que las aberturas de las grietas "*parecen haber reducido su tamaño desde el primer terremoto*" (23 de marzo) (Alberola, 1999; Informe Malespina, 1748), haciendo hincapié en los evidentes hundimientos de hasta dos palmos y medio (aproximadamente 60 cm) que en las zonas próximas al borde del talud afectaban a diferentes casas y corrales del pueblo. Actualmente, en la ladera este del valle se pueden observar números desprendimientos del paquete de calizas travertínicas que culmina esa ladera, paquete que se continúa hacia el NE y es el mismo que aparece afectado por grietas y desprendimientos en los alrededores de la población de Estubeny.

Interpretación: Tanto de las descripciones de la documentación del Informe Malespina (1748) como de la inspección de campo se deduce que los procesos gravitacionales afectaron a todo el valle del Río de Anna: en la ladera oeste, desprendimientos y deslizamientos en los materiales triásicos y pleistocenos a favor de la pendiente del talud, los deslizamientos debieron sufrir desplazamientos hasta varios días después del terremoto, tal y como se desprende de la documentación de la época (Informe Malespina). En cambio en la ladera este parece ser que solo se producen desprendimientos en las calizas travertínicas a favor de grandes grietas paralelas al valle (orientación NNO-SSE) (ver HST17480323.02.01). Actualmente son visibles algunos de estos procesos que movilizaron bloques de tamaño decamétrico y que prácticamente tapizan toda la ladera este del valle. Estos bloques se movilizaron como consecuencia del comportamiento mucho más frágil del paquete de calizas travertínicas frente a los materiales mucho más plásticos del triásico infrayacente, este tipo de efecto parece condicionar muchos de los efectos gravitacionales y de las grietas observadas en esta zona (ver HST17480323.08.02).

Cuantificación: En el área afectada, de aproximadamente 4 ha, se produjeron números procesos gravitacionales que movilizaron bloques de tamaño decamétrico de areniscas del Triásico en la ladera oeste del valle, en las proximidades de Anna. En esta zona también parece haber habido deslizamientos asociados a fracturas paralelas al talud del valle, con desplazamientos verticales de hasta 60 cm. En la ladera este se movilizaron volúmenes de roca muy importantes (más de 250.000 m³) a lo largo de casi un kilómetro de longitud que tiene el valle en esa zona, afectando fundamentalmente a la zona frontal de un paquete de más de 20 metros de espesor de calizas travertínicas del Pleistoceno, desprendiendo bloques de más de 3000 m³. Los datos documentados y las observaciones de campo nos permiten establecer una intensidad ESI-07 de IX.



Vista general del valle de Anna desde la población. Detalle del aspecto del margen este del río en el que se observan numerosos bloques de tamaño métrico y decamétrico desprendidos del paquete de calizas travertínicas de aproximadamente 25 m de espesor. Estos niveles de calizas se continúan hacia el este y afloran en las proximidades de la población de Estubeny (ver HST17480323.08.02 y 08.03).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

Alberola Romá, A. (1999): Catástrofe, economía y acción política en la Valencia del siglo XVIII. Diputación de Valencia, 333 pp.
Informe Malespina (1748): Archivo General de Simancas. Secretaría y Superintendencia de Hacienda, legajo 576, Extracto de lo que resulta de los Autos formados en razón de las aberiguaziones que de R.I. Orn. se han executado, de las Ruynas causadas por los terremotos acaezidos desde el día 23 de Marzo pasado, con expression del costo que se ha considerado por los expertos podrán tener sus reparos y de los acaecimientos singulares que ha habido.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM). Armando Alberola Romá. Dpto. de Historia Medieval, Historia Moderna y Ciencias y Técnicas Historiográficas (UA).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.04.01 *04.01. Carcagente (Valencia)*	EVENTO	HST17480323 ESTUBENY. V	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Caída Orientada

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
04 / Carcagente	0°27'16,50"O	39°7'29,86"N	22 m	0 km²	18,6 km	NORESTE	IX EMS / 6,2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura aluvial	Pendiente del terreno	Baja
Descripción Geológica	La ciudad se sitúa sobre depósitos de ladera y sobre terrazas (+5-8 m) del río Júcar.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Dolomías y Calizas	Limos arenosos	Masivo	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cretácico superior	Holoceno	Sin datos	0,15	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, ladrillo	Iglesia, convento	Algunas	Ligero, moderado	VI EMS

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	CAÍDA DE OBJETOS ORNAMENTALES: EAE/6

Descripción: "*De la Villa de Carcagente, que se abrió la Iglesia nuevamente fabricada, y se volvió a unir, cayendo dentro de ella la veleta del campanario; y su cura murió del susto*" (Teixido, 1748?). Según otros documentos los principales daños de la iglesia se produjeron en el remate del campanario, en una de las capillas y en el tejado de la iglesia (Archivos de la Iglesia parroquial de la Asunción de Carcagente, http://antoniosabatermira.globered.com). El intendente Malespina (Informe Malespina, 1748) documenta daños en la Iglesia, en el Convento de las Dominicas y en la casa capitular de la ciudad.

Interpretación: No se ofrecen datos de orientación de caídas de objetos u orientación de daños en particular, parece ser que los daños en la iglesia se concentraron en los remates superiores de la iglesia y el campanario. En cuanto a la descripción de Teixido (1748?), con la caída de la veleta en el interior de la iglesia porque se abrió la iglesia, puede ser un poco exagerada; en nuestra opinión debieron caer los remates que atravesaron el techo de la iglesia, y más teniendo en cuenta que no se refiere ninguna víctima en la ciudad de Carcagente.

Cuantificación: Por lo tanto, podemos considerar que los daños principales, por lo menos en la iglesia de esta localidad, son la caída de objetos ornamentales, efectos que se documentan a partir de intensidades de grado VI EMS.



Imagen de la iglesia parroquial de Carcagente. (http://antoniosabatermira.globered.com)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VI	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

Informe Malespina (1748): Archivo General de Simancas. Secretaría y Superintendencia de Hacienda, legajo 576, Extracto de lo que resulta de los Autos formados en razón de las averiguaciones que de R.I. Orn. se han executado, de las Ruynas causadas por los terremotos acaezidos desde el día 23 de Marzo pasado, con expression del costo que se ha considerado por los expertos podrán tener sus reparos y de los acaecimientos singulares que ha habido.

Teixido, Josep (impresor) (1748a?): Relacion de los estragos y desgracias que en el Reyno de Valencia ha ocasionado el nunca visto uracan [sic] y temblor de tierra sucedido en el dia 23 de marzo ...

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica, Universidad Autónoma de Madrid. QTECT-AEQUA*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.05.01 *05.01. Chella (Valencia)*	EVENTO	HST17480323 ESTUBENY. V	EFECTO	ANOMALÍA EN CUERPOS DE AGUA: AW/8

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
05 / Chella (Valencia)	0°39'40,15"O	39°2'47,76"N	195 m	0 km²	2,50 km	SURESTE	IX EMS / 6,2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura de inundación (Cauce fluvial)	Pendiente del terreno	Muy suave (4-5%)
Descripción Geológica	Cauce del Río Bolbaite en dirección NO-SE (aguas arriba del río Sellent). El río discurre por una superficie de baja pendiente constituidas por materiales de un antiguo cauce aluvial (arenas y limos) del Pleistoceno superior, hasta que llega a un cortado abrupto en la zona más NO de la población de Chella, donde se produce un salto de agua vertical de aproximadamente 50 metros de altura llamado el *Salto de Chella*, a partir de ese punto discurre sobre materiales triásicos (arcillas y yesos) en una superficie de pendiente muy suave.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario	Arenas, limos y cantos/ arcillas, yesos y areniscas	Masiva	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Triásico / Holoceno	Sin datos	0,16	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, ladrillo y sillería	Caserío, casas, iglesia	Múltiples (75%)	Destrucción (nivel 4)	VIII EMS

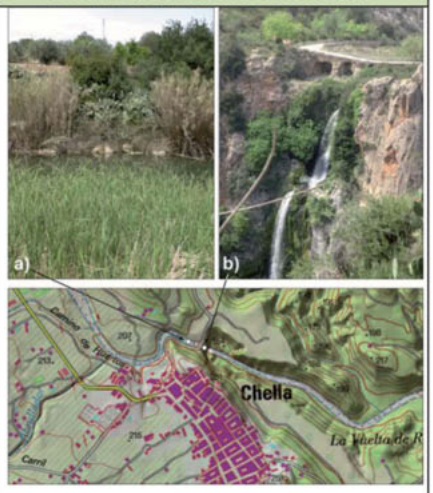
EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	ANOMALÍAS EN CUERPOS DE AGUA: AW/8

Descripción: El agua del río Bolbaite a su paso por la localidad de Chella desapareció como consecuencia de la aparición de grietas que atravesaban el cauce del río, según se consigna en los documentos de la época "*y que abriéndose igualmente la tierra por la parte del río que pasa por ese lugar (Chella), sorvió el agua, dejándolo seco*". En la documentación no se hace referencia a la duración de este proceso, aunque evidentemente no fue un proceso permanente. Tampoco se hace referencia a la situación exacta de las grietas ni a su orientación aproximada,

Interpretación: Dada la orografía de la zona y las orientaciones de las grietas descritas en otras poblaciones cercanas afectadas por el terremoto (Anna, Estubeny y Sellent) lo más probable es que las grietas tuvieran una orientación subparalela al talud sur del valle del río Bolbaite, de ser así cortarían al río aguas arribas del *Salto de Chella* a unos 50 m del salto, y de ahí posiblemente la referencia a que se quedó seco el cauce en el tramo comprendido entre las grietas y el salto. Por lo tanto las grietas en el río se desarrollarían bien sobre los niveles arenosos de los materiales aluviales del Pleistoceno superior o bien en los niveles de travertinos de cascada que se desarrollan en la zona del cambio de pendiente abrupta.

Cuantificación: Este tipo de efectos (aparición/desaparición de pequeñas cuencas de agua) se consideran en la Escala ESI-07 a partir de intensidad VIII, aunque en este caso la desaparición del curso de agua parece estar más relacionada con la aparición de las grietas en el terreno que con variaciones importantes en el nivel freático de la zona.



a) Río Bolbaite a su paso Chella.
b) Salto de Chella.
c) Mapa topográfico de la zona (IGN, 2014).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:	Ameno, F. L. (editor) (1748): Relaçao do formidauel, e lastimoso terremoto succedido no reino de Valença no dia 23 de Março deste presente anno de 1748 ... e dos horrorosos estragos, e lamentaveis ruinas, que tem padecido a Ciudade de Valença ... e mais lugares circumvisinhos... Lisboa: na officina de Francisco Luiz Ameno ..., 1748.		
Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.05.02 *05.02. Chella (Valencia)*	EVENTO	HST17480323 ESTUBENY.V	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/8 GK

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
05 / Chella (Valencia)	0º39'40,15"O	39º2'47,76"N	195 m	0 km²	2,50 km	SURESTE	IX EMS / 6,2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura de inundación (Cauce fluvial)	Pendiente del terreno	Muy suave (4-5%)
Descripción Geológica	Cauce del Río Bolbaite en dirección NO-SE (aguas arriba del río Sellent). El río discurre por una superficie de baja pendiente constituida por materiales de un antiguo cauce aluvial (arenas y limos) del Pleistoceno superior, hasta que llega a un cortado abrupto en la zona más NO de la población de Chella, donde se produce un salto de agua vertical de aproximadamente 50 metros de altura llamado el *Salto de Chella*, a partir de ese punto discurre sobre materiales triásicos (arcillas y yesos) en una superficie de pendiente muy suave.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario	Arenas, limos y cantos/ arcillas, yesos y areniscas	Masiva	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Triásico/Holoceno	Sin datos	0,16	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, ladrillo y sillería	Caserío, casas, iglesia	Múltiples (75%)	Destrucción (nivel 4)	VIII EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/8

Descripción: En la población de Chella se produjeron grietas, aunque en la documentación sólo se hace referencia a que afectaron al curso del río (ver HST17480323.05.01), sin hacer mención a su situación exacta, a su magnitud o a su orientación: "*y que abriéndose igualmente la tierra por la parte del río que pasa por ese lugar (Chella), sorvió el agua, dejándolo seco*" (Ameno, 1748).

Interpretación: En la documentación que describe este efecto, se hace referencia a que las grietas se abrieron "*por la parte del río*"; esta expresión parece aludir a que el desarrollo de las grietas no se produjo únicamente en el cauce del río Bolbaite, sino que posiblemente lo atravesaba afectando a las zonas colindantes. En otras poblaciones de la zona situadas en materiales similares, se hace mención a numerosas grietas subparalelas a los taludes de los ríos próximos a las localidades; por lo que podemos suponer que estas grietas también se desarrollaron paralelas al talud del río sobre el que se asienta la población, con una orientación aproximada según NO-SE. En la documentación no se hace referencia a la longitud y apertura de estas grietas para poder estimar sus dimensiones, pero a juzgar tanto por las dimensiones del cauce del río, como a que parece evidente, según la descripción, que la causa directa de la desecación del cauce del río fue el desarrollo de las grietas, podemos suponer que éstas tendrían como mínimo algunas decenas de metros y una anchura de varias decenas de centímetros.

Cuantificación: Las dimensiones mínimas supuestas de las grietas descritas indicarían una intensidad de mínima de VII ESI-07, pero considerando que esta suposición define los valores mínimos de la longitud y apertura de las grietas, y que se ha cuantificado la desaparición del agua del cauce del río como de intensidad VIII ESI-07 (ver HST17480323.05.01), asignamos a este efecto la intensidad de VIII ESI-07.



Posible localización de las grietas sobre el mapa topográfico (IGN, 2014), y aspecto del río aguas arriba de Chella.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:	Ameno, F. L. (editor) (1748): Relaçao do formidauel, e lastimoso terremoto succedido no reino de Valença no dia 23 de Março deste presente anno de 1748 ... e dos horrorosos estragos, e lamentaveis ruinas, que tem padecido a Ciudade de Valença ... e mais lugares circumvisinhos... Lisboa: na officina de Francisco Luiz Ameno ..., 1748.		
Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.06.01 *06.01. Cortes de Pallás (Valencia) (Castillo)*	EVENTO	HST17480323 ESTUBENY. VA	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Caida Orientada

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN (INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS)
06 / Cortes de Pallás	0°59'9,63"O	39°14'23,91"N	584 m	2.000 m²	37,0 km	NOROESTE	IX EMS / 6,2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Escarpe en valle de montaña	Pendiente del terreno	Cantil (> 70%)
Descripción Geológica	Pequeña muela escarpada en la zona de graben del río Júcar.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Calizas	Roca (calizas)	Estratificada	Consolidado	I (1,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cretácico	Cretácico	Sin datos	0,12	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería	Castillo	Único	Ligero / Moderado	Sin datos

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoria de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	VENTILACIÓN ESPONTÁNEA SUBTERRÁNEA; EAE/5

Descripción: El Intendente Malespina visitó en su viaje de valoración de los daños del terremoto la localidad de Cortes de Pallás, estableciendo en su informe que no se apreciaban daños valorables en su informe. El Castillo de Chirel se encuentra a unos 4 km al oeste de la población, en un cortado casi vertical del río Júcar.

Interpretación: Díes y Jiménez (2007), a partir de las excavaciones realizadas en el castillo, apuntan la posibilidad de que parte de los daños observados en el castillo pudieran estar producidos por los terremotos de Estubeny, aunque no aportan información detallada sobre la tipología de estos daños. La importancia de este efecto es que puede ayudarnos a definir de forma más exacta el límite de la zona de intensidad V-VI hacia el oeste de la zona epicentral, ya que en esta zona montañosa no se han descrito efectos dada la gran distancia existente entre las poblaciones.

Cuantificación: Dado que no se especifica la tipología de los daños, y que el intendente Malespina consideró que no se habían producido daños importantes en la cercana localidad de Cortes de Pallás, asignamos a este efecto una intensidad mínima de grado V.



Imagen del Castillo de Cortes o de la Pileta sobre el curso del río Júcar (Foto: Ministerio de Fomento).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	V	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

Díes Cusí, E. y Jiménez Salvador, J.L. (2007): Segunda campaña de excavaciones arqueológicas en el Castillo de Cortes o de la Pileta (Cortes de Pallás, (Valencia). Sagvntvm (P.L.A.V.), 39, 203-208.

Informe Malespina (1748): Archivo General de Simancas. Secretaría y Superintendencia de Hacienda, legajo 576, Extracto de lo que resulta de los Autos formados en razón de las aberiguaziones que de R.I. Orn. se han executado, de las Ruynas causadas por los terremotos acaezidos desde el día 23 de Marzo pasado, con expression del costo que se ha considerado por los expertos podrán tener sus reparos y de los acaecimientos singulares que ha habido.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.07.01 *07.01. Enguera (Valencia)*	EVENTO	HST17480323 ESTUBENY.V	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Caída Orientada

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
07 / Enguera (Valencia)	0°41'14,46"O	38°58'41,46"N	328 m	0 km²	7,7 km	NORESTE	IX EMS / 6,2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Valle fluvial	Pendiente del terreno	Muy baja
Descripción Geológica	Valle del río Mingues, sobre materiales del Mioceno superior situados en el núcleo de un sinclinal invertido de dirección NE-SO.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Margas	Sedimentario; dolomías y calizas	Estratificada	Semi-Consolidada	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad sustrato (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno superior	Cretácico	Sin datos	0,16	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, ladrillo	Iglesia, monasterios, casas	Múltiples	Destrucción (nivel 4)	VIII EMS

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	CAÍDA ORIENTADA: EAE/8

Descripción: En diferentes documentos de la época se hace referencia a los importantes daños que sufrió la villa de Enguera, en el informe Malespina se hace referencia a dalos importantes en la Iglesia Parroquial de la villa, en la que murieron dos personas, El convento de Santa Ana, varias ermitas, varios edificios comunales (molinos, hornos, hospital, etc.) y por supuesto numerosas casas de vecinos pobres y acomodados (Informe Malespina, 1748). Entre los daños más importantes destacan los que se produjeron en la Iglesia de la ciudad derribando parte de la torre y la nave de la iglesia: "*Que en la villa de Enguera se arruinó la iglesia sepultando al cura y a tres personas más y asolándose las dos Linternas de la Torre, y cayó la campana del reloj, rompiéndose los siete arcos que mantenían la nave (...)*" "*ruina de la torre del campanario y remate de la portada de la iglesia parroquial, obra de sillería, cayose la bóveda de la sacristía sepultando entres sus ruinas cura*" (Carrasco, 1748).

Interpretación: Suponiendo que la campana a la que se refiere la documentación sea la correspondiente a la facha norte de la torre de la iglesia, en la que actualmente se encuentra un reloj, la caída de la campana debió producirse hacia el norte, aunque en algunos documentos se hace referencia a que la campana colapsó hacia la plaza de las Moreras que se sitúa hacia el NNO de la torre. La nave de la iglesia debió colapsar casi completamente.

Cuantificación: La caída de objetos ornamentales se documentan a partir de grado VI EMS, no obstante todos los daños referidos en la ciudad, y los importantes daños que sufrió la iglesia y gran parte de las casas particulares y comunes de la ciudad, nos permite asignar una intensidad de grado VIII.



Imagen de la iglesia parroquial de Enguera afectada por el terremoto. Fachada norte de la iglesia (orientación E-O), la campana cayó desde la torre hacia el norte.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

Carrasco, E.F. (1748): Relación puntual, circunstanciada de la ruinas, y extragos causados por los terremotos, que se sintieron en varias partes del Reyno de Valencia, los dias 23 de marzo, y 2 de abril de 1748 sacada de las noticias testimoniales, remitidas por los gobernadores, corregidores y justicias al Excmo. Señor Duque de Caylús Gobernador y Capitán General de este dicho reyno y de Murcia. Imprenta de Joshep Mathias Escribano.

Informe Malespina (1748): Archivo General de Simancas. Secretaría y Superintendencia de Hacienda, legajo 576, Extracto de lo que resulta de los Autos formados en razón de las aberiguaziones que de R.I. Orn. se han executado, de las Ruynas causadas por los terremotos acaezidos desde el día 23 de Marzo pasado, con expression del costo que se ha considerado por los expertos podrán tener sus reparos y de los acaecimiento singulares que ha habido.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.07.02 *07.02. Enguera (Valencia)*	EVENTO	HST17480323 ESUBENY.V		EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/9

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Enguera (Valencia)	0°40'41,13"O	38°59'25,03"N	262 m	0 km²	6 km	NORESTE	IX EMS / 6,2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Valle fluvial	Pendiente del terreno	Llano
Descripción Geológica	Valle del río Mingues, depósitos actuales del río y depósitos de ladera sobre materiales del Mioceno superior situados en el núcleo de un sinclinal invertido de dirección NE-SO.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario, Margas	Sedimentario; arenas y gravas	Masiva	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno superior	Holoceno	Sin datos	0,16	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, Ladrillo, Sillería	Casas, Iglesias	Múltiples	Ruina	Sin datos

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/9

Descripción: *"Y que habiendo salido poco antes de dicha villa (Enguera) para restituirse a Valencia, el Procurador del Convento del Socorro de la Orden de San Agustín montado en un caballo, y acompañado de un mozo a pie, a la distancia de un cuarto de legua, vio abrirse la tierra, y sumergirle al criado, e inmediatamente sucederle lo mismo a el religioso, que hayándose medio enterrado, lo arrojó un huracán a una acequia inmediata, de la cual salió despavorido y maltratado, y aunque volvió a buscar su mozo y caballo, ya no encontró señal ni de uno ni de otro, ni aún vestigios del parage en que los había perdido"* (Teixido, 1748). Este hecho también es documentado por Galbis (1932).

Interpretación: La descripción aportada en la documentación implicaría la formación de grandes grietas, de apertura decimétrica a métrica. La descripción también apunta a la posibilidad de que se produjeran procesos de lateral spreading en la zona, ya que la documentación refiere que el sacerdote no reconoció el lugar por los cambios que se habían producido.

Cuantificación: Por las dimensiones estimadas de las grietas y por los cambios en el paisaje que se produjeron se podría establecer una intensidad de IX ESI-07.



Fotografía de la zona en la que se describe el efecto, en el camino viejo de Enguera a Anna.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:	Galbis Rodríguez, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5ºE y 20ºW de Greenwich y los paralelos 45° y 25ºN. Dirección General del Instituto Geográfico, Catastral y de Estadística. Tomo I. Teixido, Josep (impresor) (1748a?): Relacion de los estragos y desgracias que en el Reyno de Valencia ha ocasionado el nunca visto uracan [sic] y temblor de tierra sucedido en el dia 23 de marzo...

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.08.01 *08.01. Estubeny (Valencia)*	EVENTO	HST17480323 ESUBENY.V	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/9

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
08 / Estubeny (Valencia)	0º37'25,61''O	39º1'3,71''N	180 m	0 km²	1,90 km	NOROESTE	IX EMS / 6,2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera de pequeño valle fluvial	Pendiente del terreno	Entre suave y moderada (5%-15%)
Descripción Geológica	Población situada en el talud sur del valle fluvial del río Sellent, sobre materiales del Triásico (arcillas, yesos y areniscas).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario, Arcillas, Yesos y Areniscas	Sedimentario, Arcillas, yesos y areniscas	Masiva	Semi-consolidado	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Triásico	Sin datos	0,16	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, ladrillo y sillería	Caserío, casas, iglesia	Múltiples (100%)	Ruina	IX EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

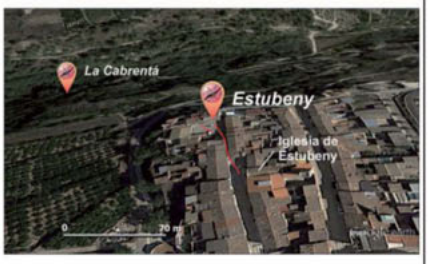
Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/9

Descripción: Se producen grietas en la población de Estubeny y sus alrededores. En la "Relación de lo sucedido en la villa y lugares de la gobernación de la ciudad de Játiva por causa de los terremotos", se describe que "*desde la iglesia se ha abierto un boquerón en la tierras de seis palmos de anchura, cien de longitud y de enorme profundidad que no alcanzan las piedras que se lanzan al fondo*" (Sarthous, 1922). Otros autores (Félix Carrasco, 1748) indican que las grietas de la iglesia se continuaban hasta la casa del señor situada en la plaza de esta localidad. Estos son los únicos datos sobre el tamaño de las grietas que se producen en Estubeny y sus alrededores, aunque en la documentación del informe Malespina también se hace referencia a los alrededores de Estubeny documentando "*las muchas grietas que han quedado en las concavidades de los montes expresados*".

Interpretación: El palmo valenciano corresponde a 22,65 cm, por lo tanto y según los datos aportados en la descripción de los daños la grieta que afecta a la población debía tener unos 23 metros de largo por 1,40 de ancho, con una orientación según N45ºE, orientación similar a las observadas en zonas muy próximas (La Cabrentá). No se hace mención del tamaño de las grietas que se documentan en los alrededores (Alberola, 1999; a partir del Informe Malespina). No obstante, tal y como menciona Hernández Pacheco (1923), comparando estas grietas con otras muy similares producidas por el terremoto de Carmona (Sevilla) de 1504, las grietas descritas en las poblaciones afectadas por este terremoto probablemente serían segmentos de grietas mayores que atravesaban las zonas pobladas, aludiendo a que su pobre documentación estaría condicionada por el poco interés que despertaban en los cronistas de la época las estructuras de este tipo en zonas no pobladas.

Cuantificación: Por las dimensiones estimadas de las grietas, se podría establecer una intensidad mínima de VII ESI-07, aunque si consideramos tanto el grado de destrucción de la población, como la proximidad de otros lugares situados a menos de 500 m, como La Cabrentá (sitio HST17480323.08.02) se puede estimar una intensidad de IX ESI-07.





Fotografía e imagen de Google Earth de la zona en la que se describe la grieta.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

Alberola Romá, A. (1999): Catástrofe, economía y acción política en la Valencia del siglo XVIII. Diputación de Valencia, 333 pp.
Felix Carrasco, E. (1748): Relacion puntual, circunstanciada de la ruinas, y extragos causados por los terremotos, que se sintieron en varias partes del Reyno de Valencia, los dias 23 de marzo, y 2 de abril de 1748 sacada de las noticias testimoniales, remitidas por los gobernadores ... al ... Capitan General ...
Hernández-Pacheco, E. (1923): La montaña de Valencia. Bosquejo geográfico geológico del macizo del Caroche, Real Academia de Ciencias, 22, 306-322.
Informe Malespina (1748): Archivo General de Simancas. Secretaría y Superintendencia de Hacienda, legajo 576, Extracto de lo que resulta de los Autos formados en razón de las aberiguaziones que de R.I. Orn. se han executado, de las Ruynas causadas por los terremotos...
Sarthou Carreres, C. (1922): Los terremotos de 1748: un capítulo de la historia de Játiva. Folletín de El Progreso, Játiva.
Sarthou Carreres, C. (1937): Datos para la Historia de Játiva. Tomo 2. (páginas 193-219)

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).* *Armando Alberola Romá. Dpto. de Historia Medieval, Historia Moderna y Ciencias y Técnicas Historiográficas (UA).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.08.02 *08.02. Estubeny ("La Cabrentá") (Valencia)*	EVENTO	HST17480323 ESUBENY.V		EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/9
Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
08 / Estubeny	0°37'27,69"O	39°1'1,48"N	130 m	1,5 ha	1,75 km	NOROESTE	IX EMS / 6,2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera de pequeño valle fluvial	Pendiente del terreno	Muy fuerte (35%)
Descripción Geológica	Cuerpo de travertinos de cascada de edad Pleistoceno medio situado en la ladera sur del valle del Sellent a +20 m de altura que reposa sobre materiales de edad triásica (yesos y arcillas). Se encuentra visiblemente agrietado y parcialmente desprendido del sustrato triásico.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario (arcillas y yesos)	Calizas travertínicas y travertinos	Masiva	Consolidado	I (1,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Pleistoceno medio	Sin datos	0,16	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, ladrillo y sillería	Caserío, casas, iglesia	Múltiples (100%)	Ruina (destrucción total)	IX EMS / IX MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/9

Descripción: Niveles de calizas travertínicas y travertinos con numerosas huellas vegetales, aparecen como niveles de terrazas de edad Pleistoceno medio-superior. Estos materiales aparecen en un paquete en la ladera sur del valle del río Sellent a los pies de la población de Estubeny, en este punto estos materiales no aparecen cartografiados en el MAGNA, aunque sí aparecen en todo el valle del Sellent en esta zona. Este nivel de espesor variable (hasta 15 metros de espesor) aparece densamente fracturado con desplazamientos, colapsos y desprendimientos de bloques de escala decamétrica. Esta zona ampliamente vegetada, de hecho también se le conoce como la *Selva de Estubeny*, tiene aproximadamente 1,5 ha y conforma el paraje natural municipal de "La Cabrentá" (municipio de Estubeny). Aunque en la documentación de la época (Informe Malespina, 1748) se hace referencia a "*las muchas grietas que han quedado en las concavidades de los montes expresados*", no se establece la posición exacta de muchas de esas grietas que según algunos cronistas llegaron a alcanzar longitudes de una legua (aproximadamente 4 km).

Interpretación: Los materiales afectados se apoyan sobre materiales del triásico (arcillas, yesos y areniscas); la gran densidad de fracturación puede deberse a la movilización hacia el NE de la práctica totalidad del paquete de travertinos a favor del contacto con los materiales infrayacentes mucho más plásticos. En los mapas topográficos del Instituto Cartográfico Valenciano a este paraje se le denomina "*La Crebantada*", que traducido sería la quebrantada o la explotada, aunque actualmente esta zona, que es un paraje natural municipal de la población de Estubeny, se denominada "*La Cabrentá*", posiblemente topónimo proveniente del que aparece en los mapas topográficos. Este topónimo puede hacer referencia a la fragmentación de los materiales por la acción del terremoto, pero en la documentación de la época no se hace referencia clara a la localización de las fracturas en los alrededores de la población de Estubeny.

Cuantificación: En el área afectada de 1,5 ha se observan numerosas grietas decamétricas (de hasta 30 m de longitud y con profundidades que superan los 10 m con aperturas decimétricas (hasta 2,5 m), las orientaciones de las grietas son en su mayor parte paralelas o perpendiculares al talud orientado según NO-SE. Se observan desplazamientos que parecen indicar el movimiento de todo el paquete de travertinos (aproximadamente unos 150.000 m³) a favor de la pendiente del talud hacia el río Sellent. También se observa el desplazamiento de grandes bloques de escala decamétrica (hasta 80 cm), y en muchos casos el desprendimiento de bloques de diferentes tamaños, los más comunes métricos, pero alguno de ellos de escala decamétrica.



Aspecto de las grietas que afectan a los travertinos en el paraje natural municipal de La Cabrentá (Estubeny).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

Alberola, A. (1999): Catástrofe, economía y acción política en la Valencia del siglo XVIII. Diputación de Valencia, 333 pp.
Informe Malespina (1748). Archivo General de Simancas. Secretaría y Superintendencia de Hacienda, legajo 576: Extracto de lo que resulta de los Autos formados en razón de las averiguaciones que de R.I. Orn. Se han executado, de las Ruynas causadas por los terremotos acaezidos desde el día 23 de Marzo pasado, con expression del costo que se ha considerado por los expertos podrán tener sus reparos y de los acaecimientos singulares que ha habido.
Informe Malespina (1748): Archivo General de Simancas. Secretaría y Superintendencia de Hacienda, legajo 576: Parezer que reservadamente se expone (...).

Información Recopilada: *Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).*
Armando Alberola Romá. Departamento de Historia Medieval, Historia Moderna y Ciencias y Técnicas Historiográficas (UA).

Ficha Publicada: *Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España* | Número (Vol.): 2 | Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.08.03 *08.03. Estubeny (Cantalar) (Valencia)*	EVENTO	HST17480323 ESTUBENY.V	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/9 

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
08 / Estubeny (Valencia)	0°38'7,67"O	39°1'39,42"N	260 m	0 km²	0,65 km	NORNORESTE	IX EMS / 6,2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera Escarpada de valle fluvial	Pendiente del terreno	Fuerte (25 -30%)
Descripción Geológica	Cuerpo de travertinos y calizas travertínicas de edad Plioceno - Pleistoceno situados a varias alturas en el valle del río Sellent a su paso por la población de Estubeny, que reposan sobre materiales de edad triásica (yesos y arcillas).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario, Arcillas y Yesos	Sedimentario, Calizas travertínicas y travertinos	Masiva	Consolidado	I (1,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Plioceno – Pleistoceno	Sin datos	0,16	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, ladrillo y sillería	Caserío, casas, iglesia	Múltiples (100%)	Ruina (destrucción total)	IX EMS / X MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/9

Descripción: Entre las descripciones de diferentes desprendimientos de rocas producidas en las inmediaciones de esta población, destaca lo ocurrido en la denominada Huerta del Cantalar en las proximidades del pico El Nero (Alberola, 1999): "*El haberse desgajado de un monte nombrado el Nero en la parte llamada Huerta del cantalar un peñón de mucha magnitud que cayó rodando llevándose tras de si los árboles gruesos de algarrobos y once moreras que encontró, y fue tal la violencia con la que se precipitó que en el penúltimo golpe que dio antes de caer donde existe en el valle, surtió una porción de agua sobre la tierra (que actualmente permanece como embalsada) y con un orroroso salto quedó en el último parage de su precipicio, admirando a quantos han entendido ese subceso por lo extraño de sus circunstancias y las muchas grietas que han quedado en las concavidades de los montes expresados*" (Informa Malespina, 1748).

Interpretación: No se ha podido localizar una referencia toponímica a la *Huerta del Cantalar*, solo en un mapa topográfico (IGN, 1951) se ha observado un topónimo parecido: El Cantalar en las proximidades de los picos de La Boleta y La Moleta al NO de la población de Estubeny. No obstante, en el Informe Malespina se hace referencia al pico El Nero, también al NO de esta localidad. El análisis de las fotografías e imágenes aéreas de la zona circundante de esa población permite definir dos zonas que por su topografía (coherente con la descripción del Informe Malespina) y proximidad al pico El Nero: en nuestra opinión y dada la descripción del Informe Malaspina (1748), la opción más coherente es la señalada en la imagen como *Posibilidad 1*, aunque la localización de este proceso debe considerarse aproximada. En cualquier caso, los materiales afectados serían niveles altos de travertinos y calizas travertínicas del Plioceno-Pleistoceno.

Cuantificación: El recorrido del bloque supera los 300 m desde las zonas altas hasta el fondo del valle. No podemos establecer el tamaño exacto del bloque desprendido en esta zona, pero considerando tanto el número de árboles que arrasó, así como las magnitudes de los bloques de los mismos materiales movilizados en otros puntos cercanos (sitios HST17480323.08.02 y HST17480323.02.02) podríamos establecer una intensidad mínima en la escala ESI-07 de VIII, aunque vistas las intensidades catalogadas en otros efectos similares y el tamaño de los bloques implicados, asignamos una intensidad ESI-07 de IX.





Vista hacia el NO del Valle del río Sellent desde la población de Estubeny. Imagen de Google Earth de la zona, con las dos posibles localizaciones del desprendimiento.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Alberola Romá, A. (1999): Catástrofe, economía y acción política en la Valencia del siglo XVIII. Diputación de Valencia, 333 pp.
Informa Malespina (1748): Archivo General de Simancas. Secretaría y Superintendencia de Hacienda, legajo 576, Extracto de lo que resulta de los Autos formados en razón de las aberiguaziones que de R.I. Orn. se han executado, de las Ruynas causadas por los terremotos acaezidos desde el día 23 de Marzo pasado, con expression del costo que se ha considerado por los expertos podrán tener sus reparos y de los acaecimiento singulares que ha habido.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM). Armando Alberola Romá. Departamento de Historia Medieval, Historia Moderna y Ciencias y Técnicas Historiográficas (UA).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.08.04 *08.04. Estubeny (Cantalar) (Valencia)*	EVENTO	HST17480323 ESTUBENY.V	EFECTO	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/8

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
08 / Estubeny (Valencia)	0°37'46,99"O	39°1'40,15"N	160 m	0 km²	0,70 km	NORNORESTE	IX EMS / 6,2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera Escarpada de valle fluvial	Pendiente del terreno	Fuerte (25 -30%)
Descripción Geológica	Materiales del Triásico (arcillas, yesos, areniscas y arenas) aflorantes en todo el valle del Sellent, desarrollándose a lo largo de una banda relacionada con procesos de fracturación y distensión de la corteza, que indujo el ascenso de los materiales plásticos del Triásico a la superficie. En estos materiales aparecen numerosas surgencias asociadas a pequeños acuíferos colgados por encima del cauce del río.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario, Arcillas, Arenas y Yesos	Sedimentario, arcillas, arenas y yesos	Masiva	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Triásico	Sin datos	0,16	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, ladrillo y sillería	Caserío, casas, iglesia	Múltiples (100%)	Ruina (destrucción total)	IX EMS / X MSK

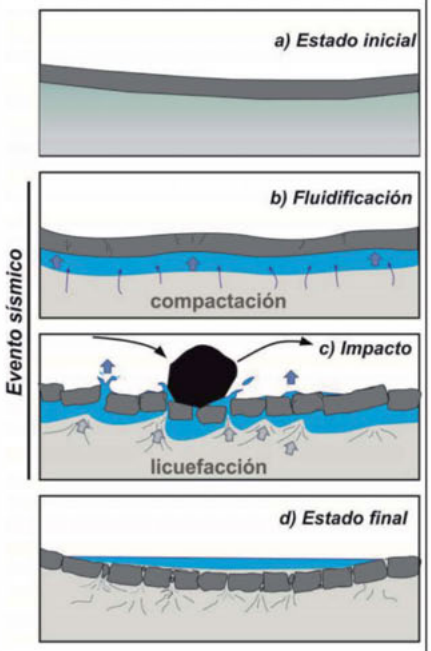
EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LICUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/8

Descripción: En el informe Malespina (Alberola, 1999) se describe que en la zona del valle del Sellent, al noroeste de la población de Estubeny, "*un peñón de mucha magnitud que cayó rodando llevándose tras de si los árboles gruesos de algarrobos y once moreras que encontró, y fue tal la violencia con la que se precipitó que en el penúltimo golpe que dio antes de caer donde existe en el valle, surtió una porción de agua sobre la tierra (que actualmente permanece como embalsada) y con un orroroso salto quedó en el último parage de su precipicio, admirando a quantos han entendido ese subceso por lo extraño de sus circunstancias y las muchas grietas que han quedado en las concavidades de los montes expresados*". La topografía de la zona más probable de caída de este bloque (ver HST17480323.08.03) presenta una zona más o menos plana situada a unos 60 m sobre el nivel del río Sellent, zona en la que se debió producir el embalsamiento de agua como consecuencia del impacto del bloque.

Interpretación: El impacto del bloque se produjo varios metros por encima del cauce del valle en materiales del Triásico ("*y con un orroroso salto quedo en el ultimo parage de su precipicio*"). Estos materiales (arcillas, arenas y yesos) presentan numerosos manantiales y surgencias en la zona del Canal de Navarres, y en particular en el valle del río Sellent (Hernández Pacheco,1923), muchos de ellos alimentados por pequeños acuíferos colgados varios metros sobre el cauce actual del río Sellent. El efecto descrito en la documentación se puede interpretar como un proceso de licuefacción resultado del impacto de un gran bloque desprendido sobre un pequeño acuífero colgado a media ladera. Los materiales posiblemente estarían fluidificados por el movimiento del terremoto, es decir, la fase fluida (agua) habría migrado hacia la parte superior, definiendo una interfase de agua bien definida, compactándose los materiales del acuífero como consecuencia del ascenso del agua; y el impacto del bloque indujo la sobrepresión necesaria para licuefactar los materiales y romper la capa superior confinante y permitir el flujo de agua (¿y lodos?) a la superficie.

Cuantificación: En la documentación no se especifica la superficie ni la profundidad de la zona embalsada resultante del impacto del fragmento desprendido. Tal y como hemos mencionado posiblemente el terreno estaría fluidificado como consecuencia de las vibraciones del terreno, y la expulsión de agua a la superficie se produjo como consecuencia del impacto del bloque desprendido. Las características tan especiales de esta licuefacción no nos permite definir una intensidad concreta según la clasificación ESI-07, tan solo podríamos establecer una intensidad mínima de VII ESI, no obstante y dada su relación directa con un efecto catalogado como de intensidad IX (HST17480323.08.03), podemos establecer una intensidad mínima para este efecto de VIII ESI-07.



Esquema del proceso de licuefacción por impacto.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Alberola Romá, A. (1999): Catástrofe, economía y acción política en la Valencia del siglo XVIII. Diputación de Valencia, 333 pp.
Hernández Pacheco, E. (1923): La montaña de Valencia. Bosquejo geográfico geológico del macizo del Caroche, Real Academia de Ciencias, 22, 306-322.
Informa Malespina (1748): Archivo General de Simancas. Secretaría y Superintendencia de Hacienda, legajo 576, Extracto de lo que resulta de los Autos formados en razón de las aberiguaziones que de R.I. Orn. se han executado, de las Ruynas causadas por los terremotos acaezidos desde el día 23 de Marzo pasado, con expression del costo que se ha considerado por los expertos podrán tener sus reparos y de los acaecimientos singulares que ha habido.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).* *Armando Alberola Romá. Dpto. de Historia Medieval, Historia Moderna y Ciencias y Técnicas Historiográficas (UA).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.09.01 *09.01. Gandía (Valencia)*	EVENTO	HST17480323 ESTUBENY. V		EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Efectos varios	
Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
09 / Gandía (Valencia)	0°11'2,72"O	38° 58'2,16"N	28 m	0 km²	39,5 km	OESTENOROESTE	IX EMS / 6,2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura costera	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	La ciudad de Gandía se sitúa en la llanura costera de muy baja pendiente, en la desembocadura del río Serpis. Se asienta sobre los conos de deyección y depósitos de llanura de inundación del río.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Calizas	Sedimentario; Limos y Arenas	Masiva	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cretácico superior	Holoceno	Sin datos	0,15	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, Ladrillo, Sillería	Iglesia y colegio	Única	Moderados	Sin datos

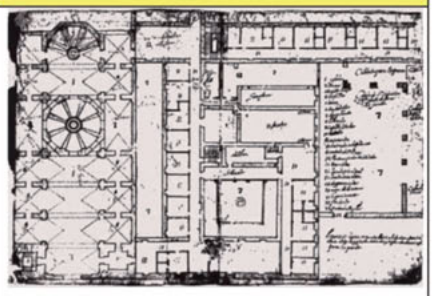
EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	EFECTOS VARIOS: EAE/6

Descripción: Gómez-Ferrer (2012) describe uno de los colegios de los jesuitas en la provincia de Valencia situado en la ciudad de Gandía y activo como tal desde principios del siglo XVII: el colegio de San Sebastián y San Francisco de Borja de Gandía. Según esta autora, y a partir de diferentes documentos (ARV, 1749?), la iglesia y el conjunto de la casa del colegio sufrieron bastante con el terremoto de 1748 y hay constancia documental de que las obras de reparación tanto la iglesia, en especial la torre, como el colegio duraron más de tres años (ARV, 1749?).

Interpretación: Los datos no permiten establecer el tipo concreto de daños, no obstante cabe destacar que los daños referidos implicarían un grado de intensidad VI-VII MSK, y que esta población no está incluida en las localidades con intensidades registradas por el IGN (Martínez-Solares y Mezcua, 2002).

Cuantificación: Los daños referidos se pueden documentar entre los grados VI y VII EMS, pero dado que no se refieren otros daños documentados en la ciudad de Gandía, asignamos a este efecto una intensidad de VI.



Planta del colegio de Gandía conservado en el archivo del Colegio de la Inmaculada de Santa Fe, atribuido al Padre Forcada (primera mitad del siglo XVIII). (Gómez-Ferrer, 2012)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VI	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

ARV, Archivo del Reino de Valencia (1749?): legajo 85, caja 190. Caso general de los remiendos en las paredes y texados de la iglesia y colegio causados por los terremotos que empezaron en 23 de marzo de 1748.
Gómez-Ferrer, M. (2012): La arquitectura jesuítica en Valencia. Estado de la cuestión. En: Actas del Simposio La Arquitectura Jesuítica. Institución Fernando el Católico, 356-392.
Martínez Solares, J.M., Mezcua, J. (2002): Catálogo Sísmico de la Península Ibérica (880 a.C. – 1900). Monografías IGN, 18. IGN, Madrid (Spain), 253 pp.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.10.01 *10.01. Jávea / Xàbia (Alicante)*	EVENTO	HST17480323 ESTUBENY. V		EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Fracturas penetrativas en muros

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
10 / Jávea / Xàbia	0°9'48,26"O	38°47'21,24"N	41 m	0 km²	75 km	NOROESTE	IX EMS / 6,2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura costera	Pendiente del terreno	Muy Baja
Descripción Geológica	Llanura costera situada en una zona de antigua albufera muy próxima a la actual la línea de costa, limitada al norte por fallas orientadas ENE-OSO.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Margas, Calizas arenosas y Arcillas	Sedimentario; calizas	Estratificada / Subhorizontal	Semi consolidado	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno medio	Cretácico superior	Sin datos	0,14	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería	Iglesia	Único	Ligero	Sin determinar

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	FRACTURAS PENETRATIVAS EN MUROS: EAE/5

Descripción: *"La repetición de la noche del 2 de este mes, que en una misma hora se hizo sentir con igual estruendo en Valencia, Orihuela, Murcia, Alicante y Xabea".* Algunos documentos refieren que en la Iglesia de San Bertomeu de Xàbia se produjo una gran grieta que afectó al de la iglesia.

Interpretación: Fachada este de la iglesia, con orientación NO-SE, con una grieta que recorre toda la fachada. Se ha incluido este efecto aunque no se pueda obtener un dato de orientación del daño exacto para incluir a esta población entre las que sufrieron daños como consecuencia del terremoto, ya que en la esta población no aparece con daños asignados en los catálogos del IGN (Martínez Solares y Mezcua, 2002).

Cuantificación: Las roturas en muros de mampostería se documentan a partir de grado V-VI, no obstante, y dado que no se documentan daños en el resto de la ciudad, le asignamos una intensidad de grado V.



Imagen de la iglesia (ayuntamiento de Xàbea). Grieta en el ábside la iglesia (http://www.levante-emv.com)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	V	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:	Martínez, Alfonso (impresor) (1748): Segunda relacion de las noticias, que ultimamente se han recibido de los estragos causados en todo el Reyno de Valencia desde el dia veinte y tres de Marzo... de este año de 1748. Martínez Solares, J.M., Mezcua, J. (2002): Catálogo Sísmico de la Península Ibérica (880 a.C. – 1900). Monografías IGN, 18. IGN, Madrid (Spain), 253 pp.
Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM)*
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España* — Número (Vol.): 2 — Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.10.02 *10.02. Jávea / Xàbia, Bahía de (Alicante)*	EVENTO	HST17480323 ESTUBENY. V	EFECTO	ANOMALÍA EN CUERPOS DE AGUA: AW/5

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
10 / Jávea / Xàbia (Alicante)	0º9'48,26"O	38º47'21,24"N	0 m	Sin determinar	78 Km	OESTENOROESTE	IX EMS / 6,2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Zona Litoral (Bahía / Puerto)	Pendiente del terreno	-
Descripción Geológica	Puerto de Xàbia, situado en una pequeña bahía natural orientada hacia el Sur entre los cabos de San Antonio y de San Martín, al norte del Cabo de la Nao.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Arenas	Cuerpo de Agua	Masivo	Fluido	Ninguno
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Holoceno	No hay materiales afectados	---	0,14	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería	Iglesia	Único	Destructivo	Sin determinar

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	ANOMALÍAS EN CUERPOS DE AGUA: AW/5

Descripción: En la localidad de Xàbia no se produjeron daños importantes aunque en algunos documentos se hace referencia a la población: "*La repetición de la noche del 2 de este mes, que en una misma hora se hizo sentir con igual estruendo en Valencia, Orihuela, Murcia, Alicante y Xàbea*" (Teixido, 1748). En esta población también se hace referencia a efectos en la zona de la bahía de Xàbia (Martínez, 1748): "*se hallaban unos pescadores navegando en una barca, y de improviso se sumergió esta, sin que, hasta ahora, se haya podido descubrir, ni aún el menor resquicio de pescadores, ni barca*".

Interpretación: De la descripción se puede deducir que la sacudida sísmica pudo ocasionar un oleaje anómalo de escala decimétrica y agitación de las aguas en la bahía, como si de una cuenca de agua (embalse o laguna) se tratase. Por otro lado, hay que tener en cuenta que los efectos en mar abierto no son descritos en la Escala ESI-07, pero considerando que el efecto se produce en una zona de bahía en el Mar Mediterráneo, podemos considerarlo análogo a los que se podrían producir en un embalse o laguna.

Cuantificación: El oleaje anómalo de escala decimétrica en cuencas cerradas se puede considerar a partir de una intensidad V ESI-07.



Imagen Goolge Earth de la zona en la que debió producirse el efecto descrito.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	V	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

Martinez, Alfonso (impresor) (1748): Segunda relacion de las noticias, que ultimamente se han recibido de los estragos causados en todo el Reyno de Valencia desde el dia veinte y tres de Marzo... de este año de 1748.

Teixido, Josep (impresor) (1748a?): Relacion de los estragos y desgracias que en el Reyno de Valencia ha ocasionado el nunca visto uracan [sic] y temblor de tierra sucedido en el dia 23 de marzo ...

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.11.01 *11.01. Manuel (Valencia)*	EVENTO	HST17480323 ESTUBENY.V		EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Caida Orientada

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
11 / Manuel (Valencia)	0°29'37,10"O	39°3'9,86"N	53 m	0 km²	12 km	ESTESURESTE	IX EMS / 6,2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura de inundación	Pendiente del terreno	Muy baja
Descripción Geológica	Llanura de inundación del río Albaida (afluente del río Júcar).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Dolomías y Calizas	Sedimentario; limos arenosos	Masiva	No consolidado	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cretácico	Holoceno	Sin datos	0,16	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, ladrillo	Iglesia, casas	Algunas	Ligero-moderado	VII EMS

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	CAÍDAS ORIENTADAS: EAE/7

Descripción: "*Los daños del caserío y su iglesia se estiman en 2724 libras según descripción detallada. En una casa se asoló la techumbre pero sin ocasionar daños personales. El principal daño del templo está en su frontispicio, puerta y campanario*" (Sarthous, 1937).

Interpretación: La fachada principal (Fachada Sur), con orientación NO-SE, fue la más afectada por los daños, afectando principalmente a la zona de la puerta y frontispicio y campanario. La orientación y tipos de daños descritos son coherentes con el acimut de la población al epicentro del terremoto situado al ESE de la localidad. El resto de la población no sufrió daños importantes, tal y como se relata en el Informe Malespina (1748): "*y habiéndose reconocido los daños ocasionados en el (pueblo de Manuel), por los terremotos, se ha verificado como resultado de los autos, haverse solo los acaezidos en la Iglesia parroquial*".

Cuantificación: Dado el tipo de daños descritos y la ausencia de daños mayores en la población asignamos una intensidad de VII.



Imagen de la fachada sur de la iglesia de Manuel.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

Sarthou Carreres, C. (1937): Datos para la Historia de Játiva. Tomo 2. (páginas 193-219).
Informe Malespina (1748): Archivo General de Simancas. Secretaría y Superintendencia de Hacienda, legajo 576, Extracto de lo que resulta de los Autos formados en razón de las aberiguaziones que de R.I. Orn. se han executado, de las Ruynas causadas por los terremotos acaezidos desde el día 23 de Marzo pasado, con expression del costo que se ha considerado por los expertos podrán tener sus reparos y de los acaecimientos singulares que ha habido.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.12.01 *12.01. Montesa (Castillo) (Valencia)*	EVENTO	HST17480323 ESTUBENY.V	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Caída Orientada

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
12 / Montesa (Valencia)	0°39'9,70"O	38°57'6,17"N	334 m	2 ha	9,4 km	NORNORESTE	IX EMS / 6,2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Pequeña mesa	Pendiente del terreno	Muy alta
Descripción Geológica	Pequeña elevación formando una pequeña mesa formada por calciruditas bioclásticas del Mioceno superior sobre el que se sitúa en castillo. Estos materiales se encuentran sobre materiales margosos también del Mioceno superior, en el valle del río Canyonles.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Margas	Sedimentario; calciruditas bioclásticas	Estratificada /Subhorizontal	Consolidada	I (1,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno superior	Mioceno Superior	Sin datos	0,16	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, ladrillo y sillería	Castillo, caserío, casas, iglesia	Múltiples (100%)	Ruina (destrucción total)	IX EMS

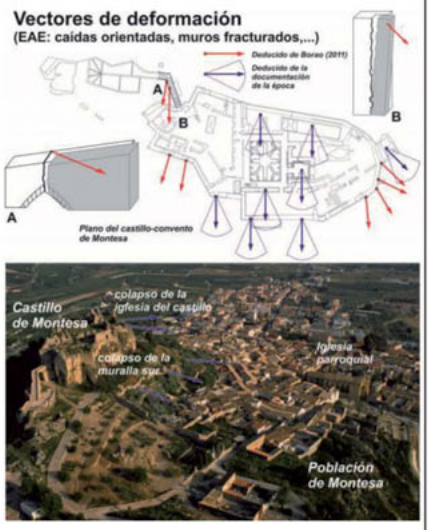
EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	COLAPSOS Y GRIETAS EN MUROS: EAE/8

Descripción: El castillo y sus murallas fueron completamente arrasados por los terremotos: "*El primer terremoto de la mañana del 23 de marzo arruinó la mayor parte del castillo y convento, y lo poco que quedaba la repetición del 2 de abril*" (Carrasco, 1748). "*Demolió el terremoto enteramente el lienzo de la muralla desde el camarín de los maestres hasta la torre que es por medio dia y levante toda la iglesia*" (Teixedo, 1748b), es decir, todo el sur y este de la muralla. Respecto a la iglesia de castillo, que colapsó completamente hacia el sur ("*Porque de la iglesia no quedo sino lo recto de una de sus paredes en la parte inmediata al claustro*"), en la documentación consultada se hace referencia a la deficiente construcción de la época describiendo: "*la desmesurada elevación de sus paredes principales, con una pesadísima bóveda, y careciendo de los correspondientes estribos.... fue causa de que con más facilidad la derribase el terremoto, lo que con bastante probabilidad no hubiese sucedido si los hubiese tenido buenos*" (Carrasco, 1758). Su destrucción y colapso hacia la población aumentó mucho los daños de la ciudad, numerosos autores como Iberola (1999) hacen referencia a que muchos de los daños en la población fueron consecuencia de la avalancha de piedras, cascotes y escombros procedentes del castillo: "*También ha alcanzado en mucha parte esta desgracia a la Población, pues por la violencia del terremoto y por las ruinas del Castillo está casi destruida del todo*" (Carraso, 1748); "*Todo el es un confuso monte de piedras, unas que han quedado en su sitio y otras que han caído monte à baxo por la parte de la villa*" (Ximeno, 1749).

Interpretación: La dirección de los colapsos tiene un acimut claro hacia el sur, ya que la mayor parte la muralla afectada colapsó hacia el sur, al igual que la Iglesia. Este hecho, tal y como apunta Martínez-Solares (2011), amplificó la destrucción producida por el terremoto en la población, debido a la caída hacia el sur de las ruinas del castillo; y este grado de destrucción pudo inducir a localizar erróneamente el epicentro macrosísmico en esta localidad. Borao (2011) realiza un estudio de los daños estructurales del castillo definiendo los vectores de desplazamiento que se deducen de los patrones de deformación observables en las ruinas que aún se conservan, obteniendo también vectores de deformación hacia el S. El acimut hacia el sur no se corresponde con la posición del epicentro, no obstante hay que considerar que, debido a la cercanía de esta población, este acimut de sentido contrario puede estar relacionado con el efecto cercano, como en el caso del terremoto de Lorca de 2011 (Giner-Robles *et al.*, 2012).

Cuantificación: Dado el daño producido en la fortaleza-monasterio y en las casas de la población podemos asignar una intensidad de VIII.



Plano y vectores de colapso y deformación del castillo de Montesa (modificado de Borao, 2011), y fotografía del castillo y de la población.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Alberola Romá, A. (1999): Catástrofe, economía y acción política en la Valencia del siglo XVIII. Diputación de Valencia, 333 pp.
Borao Moreno, M.D. (2011): El castillo-convento de Montesa. Proyecto fin de grado. Universidad Politécnica de Valencia.
Carrasco, E.F. (1748): Relación puntual, circunstanciada de la ruinas, y extragos causados por los terremotos, que se sintieron en varias partes del Reyno de Valencia, los dias 23 de marzo, y 2 de abril de 1748 sacada de las noticias...
Giner-Robles *et al.* (2012): Structural analysis of seismically oriented damage caused by the Lorca earthquake of 11 May 2011: Application to archaeoseismology. Boletín Geológico y Minero, 123 (4): 503-513.
Teixido, Josep (1748b): Relacion del terremoto y sus efectos que padecio el Sacro Convento de Montesa en el dia 23 de Marzo de 1748.
Ximeno, Vicente (1749): Escritores del Reyno de Valencia chronologicamente ordenados desde el año 1238 hasta el año 1748.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).* *Armando Alberola Romá. Dpto. de Historia Medieval, Historia Moderna y Ciencias y Técnicas Historiográficas (UA).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.12.02 *12.02. Montesa, Castillo*	EVENTO	HST17480323 ESTUBENY. VA	EFECTO	OTROS EFECTOS: OT/7

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
12 / Montesa (Castillo) (Valencia)	0°39'7,50"O	38°57'5,58"N	330 m	0 km²	9,4 km	NORNORESTE	IX EMS / 6,2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Pequeña mesa	Pendiente del terreno	Muy alta
Descripción geológica	Elevación formando una pequeña mesa formada por calciruditas bioclásticas del Mioceno superior sobre el que se sitúa en castillo. Estos materiales se encuentran sobre materiales margosos también del Mioceno superior, en el valle del río Canyonles.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Margas	Sedimentario; calciruditas bioclásticas	Estratificada / Subhorizontal	Consolidada	I (1,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno superior	Mioceno Superior	Sin datos	0,16	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, ladrillo y sillería	Castillo, caserío, casas, iglesia	Múltiples (>90%)	Ruina (destrucción total)	IX EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	HUNDIMIENTOS KÁRSTICOS: OT/7

Descripción: En la zona este del castillo se localiza uno de los dos aljibes del monasterio-fortaleza, excavado directamente en la roca y con una capacidad aproximada de 400 m³. Antes del terremoto principal del 23 de marzo, el aljibe estaba prácticamente lleno, y después del terremoto las crónicas de la época narran que se quedó completamente vacío sin que se observasen ni roturas ni grietas, ni siquiera la zona por donde desaguó: "*y hasta una grande cisterna construida en la peña viva, abrió y desaguo por conductos tan ocultos y por aberturas de lo interior del monte: De tal forma que siendo excesivisima la cantidad de agua que contenía, no ha rezumado, ni se ha reconocido, salido por ninguna parte exterior del monte*" (Informe Malespina, 1748). "*La cisterna del patio de dentro se hallava llena de agua y después del terremoto se ha advertido estar vacía siendo así que en cada palmo de ella cabían once mil cántaros, sin haverse advertido por donde se aya desaguado*" (Archivo Histórico Nacional ,1748).

Interpretación: El terremoto debió producir la apertura de grietas en los materiales en los que estaba excavado el castillo de forma que sin llegar a romper de forma visible el aljibe, éste debió perder la impermeabilidad y desaguar toda el agua de forma relativamente rápida (en menos de una semana perdió todo el agua). De forma que los 400 m³ de agua que contenía debieron ser absorbidos por los materiales infrayacentes de forma que no se canalizó de forma visible en el exterior.

Cuantificación: Este tipo de efectos no se consideran en la Escala ESI-07 pero se consignan aquí dentro de la categoría de otros efectos en el límite de las zonas de intensidad VI y VII definidas por otros efectos de la zona.



Imagen de la cisterna afectada.
http://www.nostravalencia.com/cultural/castillomontesa

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:	Archivo Histórico Nacional (1748): Relación del terremoto y sus efectos, que padeció el Sacro Convento de Montesa el día 23 de marzo de este año 1748. Informe Malespina (1748): Archivo General de Simancas. Secretaría y Superintendencia de Hacienda, legajo 576, Extracto de lo que resulta de los Autos formados en razón de las aberiguaziones que de R.I. Orn. se han executado, de las Ruynas causadas por los terremotos acaezidos desde el día 23 de Marzo pasado, con expression del costo que se ha considerado por los expertos podrán tener sus reparos y de los acaecimientos singulares que ha habido.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.12.03 *12.03. Montesa (Iglesia) (Valencia)*	EVENTO	HST17480323 ESTUBENY.V	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Caída Orientada

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
12 / Montesa (Valencia)	0°39'12,65"O	38°56'59,47"N	300 m	0 km²	9,3 km	NORNORESTE	**IX EMS / 6,2 M***

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Valle	Pendiente del terreno	Baja
Descripción Geológica	La ciudad de Montesa se asienta sobre la margen norte del río Canyoles, sobre margas del Mioceno superior y sobre depósitos de ladera del Holoceno, al pie de las elevaciones del Pla de la Santa Creu.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Margas	Sedimentario; margas y gravas	Estratificada / Subhorizontal	Semi-consolidado	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno superior	Mioceno superior y Holoceno	Sin datos	0,16	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, ladrillo y sillería	Castillo, caserío, casas, iglesia	Múltiples (100%)	Ruina (destrucción total)	IX EMS

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	CAÍDAS ORIENTADAS: EAE/8

Descripción: El intendente Malespina en su informe de 1748, establece que la ciudad tenía un total de 154 casas de las cuales después de los terremotos sólo quedaban 18 en pie pero muy "*consentidas y quebrantadas*" (es decir tan sólo un 12% del total). Según las crónicas y documentos consultados una parte de la destrucción producida en la población se produjo como consecuencia del colapso de la estructura del castillo-monasterio sobre esta localidad, colapso que amplificó mucho los daños que se produjeron en la zona norte de la ciudad: "*También ha alcanzado en mucha parte esta desgracia a la Población, pues por la violencia del terremoto y por las ruinas del Castillo está casi destruida del todo*" (Carraso, 1748). La iglesia parroquial de la ciudad, situada al pie del castillo, extramuros de la fortaleza, sufrió importantes daños; según relata el mismo día 23 de marzo el rector de la villa de Montesa: "*en la iglesia de la villa ha caído la bóveda*"; y el día 2 de abril "*se vino abajo la iglesia parroquial*" (Ximeno, 1748).

Interpretación: Madoz (1830) establece que "*siendo las vibraciones de norte a sur*", hecho que parece corroborarse en los efectos inventariados en el castillo (ver HST17480323.12.01). Los daños se acumularon en la parte sur del castillo-fortaleza, la mayoría de los colapsos presentan un acimut hacia el sur o sursureste: "*ayudando ha que fuesse mayor el estrago del terremoto, que arruinó Castillo, y Villa, situada a la parte de Poniente, dexando sin lesión una Granja, que a la parte de Levante y extremo de la falda construyeron, no ha mucho tiempo, los frayles para su recreo*" (Carrasco, 1748). La iglesia parroquial de Montesa está orientada según NE-SO por lo que los daños descritos en la nave son coherentes con la orientación principal de las vibraciones descritas.

Cuantificación: Este tipo de efectos se documentan a partir de grado VII-VIII, y dado el grado de destrucción sufrida por la ciudad, castillo e iglesia asignamos a este efecto una intensidad de VIII.



Vista de la iglesia parroquial de la población de Montesa desde el castillo de la localidad. La iglesia se localizaba en el interior de las murallas de la población pero extramuros de la fortaleza-monasterio de la Orden de Montesa.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

Carrasco, E.F. (1748): Relación puntual, circunstanciada de la ruinas, y extragos causados por los terremotos, que se sintieron en varias partes del Reyno de Valencia, los dias 23 de marzo, y 2 de abril de 1748 sacada de las noticias testimoniales, remitidas por los gobernadores, corregidores y justicias al Excmo Señor Duque de Caylús Gobernador y Capitán General de este dicho reyno y de Murcia. Imprenta de Joshep Mathias Escribano.

Ximeno, Vicente? (1748): Relacion verdadera de los terremotos padecidos en el Reyno de Valencia desde el dia 23 de Marzo del año 1748 y de las Rogativas que se hacen en la ciudad de Valencia, y en otras partes del Reyno, à Dios Nuestro Señor, para que aplaque su ira, y cesse este castigo.Valencia, Joseph Estevan Dolz (ed). Librería de Simon Faure.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.12.04 *12.04. Montesa (Valencia)*	EVENTO	HST17480323 ESTUBENY.V	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8 

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
12 / Montesa (Valencia)	0°39'24,72"O	38°57'4,70"N	326 m	0 km²	9,3 km	NORNORESTE	IX EMS / 6,2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Pequeña mesa	Pendiente del terreno	Muy elevada
Descripción Geológica	Pequeña elevación formando una pequeña mesa formada por calciruditas bioclásticas del Mioceno superior sobre el que se sitúa en castillo. Estos materiales se encuentran sobre materiales margosos también del Mioceno superior, en el valle del río Canyonles.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Margas	Sedimentario; calciruditas bioclásticas	Estratificada / Subhorizontal	Consolidada	I (1,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno superior	Mioceno Superior	Sin datos	0,16	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, ladrillo y sillería	Castillo, caserío, casas, iglesia	Múltiples (100%)	Ruina (destrucción total)	IX EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8

Descripción: Desprendimientos apreciables a unos 200 m al oeste del castillo de Montesa, en la continuación de la pequeña mesa sobre la que se asienta el castillo, afectando a los mismos materiales sobre los que asienta la fortaleza. Muchas de las grietas que se observan en la imagen aérea que parecen estar asociadas a estos desprendimientos, pueden ser anteriores al terremoto, ya que en la documentación de la época se hacía referencia a la mala elección del lugar de construcción del castillo por la gran cantidad de grietas que afectaban al paquete de roca en el que asentaba la fortaleza.

Interpretación: En ninguno de los documentos consultados se hace referencia directa a que se produjeran desprendimientos en esta zona, todas las referencias se centran en la destrucción del castillo, y la caída de sus ruinas ladera abajo desde la zona alta y murallas del castillo (ver HST17480323.12.01). Aunque también hay que tener en cuenta que se hacer referencia sistemática a que se desgajó la peña en la que se asentaba el castillo ("*abriéndose la peña que lo sustentaba*"; Galbis, 1932), hecho que puede interpretarse como resultado de la ocurrencia de procesos gravitacionales (desprendimientos) en estos materiales. Los desprendimientos evidentes en esta mesa, al oeste del castillo, parecen estar concentrados en la zona sur, siendo prácticamente inexistentes en la ladera norte, hecho coherente con el acimut de colapso hacia el sur definido en el contexto de la fortaleza (HST17480323.12.01). En la imagen de Google Earth se observan bloques que superan los 30 m de largo, con volúmenes de aproximadamente 6.000 m³, aunque no parece que hayan tenido desplazamientos significativos (< 50m).

Cuantificación: Los bloques desprendidos en esta localidad poseen dimensiones relativamente importantes, aunque el volumen afectado no parece superar los 60.000 m³ de material. Este tipo de efectos, con las dimensiones observadas, se puede considerar en la Escala ESI-07 una intensidad de VIII.

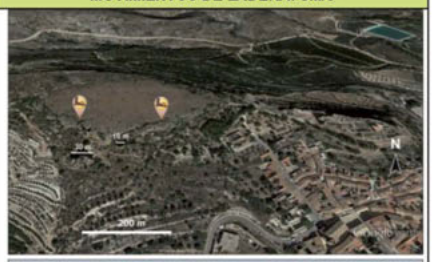




Imagen Google Earth de la localización de los desprendimientos y foto desde el castillo de los materiales afectados.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

Galbis Rodríguez, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5ºE y 20ºW de Greenwich y los paralelos 45° y 25ºN. Dirección General del Instituto Geográfico, Catastral y de Estadística. Tomo I.

Ximeno, Vicente (1749): Escritores del Reyno de Valencia chronologicamente ordenados desde el año 1238 de la christiana conquista de la misma ciudad, hasta el año 1748.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.13.01 *13.01. Sellent (Valencia)*	EVENTO	HST17480323 ESTUBENY.V	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/9

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
13 / Sellent (Valencia)	0°35'13,23"O	39°1'52,27"N	80 m	0 km²	4,1 km	OESTE	IX EMS / 6,2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ápice de abanico aluvial	Pendiente del terreno	Fuerte (25%)
Descripción Geológica	Salida del valle del río Sellent a la llanura de inundación del río Júcar, zona elevada situada en el ápice del abanico aluvial formado por arcillas y, limos y cantos que deposita el Sellent al perder energía al llegar esta zona con menor pendiente.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Arcillas y Yesos	Sedimentario; arcillas y limos	Masiva	Semi-consolidado	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Pleistoceno superior	Sin datos	0,16	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, ladrillo y sillería	Caserío, casas, iglesia	Múltiples (100%)	Ruina (destrucción total)	IX EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/9

Descripción: En la población de Sellent el Informe Malespina describe que se formaron grietas ("*concavidades importantes*") y reconoce "*haberse desmoronado con furioso ímpetu promontorios grandes de su consistencia*". La destrucción en la villa fue tal, que cuando el intendente se reunió con los representantes del pueblo lo hizo debajo de una morera porque no había ningún edificio en el pueblo que reuniera las condiciones de seguridad necesarias. Además, tal y como describe Alberola (1999) el intendente Malespina en su reconocimiento de la zona (Informe Malespina, 1748) recomendaba que para llevar a cabo la reconstrucción se variara la localización de la villa desde el montecillo, que hasta la fecha ocupaba hasta la inmediata llanura, distante no más de un cuarto de legua. Justificaba su recomendación en el hecho de que tras los temblores "*se apreciaban notables fallas en el terreno*". El cronista Sarthou (1922) también cita del Libro de determinaciones del Ilustre Cabildo de la Ciudad de San Felipe 1745-1748 (Archivo Histórico de la Ciudad de Xátiva) que en Sellent, "*en la plaza se abrió una sima sin fondo y de treinta palmos de longitud*", y el cronista Teodoro Llorente refiere que: "*En Enguera, Vallada, Canals, Sellent y demás pueblos de la costera, el terremoto registró una gran intensidad, produciendo desastres, derrumbándose casas, iglesias, campanarios, desprendimiento de peñas abrió grandes grietas en la tierra, llegando a alcanzar una longitud de una legua.*"

Interpretación: Por las descripciones de la documentación consultada la población fue afectada de forma generalizada por las grietas que se formaron como consecuencia de los terremotos. El casco antiguo de la población está situado en un pequeño promontorio (+20 m) sobre el río Sellent. El terremoto debió producir grietas y deslizamientos en todo el perímetro del casco viejo de la población. Las grietas y la destrucción que causaron en la población debieron ser importantes como para que se recomendara abandonar el pueblo y trasladarlo de su situación a zonas más llanas próximas al río.

Cuantificación: No se tienen datos para estimar las dimensiones y orientación de las grietas pero a juzgar por las consideraciones de abandonar la población y trasladarla a otra localización, debieron de ser muy importantes, por lo que consideramos una intensidad de IX en la escala ESI de intensidad.



Mapa topográfico de la población (IGN, 2014) y fotografía del margen oeste del casco antiguo de la población.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

Alberola Romá, A. (1999): Catástrofe, economía y acción política en la Valencia del siglo XVIII. Diputación de Valencia, 333 pp.
Informe Malespina (1748). Archivo General de Simancas. Secretaría y Superintendencia de Hacienda, legajo 576, Extracto de lo que resulta de los Autos formados en razón de las aberiguaziones que de R.I. Orn. se han executado, de las Ruynas causadas por los terremotos acaezidos desde el día 23 de Marzo pasado, con expression del costo que se ha considerado por los expertos podrán tener sus reparos y de los acaecimientos. singulares que ha habido.
Libro de determinaciones del Ilustre Cabildo de la Ciudad de San Felipe 1745-1748: Archivo Histórico de la Ciudad de Xátiva.
Sarthou Carreres, C. (1922): Los terremotos de 1748: un capítulo de la historia de Játiva. Folletín de El Progreso, Játiva.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica, Universidad Autónoma de Madrid. Armando Alberola Romá. Dpto. de Historia Medieval, Historia Moderna y Ciencias y Técnicas Historiográficas. Universidad de Alicante.*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.13.02 *13.02. Sellent (Valencia)*	EVENTO	HST17480323 ESTUBENY.V	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/9 

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
13 / Sellent (Valencia)	0°35'13,23"O	39°1'52,27"N	80 m	4 ha	4,1 km	OESTE	IX EMS / 6,2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ápice de abanico aluvial	Pendiente del terreno	Fuerte (25%)
Descripción Geológica	Salida del valle del río Sellent a la llanura de inundación del río Júcar, zona elevada situada en el ápice del abanico aluvial formado por arcillas y, limos y cantos que deposita el Sellent al perder energía al llegar esta zona con menor pendiente.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Arcillas y Yesos	Sedimentario; arcillas y limos	Masiva	Semi-consolidado	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Pleistoceno superior	Sin datos	0,16	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, ladrillo y sillería	Caserío, casas, iglesia	Múltiples (100%)	Ruina (destrucción total)	IX EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/9

Descripción: En la población de Sellent el Informe Malespina (1748) describe que se formaron grietas ("*concavidades importantes*") y reconoce "*haberse desmoronado con furioso impetu promontorios grandes de su consistencia*".

Interpretación: La mayor parte de las grietas que afectaron a esta población parecen estar relacionadas con procesos gravitacionales (deslizamientos) que afectaron a la zona elevada en la que se asentaba la población (ver HST17480323.13.01). Estos efectos parecen ser muy comunes en las poblaciones afectadas por este evento que se asientan sobre los mismos materiales triásicos: Estubeny, Anna y Chella (ver fichas HST17480323.08, HST17480323.03 y HST17480323.05). Estos materiales se comportaron de forma similar en todo el valle del Sellent provocando deslizamientos importantes. Esta población, y debido a su localización encima de un pequeño promontorio, debió sufrir mucho los efectos de los deslizamientos y de las grietas asociadas a los mismos.

Cuantificación: No podemos establecer el tamaño exacto de los procesos gravitacionales que afectaron a la población pero dadas las características de las grietas presentes en la población (ver HST17480323.13.01) consideramos que los efectos que afectaron a la población pueden asimilarse a una intensidad ESI de IX.



Fotografía del casco viejo de la población de Sellent desde el oeste. Esta zona del pueblo está unida por una pasarela al resto de la población.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

Alberola Roma A. (1999): Catástrofe, economía y acción política en la Valencia del siglo XVIII. Diputación de Valencia, 333 pp.
Archivo General de Simancas. Secretaría y Superintendencia de Hacienda, legajo 576, Extracto de lo que resulta de los Autos formados en razón de las aberiguaziones que de R.I. Orn. se han executado, de las Ruynas causadas por los terremotos acaezidos desde el día 23 de Marzo pasado, con expression del costo que se ha considerado por los expertos podrán tener sus reparos y de los acaecimientos singulares que ha habido.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM). Armando Alberola Roma. Dpto. de Historia Medieval, Historia Moderna y Ciencias y Técnicas Historiográficas (UA).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.13.03 *13.03. Sellent (Iglesia) (Valencia)*	EVENTO	HST17480323 ESTUBENY.V	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Muros colapsados

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
13 / Sellent (Valencia)	0°35'9,12"O	39°1'51,19"N	80 m	0 km²	4,1 km	OESTE	**IX EMS / 6,2 M***

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ápice de abanico aluvial	Pendiente del terreno	Fuerte (25%)
Descripción Geológica	Salida del valle del río Sellent a la llanura de inundación del río Júcar, zona elevada situada en el ápice del abanico aluvial formado por arcillas y, limos y cantos que deposita el Sellent al perder energía al llegar esta zona con menor pendiente.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Arcillas y Yesos	Sedimentario; arcillas y limos	Masiva	Semi-consolidado	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Pleistoceno superior	Sin datos	0,16	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, ladrillo y sillería	Caserío, casas, iglesia	Múltiples (100%)	Ruina (destrucción total)	IX EMS

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	MUROS COLAPSADOS: EAE/7

Descripción: Según el Informe Malespina (1748) "*la violencia del terremoto que experimentó este pueblo el dia 23 de marzo pasado fue con tanto rigor, que en pocos minutos dejo enteramente arruinados todos los edificios sin quedar ninguno habitable y la iglesia enteramente destruida*". La iglesia parroquial de la ciudad (Iglesia de la Purísima Concepción) quedó totalmente arrasada "*quedando solamente las paredes colaterales, llenándose todo el ámbito del promontorio de trozos extraordinarios*" "*multitud de terrage, piedras de las mas grandes de la fabrica, y montones de tierra muy elevados*".

Interpretación: Las paredes más afectadas de la iglesia, totalmente colapsadas, fueron las que se encontraban orientadas según ONO-ESE, mientras que las que se encontraban orientadas según NNE-SSO se mantuvieron en pie (paredes colaterales), daños compatibles con un movimiento principal del suelo orientado según NNE-SSO. Esta orientación, que es subparalela a las deducidas en Montesa (HST17480323.12.01) y Enguera (HST17480323.07.01), es en este caso prácticamente perpendicular al azimut de la población con respecto a la localización del epicentro. Este hecho se puede interpretar como resultado de la cercanía de la población al epicentro del terremoto (aproximadamente 4 km). La descripción de promontorios y grandes montones de tierra parece hacer referencia a movimientos en la vertical de la zona en la que se asentaba la iglesia, ya que además de hacer referencia a piedras de la fábrica, se mencionan "*montones de tierra muy elevados*".

Cuantificación: El grado de destrucción de la iglesia, y el colapso total de los muros colaterales de la iglesia nos permiten establecer una intensidad de mínima de VII.

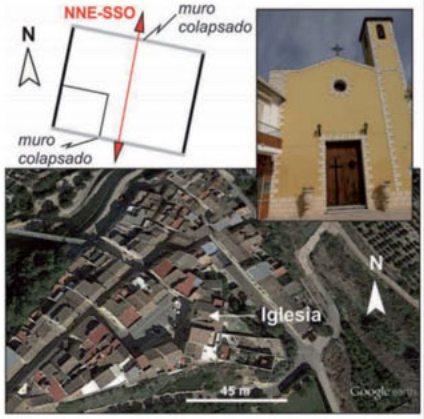


Imagen de Google Earth del pueblo de Sellent, foto de la fachada oeste de la iglesia y esquema de los daños deducidos de la documentación.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:	Informe Malespina (1748): Archivo General de Simancas. Secretaría y Superintendencia de Hacienda, legajo 576, Extracto de lo que resulta de los Autos formados en razón de las aberiguaziones que de R.I. Orn. se han executado, de las Ruynas causadas por los terremotos acaezidos desde el día 23 de Marzo pasado, con expression del costo que se ha considerado por los expertos podrán tener sus reparos y de los acaecimientos singulares que ha habido.		
Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica, Universidad Autónoma de Madrid. QTECT-AEQUA.* *Armando Alberola Romá. Dpto. de Historia Medieval, Historia Moderna y Ciencias y Técnicas Historiográficas. Universidad de Alicante.*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.14.01 *14.01. Simat de la Valldigna, Monasterio (Valencia)*	EVENTO	HST17480323 ESTUBENY. VA	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Caida Orientada

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
14 / Simat de la Valldigna (Valencia)	0°18'18,89"O	39°2'35,09"N	48 m	0 Km²	28,3 km	OESTE	IX EMS / 6,2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Valle	Pendiente del terreno	Muy baja
Descripción Geológica	Zona occidental del Valle de la Valldigna limitado por fallas orientadas OSO-ENE. El monasterio de sitúa sobre limos arenosos de un antiguo cauce fluvial abandonado.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario, Limos arenosos	Sedimentario; margas y calizas	Estratificada	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Holoceno	Cretácico	Sin datos	0,15	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, ladrillo	Monasterio	Único	Ligero / Moderado	VI-VII EMS

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	COLAPSO DE MUROS: EAE/6

Descripción: Sarthou (1937) extracta del documento de 1748 (Archivo Municipal de Xátiva) Relación de lo sucedido en las villas y lugares de la gobernación de la ciudad de Xátiva por causa de los terremotos: "*El monasterio de Nuestra Señora de Valldigna, aunque no se ha hundido, sin embargo ha quedado inhabitable el palacio del señor abad, biblioteca y celda prioral; y arruinado varias paredes, habiéndose de rehacer toda la obra. Los monjes se han retirado mientras tanto al huerto*". También se refiere que en la población de Simat colindante con el monasterio: "*La iglesia y campanario se hallan muy resentidas a causa del terremoto, lo mismo que muchas casas*". No obstante, el Informe Malespina refiere de este monasterio que: "*Habiéndose examinado los daños que se suponían causados se ha verificado como resultado de los autos no haber ninguno*".

Interpretación: Las contradicciones existentes entre los primeros informes de daños recibidos (enviados incluso antes de la ocurrencia del terremoto del 2 de abril) con respecto a lo documentado por el Intendente Malespina, hace más complicado interpretar los daños ocurridos en esta zona. En el monasterio se habla de diversos daños concentrados en la zona más oriental del monasterio, y que algunas estancias están inhabitables, aunque no se concretan los desperfectos sufridos. A nuestro parecer los edificios del convento sufrieron daños leves que el intendente no quiso cuantificar, ya que en otras poblaciones solo cuantifica los daños moderados y graves, dejando sin evaluar los daños menores en poblaciones que no sufrieron grandes destrozos.

Cuantificación: Consideramos que debieron producirse daños leves, pero no lo suficientemente importantes como para superar intensidades de grado VI EMS.





Imagen aérea del Monasterio de Simat de Valldigna y fotografía de las runas del palacio del Abad. (http://www.nostravalencia.com/)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VI	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

Informe Malespina (1748): Archivo General de Simancas. Secretaría y Superintendencia de Hacienda, legajo 576, Extracto de lo que resulta de los Autos formados en razón de las aberiguaziones que de R.I. Orn. se han executado, de las Ruynas causadas por los terremotos acaezidos desde el día 23 de Marzo pasado, con expression del costo que se ha considerado por los expertos podrán tener sus reparos y de los acaecimientos singulares que ha habido.
Sarthou Carreres, C. (1937): Datos para la Historia de Játiva. Tomo 2. (páginas 193-219).

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.15.01 *15.01. Las Sísmicas, Anna (Valencia)*	EVENTO	HST17480323 ESTUBENY. VA	EFECTO	OTROS EFECTOS: OT/8

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
15 / Las Sísmicas, Anna (Valencia)	0º39'5,48''O	39º2'11,30''N	249 m	1,5 ha	1,65 km	ESTESURESTE	**IX EMS / 6,2 M***

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Colina lineal	Pendiente del terreno	Moderada (10-15%)
Descripción geológica	Afloramiento lineal de carbonatos del Triásico en una pequeña colina con importante desarrollo de dolinas. La colina es paralela a los contactos mecanizados del Triásico con el resto de los materiales aflorantes de la zona.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Calizas arcillosas y Dolomías	Sedimentario; calizas arcillosas y dolomías	Estratificada	Consolidada	I (1,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Triásico	Sin datos	Sin datos	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	Sin datos

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	HUNDIMIENTOS KÁRSTICOS: OT/8

Descripción: En la zona se conocen a estos hundimientos kársticos como Las Sísmicas en referencia a su origen sísmico en relación con el terremoto de Estubeny de 1748. En la documentación consultada sobre el terremoto no se hace referencia a estos hundimientos, no obstante se localizan muy próximos a la zona en la que se describen los efectos con intensidades más elevadas (IX EMS), efectos que incluyen numerosos procesos de colapso por agrietamientos y por deslizamientos.

Interpretación: Aunque en la documentación no aparezcan directamente descritos estos colapsos, el topónimo utilizado en la zona y la gran cantidad de efectos de intensidades VIII y IX próximos a este punto, nos permite considerar la posibilidad de que se produjeran a raíz de este terremoto. Y más teniendo en cuenta que los efectos fuera de las poblaciones no son descritos de forma sistemática en los documentos de la época, tal y como indica Hernández-Pacheco (1923). Los colapsos kársticos presentan entre 90 y 40 metros de diámetro, y se desarrollan únicamente en una pequeña banda de afloramiento de materiales carbonatados del Triásico.

Cuantificación: Este tipo de efectos no se consideran en la Escala ESI-07 pero se consignan aquí dentro de la categoría de otros efectos en el límite de las zonas de intensidad VII y VIII definidas por otros efectos.



Imagen de Google Earth de los hundimientos kársticos de la zona conocida como Las Sísmicas (Anna, Valencia).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:	Hernández-Pacheco, E. (1923): La montaña de Valencia. Bosquejo geográfico geológico del macizo del Caroche, Real Academia de Ciencias, 22, 306-322.		
Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.16.01 *16.01. Monasterio de San Juan de la Ribera, Valencia (Valencia)*	EVENTO	HST17480323 ESTUBENY. VA	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Daños en muros

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
16 / Valencia	0°22'31,71"O	39°28'31,40"N	25 m	0 km²	53,6 km	SURSUROESTE	IX EMS / 6,2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura de desembocadura	Pendiente del terreno	Llano
Descripción Geológica	La ciudad de Valencia se localiza en la desembocadura del río Turia. La ciudad se asienta sobre manto de arroyada del río y sobre antiguos cauces fluviales.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Arcillas arenosas	Sedimentario; arcillas arenosas y limos	Masiva	Semi-consolidada	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pleistoceno	Pleistoceno/Holoceno	Sin datos	0,11	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería y ladrillo	Monasterio	Único	Ligero / moderado	V EMS / V MSK

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	DAÑOS EN MUROS: EAE/6

Descripción: En prácticamente toda la documentación consultada se hace referencia a los efectos en la ciudad de Valencia "*que temblaban arcos, columnas y cimientos*" (Granja, 1748); haciendo especial hincapié en que las campanas de la torre del Miguelete sonaron varias veces como consecuencia del terremoto del 23 de marzo: "*Temblaron todos los edificios de aquella capital por espacio de un minuto (poco mas). Que la gran torre de su iglesia metropolitana, llamada el Micalete se conmovió por nueve veces, y otros tanto golpes dio el martillo, separado de su campana mayor*" (Teixido, 1748). En otros documentos también se hace referencia a los daños que sufrió uno de los monasterios extramuros de la ciudad: "*Siendo el convento de Franciscanos Descalzos, extramuros de la ciudad, llamado San Juan de la Ribera, donde más se sintió; y tal, que arrojó a tierra los religiosos enfermos de sus camas, dejando muy maltratada la nueva fábrica de su enfermería*" (Martínez, 1748).

Interpretación: Según las descripciones, la intensidad establecida para la ciudad de Valencia sería de V EMS, no obstante en el convento mencionado la intensidad es, cuanto menos, un grado superior. Este hecho puede deberse a la localización del edifico (actualmente desaparecido), en la misma ribera del río Turia. Esta situación pudo amplificar los daños de manera notable. Esta ficha se incluye para poner de manifiesto que en una misma localidad se pueden dar diferentes grados de intensidad, dependiendo de las condiciones del sustrato en el que se localice el efecto.

Cuantificación: Los efectos descritos en el citado convento se documentarían en el límite de los grados VI-VII; en este caso, y considerando que en la ciudad de Valencia se establece una intensidad de grado V MSK, le asignamos una intensidad de VI.



Imagen de Google Earth del centro de la ciudad, con la localización de la torre de la catedral (El Micalet), y la posición del antiguo monasterio de San Juan Ribera a orillas del río Turia.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VI	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

Granja, Cosme (impresor) (1748): Verdadera relacion de los estragos, sustos, ruinas, y funebres sucessos, que se experimentaron e[n] el dia 23 de marzo del presente año de 1748, en la villa y Castillo de Nuestra Señora de Montesa ... en la ciudad de San Felipe, y ... Reyno de Valencia.

Martinez, Alfonso (impresor) (1748): Segunda relacion de las noticias, que ultimamente se han recibido de los estragos causados en todo el Reyno de Valencia desde el dia veinte y tres de Marzo ... de este año de 1748.

Teixido, Josep (impresor) (1748a?): Relacion de los estragos y desgracias que en el Reyno de Valencia ha ocasionado el nunca visto uracan [sic] y temblor de tierra sucedido en el dia 23 de marzo...

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.17.01 *17.01. Vallada, Iglesia (Valencia)*	EVENTO	HST17480323 ESTUBENY. VA	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Fracturas penetrativas en muros y desplazamientos de bloques

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
17 / Vallada	0°41'31,92"O	38°53'41,88"N	300 m	2,5 ha	16,0 km	NORNORESTE	**IX EMS / 6,2 M***

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Valle	Pendiente del terreno	Baja
Descripción Geológica	La ciudad de Vallada se asienta sobre el margen sur del río Canyoles, sobre margas del Mioceno superior y sobre depósitos de ladera del Holoceno.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Margas	Sedimentario; margas y gravas	Estratificada / Subhorizontal	Semi-consolidado	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno superior	Mioceno superior y Holoceno	Sin datos	0,16	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, ladrillo	Iglesia, casas, casa señorial	Múltiple (75%)	Colapso (ruina)	VII-VIII EMS

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	DIFERENTES EFECTOS ARQUEOLÓGICOS: EAE/8

Descripción: La ciudad de Vallada fue una de las más afectadas por el terremoto:" *La torre (de la iglesia) está abierta por cuatro partes, y la iglesia amenazando ruina, desencajados los arcos, que mantienen la bóveda, de fábrica nueva, las mas de las casas derruidas y otras amenazando ruina*" (Carrasco, 1748). Otros documentos refieren: "*Abiertos los arcos, pilastras y paredes maestras de la mitad de dicha iglesia y dicho campanario abierto desde las campanas pa arriba*" (Ferrán y Salvador, 1926; extractado del Archivo Municipal de Vallada).

Interpretación: En la documentación consultada se refiere la gran destrucción producida por el terremoto en toda la población. La descripciones de la iglesia refieren diferentes efectos: desplazamientos de dovelas de los arcos (dada la orientación de la iglesia según E-O, los arcos más dañados sería los que sostienen la bóveda principal), fracturas penetrativas en los muros maestros de la estructura, desplazamientos de bloques en los principales pilares de la estructura, etc. Las descripciones no nos permiten establecer con exactitud los vectores de deformación que afectaron a esta estructura.

Cuantificación: La mayor parte de estos efectos se documentan a partir de intensidad VII, no obstante y debido a los innumerables daños sufridos en la población en general y la iglesia en particular, asignamos una intensidad de VIII.



Imagen de la iglesia parroquial de Vallada, muy afectada por el terremoto (http://www.valenciaterraimar.org).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

Carrasco, E.F. (1748): Relación puntual, circunstanciada de la ruinas, y extragos causados por los terremotos, que se sintieron en varias partes del Reyno de Valencia, los dias 23 de marzo, y 2 de abril de 1748 sacada de las noticias testimoniales, remitidas por los gobernadores, corregidores y justicias al Excmo Señor Duque de Caylús Gobernador y Capitán General de este dicho reyno y de Murcia. Imprenta de Joshep Mathias Escribano.

Ferrán y Salvador, V. (1926): El Castillo de Montesa, pp.131-140.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.18.01 *18.01. Valle del Sellent (Valencia)*	EVENTO	HST17480323 ESTUBENY.V	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/9

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
18 / Valle del Sellent (Valencia)	0º36'12,57"O	39º1'17,42"N	140 m	1 km²	2,9 km	NOROESTE	IX EMS / 6.2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera de pequeño valle fluvial	Pendiente del terreno	Muy fuerte (35%)
Descripción Geológica	Afloramientos de materiales triásicos (yesos y arcillas) en todo el valle del río Sellent (aproximadamente 4 km de recorrido) entre la población de Estubeny y Sellent; la ladera norte del valle está coronada por un cuerpo de travertinos y calizas travertínicas de edad Plioceno - Pleistoceno situados a varias alturas en diferentes puntos del valle.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario (arcillas y yesos)	Sedimentario (arcillas y yesos)	Masiva	Semi-consolidado	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Triásico	Sin datos	0,16	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, ladrillo y sillería	Caserío, casas, iglesia	Múltiples (100%)	Ruina (destrucción total)	Sin datos

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/9

Descripción: Según Alberola (1999) el intendente Malespina establece en su informe que los terremotos no solo supusieron la destrucción completa de las poblaciones de Estubeny y Sellent, sino que además dejaron marcas indelebles en el terreno. Se produjeron grandes grietas en los montes cercanos (valle del río Sellent): "*y las muchas grietas que han quedado en las concavidades de los montes expresados*", haciendo referencia en varias ocasiones a "*grietas de excesiva magnitud*" (Informe Malespina, 1748). Actualmente en la ladera norte del valle del río Sellent es posible identificar una serie de grietas subparalelas entre sí, desarrolladas en materiales del Triásico (arcillas y yesos). Discurren a lo largo de la ladera norte subparalelas a la traza del valle con orientaciones aproximadas E-O, extendiéndose a lo largo de más de 2 km entre las poblaciones de Sellent y Estubeny. Las grietas aparecen desarrolladas a varias alturas de la ladera, concretamente a +30, +70 y +120 m sobre el cauce del río, llegando a alcanzar longitudes de más de 500 m. Existe otra familia de grietas más desarrolladas en la zona oriental del valle, perpendiculares al río con aperturas métricas y longitudes que pueden llegar a los 120 m.

Interpretación: A partir de las imágenes aéreas de la zona, estas grietas podrían parecer la rotura superficial de la falla que produjo el terremoto, ya que se encuentran entre dos de las poblaciones con mayor intensidad registrada (Estubeny y Sellent, intensidad IX), además de ser subparalelas a algunas de las principales estructuras geológicas de la zona. No obstante, las observaciones de campo descartan esta posibilidad, basadas fundamentalmente en la morfología y características de las mismas. Estas grietas presentan una gran separación en la vertical (en la zona central de las grietas puede llegar a alcanzar los 6 metros); y una gran apertura, que en muchos casos supera los 10 metros. Todos los datos recopilados parecen indicar que la mayor parte de las grietas forman parte de un conjunto de deslizamientos que afecta a los materiales triásicos (ver HST17480323.18.01); aunque la falta de indicios de desplazamiento de los materiales afectados sobre el fondo de valle no nos permite asegurarlo inequívocamente.

Cuantificación: Aunque la mayoría de las grietas puedan asimilarse a procesos gravitacionales (y se cuantifica en la ficha HST17480323.18.01), la duda sobre su origen nos permite cuantificarlas como grietas en el terreno, indicando una intensidad ESI de IX.



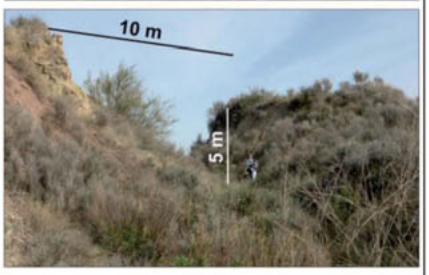


Imagen Google Earth de la localización de la antigua laguna en el meandro abandonado del Rio Almanzora.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

Alberola Roma A. (1999): Catástrofe, economía y acción política en la Valencia del siglo XVIII. Diputación de Valencia, 333 pp.
Informe Malespina (1748): Archivo General de Simancas. Secretaría y Superintendencia de Hacienda, legajo 576, Extracto de lo que resulta de los Autos formados en razón de las averiguaciones que de R.I. Orn. se han executado, de las Ruynas causadas por los terremotos acaezidos desde el día 23 de Marzo pasado, con expression del costo que se ha considerado por los expertos podrán tener sus reparos y de los acaecimientos singulares que ha habido.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM). Armando Alberola Romá. Dpto. de Historia Medieval, Historia Moderna y Ciencias y Técnicas Historiográficas (UA).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.18.02 *18.02. Valle del Sellent (Valencia) (Deslizamientos)*	EVENTO	HST17480323 ESTUBENY.V		EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/9 	
Código / Localidad		Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
18 / Valle del Sellent (Valencia)		0°36'8,82"O	39°1'18,10"N	260 m	1,5 km²	2,9 km	NOROESTE	IX EMS / 6,2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Valle Fluvial	Pendiente del terreno	Fuerte (25 -30%)
Descripción Geológica	Afloramientos de materiales triásicos (yesos y arcillas) en todo el valle del río Sellent (aproximadamente 4 km de recorrido) entre la población de Estubeny y Sellent; la ladera norte del valle está coronada por un cuerpo de travertinos y calizas travertínicas de edad Plioceno - Pleistoceno situados a varias alturas en diferentes puntos del valle.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario, Arcillas y Yesos	Sedimentario, arcillas y yesos	Masiva	Semi-consolidado	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Triásico	Sin datos	0,16	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, ladrillo y sillería	Caserío, casas, iglesia	Múltiples (100%)	Ruina (destrucción total)	Sin datos

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/9

Descripción: Según Alberola (1999) el intendente Malespina establece en su informe (Informe Malespina) que los terremotos no solo supusieron la destrucción completa de las poblaciones de Estubeny y Sellent, sino que además dejaron marcas indelebles en el terreno, produciendo grandes grietas en los montes cercanos (valle del río Sellent): "*En la partida del monte nombrada del Rincon de otro Pueblo, dejó una grieta de excesiva magnitud, y sucedió lo mismo en otros (lugares)*". Muchas de esas "*grietas de excesiva magnitud*" aún son visibles, en materiales del Triásico (arcillas y yesos), en las imágenes aéreas de la zona del valle del río Sellent. Discurren a lo largo de la ladera norte subparalelas a la traza del valle con orientaciones aproximadas E-O, extendiéndose a lo largo de más de 2 km entre las poblaciones de Sellent y Estubeny.

Interpretación: La magnitud de las grietas, tanto en longitud (más de 600 m), como en la separación entre bloques (presentando anchuras superiores a los 10 m) (ver HST17480323.18.01) nos permite considerar que la mayor parte de estas grietas representan las roturas de cabecera de un conjunto de deslizamientos que afecta a los materiales triásicos (arcillas y yesos) en prácticamente toda la ladera norte del valle, abarcando una zona de más de 1,5 km². La importante dinámica fluvial en periodos de avenidas en el fondo de valle nos impide observar claramente el desplazamiento hacia el sur de los materiales deslizados sobre el fondo de valle. La falta de registro del desplazamiento de los materiales no nos permite asegurar el origen gravitacional de estas estructuras, aunque en el fondo de valle es posible observar algún pequeño deslizamiento actual de estos niveles triásicos, lo que indicaría la gran susceptibilidad que presentan estos materiales frente a los procesos gravitacionales. También es importante reseñar que, aunque se han observado grietas similares en los mismos materiales triásicos en algunos municipios cercanos como Estubeny, Sellent y Anna, no se han inventariado grietas de tanta magnitud (sobre todo en apertura).

Cuantificación: Dada la extensión y tamaño de las grietas descritas en la documentación e inventariadas en los trabajos de campo podemos establecer una intensidad en la escala ESI-07 de IX.





Imagen Google Earth de la localización de las grietas de cabecera del deslizamiento y su posible desplazamiento. Vista del valle del Sellent desde Estubeny hacia el este.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

Alberola Roma A. (1999): Catástrofe, economía y acción política en la Valencia del siglo XVIII. Diputación de Valencia, 333 pp.

Informe Malespina (1748): Archivo General de Simancas. Secretaría y Superintendencia de Hacienda, legajo 576, Extracto de lo que resulta de los Autos formados en razón de las aberiguaziones que de R.I. Orn. se han executado, de las Ruynas causadas por los terremotos acaezidos desde el día 23 de Marzo passado, con expression del costo que se ha considerado por los expertos podrán tener sus reparos y de los acaecimientos singulares que ha habido.

Información Recopilada: *Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).*
Armando Alberola Romá. Departamento de Historia Medieval, Historia Moderna y Ciencias y Técnicas Historiográficas (UA).

Ficha Publicada: *Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España* | Número (Vol.): 2 | Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.18.03 *18.03. Valle del Sellent (Valencia) (Desprendimientos)*	EVENTO	HST17480323 ESTUBENY.V	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/9 

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
18 / Valle del Sellent (Valencia)	0°36'3,83"O	39°1'16,51"N	260 m	1,5 km²	2,9 km	NOROESTE	IX EMS / 6,2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Valle Fluvial	Pendiente del terreno	Fuerte (25 -30%)
Descripción Geológica	Afloramientos de materiales triásicos (yesos y arcillas) en todo el valle del río Sellent (aproximadamente 4 km de recorrido) entre la población de Estubeny y Sellent), la ladera norte del valle está coronada por un cuerpo de travertinos y calizas travertínicas de edad Plioceno - Pleistoceno situados a varias alturas en el valle del río Sellent.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario, Arcillas y Yesos	Sedimentario, Calizas travertínicas y travertinos	Masiva	Consolidado	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Plioceno – Pleistoceno	Sin datos	0,16	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, ladrillo y sillería	Caserío, casas, iglesia	Múltiples (100%)	Ruina (destrucción total)	Sin datos

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/9

Descripción: Según Alberola (1999) el intendente Malespina establece que los terremotos no sólo supusieron la destrucción completa de la población de Estubeny y Sellent, sino que además dejaron marcas indelebles en el terreno. Se produjeron grandes grietas en los montes cercanos (valle del río Sellent) que precipitaron un buen número de bloques de notables dimensiones. En el Informe Malespina (1748), en la documentación referida al término de Estubeby se describe alguno de esos desprendimientos: "*Haberse desgajado peñascos grandes de los montes inmediatos y el mayor se arranco y quedo en la falda de la montaña, y otros que saltaron con ímpetu, rodaron a los valles cercanos de ella*"; y también se describen estos efectos en zonas del valle del río Sellent que no hemos podido localizar con exactitud: "*En la partida del monte nombrada del Rincon de otro Pueblo, rebento uno desgajandose un grandísimo peñasco y dejó una grieta de excesiva magnitud, y sucedió lo mismo en otros (lugares)*". Este tipo de desprendimientos que afecta a los niveles de travertinos y calizas travertínicas que coronan la ladera norte del valle del río Sellent, es análogo a los que se reconocen en otras zonas cercanas como Anna (ver HST17480323.03.02), incluso afectando incluso a los mismos materiales como en Estubeny (ver HST17480323.08.03) o Sellent (ver HST17480323.13.02).

Interpretación: La mayor parte de estos desprendimientos parecen estar asociados al deslizamiento que se produce en este valle (ver HST17480323.18.02). Las grandes grietas de cabecera de estos procesos gravitacionales afectan a los paquetes de travertinos que se fracturan desprendiendo bloques de gran tamaño; actualmente aún es posible ver alguno de ellos con tamaños de hasta 10 metros de longitud, situados a media ladera, en el lado norte del valle del Sellent. Independientemente de la relación directa del desprendimiento de los bloques con las grietas de cabecera de los deslizamientos, cabe señalar que en los documentos que describen estos efectos se hace referencia constante a "*reventones de roca*" o "*saltos con ímpetu*"; estas expresiones nos permite interpretar que muchos de los desprendimientos se produjeron directamente por el movimiento del terreno inducido por el sismo, y no inducidos por los procesos de deslizamiento descritos.
Dada la superficie de la zona afectada, alcanzando 1,5 km² de extensión, las coordenadas de localización del efecto deben tomarse como aproximadas.

Cuantificación: La documentación no establece el tamaño de los bloques desprendidos ni el volumen de material movilizado, no obstante, algunos de estos bloques aún son visibles y nos permite establecer su carácter decamétrico. Dada la magnitud de estos bloques y los volúmenes de los materiales movilizados en otros puntos cercanos (sitios HST17480323.03.02, HST17480323.13.02 y HST17480323.08.02) podemos establecer una intensidad en la escala ESI-07 de IX.

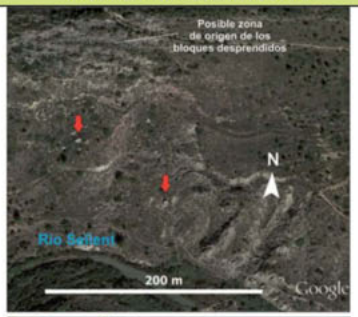




Imagen Google en la que se observan algunos de los bloques desprendidos (aprox. 10x 4 m), e incluso las trazas de las grietas de los deslizamientos. Fotografía de uno de los bloques en la zona más oriental del valle (aprox. 5x4 m).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:
Alberola Roma A. (1999): Catástrofe, economía y acción política en la Valencia del siglo XVIII. Diputación de Valencia, 333 pp.
Informe Malespina: Secretaría y Superintendencia de Hacienda, legajo 576, Extracto de lo que resulta de los Autos formados en razón de las aberiguaziones que de R.I. Orn. se han executado, de las Ruynas causadas por los terremotos acaezidos desde el día 23 de Marzo passado, con expression del costo que se ha considerado por los expertos podrán tener sus reparos y de los acaecimientos...

Información Recopilada: *Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).*
Armando Alberola Romá. Dpto. de Historia Medieval, Historia Moderna y Ciencias y Técnicas Historiográficas (UA).

Ficha Publicada: *Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España* | Número (Vol.): 2 | Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.19.01 *19.01. Xátiva, Sierra Vernisa (Valencia)*	EVENTO	HST17480323 ESTUBENY.V	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8 

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
19 / Xátiva (Valencia)	0°31'45,53"O	38°58'52,36"N	200 m	4 ha	11 km	NOROESTE	IX EMS / 6,2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Frente montañoso /piedemonte	Pendiente del terreno	Muy fuerte (>45%)
Descripción Geológica	La ciudad de Xátiva (llamada San Felipe en 1748) se sitúa en la llanura aluvial del río Cañoles (afluente del Júcar), llanura de escasa pendiente que se desarrolla a lo largo de la comarca de *La Costera*. La ciudad se localiza al pie de la Sierra Vernisa (margas y dolomías del Cretácico superior) sobre los conos de deyección y depósitos de ladera (gravas y arcillas rojas, Pleistoceno superior/Holoceno) aportados por los torrentes que drenan esta sierra, aunque la parte más moderna de la ciudad se asienta sobre la terraza baja del río (+5 m) (arenas y arcillas).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Margas y Dolomías	Sedimentario; dolomías	Masiva	Consolidado	I (1,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cretácico superior	Cretácico superior	Sin datos	0,16	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, Ladrillo, Sillería	Casas, Iglesias, Castillo, Murallas	Múltiples (>75%)	Destrucción (nivel 4)	VII-VIII EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8

Descripción: En la zona SO de la ciudad, en el valle de subida hacia el paso de la Sierra de Vernisa hacia el sur (Puerto de Bixquert) se localizan numerosos bloques de dolomías del Cretácico desprendidas de la parte superior de la sierra por el terremoto. El área en la que se observan los bloques tiene una superficie cercana a las 4 ha. En los mapas turísticos de la ciudad se marca esta zona como "*Desprendimientos del terremoto de 1748*", siendo identificada también por Alonso y Boluda (1996) como zona de caída de rocas por el terremoto.

Interpretación: En esta zona de la Sierra Vernisa, que está orientada según NE-SO, el análisis de fotos e imágenes aéreas de la zona, y la inspección de campo, permite reconocer las caídas de rocas del terremoto que aún se conservan al pie del Puerto de Bixquert. La posible área fuente de los desprendimientos parece ser un escarpe subvertical de las dolomías del Cretácico superior que conforman mayoritariamente esta sierra (situada unos 100 metros por encima de la zona en la que se encuentran los bloques de mayor tamaño) en la que se pueden observar aún bloques decamétricos desprendidos al pie del escarpe. En muchos casos los bloques desprendidos están limitados por superficies estriadas de fallas, lo que le confieren a la mayoría de los bloques límites más o menos planos. El tamaño de los bloques presenta una clara bimodalidad: bloques de gran tamaño (>75 m³) (aproximadamente una veintena), y bloques (muy numerosos) de dimensiones medias (< 20 m³). Los planos de anisotropía observados (fundamentalmente planos de falla y de estratificación) posiblemente fueron los que potenciaron la caída de los bloques, y definen la forma de los fragmentos de mayor tamaño (> 75 m³). La caída de bloques en esta localidad parece estar condicionada por la orientación principal de la Sierra, las áreas afectadas por este proceso (siempre en la vertiente norte de la sierra) están limitadas a las zonas de la Sierra con pendientes orientadas según 330°, acimut coherente con la posición del epicentro del terremoto.

Cuantificación: Los bloques desprendidos en esta zona poseen dimensiones de hasta 6x4x4 m (aproximadamente 100 m³) y cayeron hacia el noroeste con recorridos de hasta 300 m. En conjunto, el volumen de materiales movilizados es de como mínimo de 4.000 m³. Este tipo de efectos, con las dimensiones observadas, se consideran en la Escala ESI-07 a partir de intensidad VIII.





a) Imagen Google Earth de la localización de los desprendimientos.
b) Imagen de los bloques de mayor tamaño (>75 m³) (a modo de escala la flecha blanca señala a una persona).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:	Alonso Llorca, J. y Boluda Perucho, A. (1996): Runes i rogatives: els terratremols del 1748 a Xàtiva. Papeles de la Costera, 7-8, 83-94.		
Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.19.02 *19.02. Xátiva (Valencia)*	EVENTO	HST17480323 ESTUBENY.V	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8 

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
19 / Xátiva (Valencia)	0°31'30,07"O	38°59'7,86"N	145 m	0 km²	11 km	NOROESTE	IX EMS / 6,2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Frente montañoso / piedemonte	Pendiente del terreno	Muy fuerte (>45%)
Descripción Geológica	La ciudad de Xátiva (San Felipe en 1748) se sitúa en la llanura aluvial del río Cañoles (afluente del Júcar), llanura de escasa pendiente que se desarrolla a lo largo de la comarca de *La Costera*. La ciudad se localiza al pie de la Sierra Vernisa (margas y dolomías del Cretácico superior) sobre los conos de deyección y depósitos de ladera (gravas y arcillas rojas, Pleistoceno superior/Holoceno) aportados por los torrentes que drenan esta sierra, aunque la parte más moderna de la ciudad se asienta sobre la terraza baja del río (+5 m) (arenas y arcillas).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Margas y Dolomías	Sedimentario; margas y dolomías	Masiva	Consolidado	I (1,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cretácico superior	Cretácico superior	Sin datos	0,15	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, Ladrillo, Sillería	Casas, Iglesias, Castillo, Murallas	Múltiples (>75%)	Destrucción (nivel 4)	VII-VIII EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8

Descripción: Alonso y Boluda (1996) apuntan que el nombre de una calle de la localidad de Xátiva (*Calle del Cantal Gentil*), situada en la zona SO de la ciudad al pie de la Sierra de Vernisa, está relacionado con los desprendimientos de roca producidos por el terremoto. Estos autores relacionan el nombre con la caída de un gran bloque (cantal) que se detuvo justo en la entrada de esta calle, de ahí el "agradecido" nombre de la calle.

Interpretación: En esta zona de la sierra se observa un escarpe en las dolomías cretácicas que podría ser el área fuente del bloque (cantal) desprendido. El perfil de elevaciones de la posible trayectoria (más de 400 m) muestra una disminución progresiva de la pendiente del terreno desde pendientes muy elevadas (>40%) en la zona del área fuente hasta pendientes muy bajas, que llegan a ser menores de 7% en la calle mencionada. Las caídas de rocas documentadas en la ciudad de Xátiva por el terremoto parecen estar condicionadas por la directriz de orientación de la Sierra de Vernisa. Estos procesos gravitacionales están situados en el área en la que la sierra tiene una orientación según N60°E (orientación perpendicular al acimut de este punto con el epicentro del terremoto), con una pendiente muy fuerte hacia N330°. En cambio en la zona del castillo, zona en la que no se documentan caídas de rocas importantes aunque existen escarpes similares, la orientación de la sierra es más este oeste, es decir peor orientada hacia el epicentro del terremoto, hecho que podría explicar la menor ocurrencia de procesos gravitacionales en este sector de la ciudad.

Cuantificación: No hay referencia al tamaño de este bloque pero debía de ser de considerable tamaño para influir en el nombre de la calle. Considerando el volumen y tamaño de los bloques caídos observados hacia el oeste a menos de 500 m de este punto (6x4x4m) (ver sitio HST17480323.19.01), podemos considerar una intensidad VIII en la Escala ESI-07.



Calle del Cantal Gentil en la localidad de Xátiva, a pie de Sierra de Vernisa. Las casas del fondo de la fotografía no existían en 1748.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:	Alonso Llorca, J. y Boluda Perucho, A. (1996): Runes i rogatives: els terratremols del 1748 a Xàtiva. Papeles de la Costera, 7-8, 83-94.		
Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.19.03 *19.03. Castillo Xátiva (Valencia)*	EVENTO	HST17480323 ESTUBENY. V	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Efectos varios

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
19 / Xátiva (Valencia)	0°31'4,57"O	38°58'58,46"N	267 m	4 ha	11 km	NOROESTE	IX EMS / 6,2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Frente montañoso / piedemonte	Pendiente del terreno	Muy fuerte (>45%)
Descripción Geológica	La ciudad de Xátiva (San Felipe en 1748) se sitúa en la llanura aluvial del río Cañoles (afluente del Júcar), llanura de escasa pendiente que se desarrolla a lo largo de la comarca de *La Costera*. La ciudad se localiza al pie de la Sierra Vernisa (margas y dolomías del Cretácico superior) sobre los conos de deyección y depósitos de ladera (gravas y arcillas rojas, Pleistoceno superior/Holoceno) aportados por los torrentes que drenan esta sierra, aunque la parte más moderna de la ciudad se asienta sobre la terraza baja del río (+5 m) (arenas y arcillas).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Margas y Dolomías	Sedimentario; margas y dolomías	Masiva	Consolidado	I (1,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cretácico superior	Cretácico superior	Sin datos	0,15	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, Ladrillo, Sillería	Casas, Iglesias, Castillo, Murallas	Múltiples (>75%)	Destrucción (nivel 4)	VII-VIII EMS

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	EFECTOS VARIOS: EAE/8

Descripción: Del castillo de Xátiva no se hicieron valoraciones de los daños, ni por las autoridades de Xátiva ni por el Intendente Malespina. El castillo y sus infraestructuras defensivas sufrieron importantes daños en la Guerra de Sucesión, posteriormente se abandonó y no fue reparado; y el terremoto dañó aún más las dependencias que quedaban en pie. Sarthou (1937) refiere "*que ningún documento del archivo municipal trata de visuras ni detalles referentes al derruido castillo; sólo incidentalmente se deduce que quedó tan maltrecho (por el terremoto) que fue abandonado por inútil, sin que se pesara ya en su restauración*". Indirectamente a partir de otros documentos, Sarthou (1937) refiere: "*Sabemos que el terremoto derrumbó la torre romana de treinta pies de altura, cuya base perdura frente al capilla; de esta arruinó las primeras bóveda y muro testero de pies. Asoló la sala del duque de Calabria con destrozo de artesonados, pisos, muros, puertas y ventanales. Desmoronó las torres el homenaje, San Jorge y otras, como cubos árabes y muros y puertas góticas, salas, cuadras y otros detalles y departamentos, que dejó unos asolados y los mas, inservibles*".

Interpretación: El castillo asentado en la zona oriental de la Sierra de Vernisa, sufrió muchos daños, aunque no se refieren detalles que nos permitan establecer la orientación de los daños producidos. No hay referencias a desprendimientos importantes como los ocurridos en la zona más occidental de esta sierra (ver HST17480323.19 01 Y 02); este hecho puede ser por la diferente orientación de los tramos de la sierra: en la parte más occidental, con pendientes orientadas según 330º, acimut coherente con la posición del epicentro del terremoto, se produjeron desprendimientos, mientras que en la zona más oriental, en la que se asienta el castillo con pendientes prácticamente N-S, no se documentan desprendimientos importantes.

Cuantificación: Los daños tan ampliamente extendidos, tanto en la ciudad como en las diferentes infraestructuras del castillo, se documentan a partir de intensidades VII-VIII EMS, no obstante, y debido al grado de destrucción en el castillo y en la localidad, podemos establecer una intensidad de grado VIII.



Imagen aérea del Castillo de Xátiva sobre la ciudad. (Foto: Generalitat Valenciana)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:	Sarthou Carreres, C. (1937): Datos para la Historia de Játiva. Tomo 2. (páginas 193-219).		
Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.19.04 *19.04. Seo, Xátiva (Valencia)*	EVENTO	HST17480323 ESTUBENY. V	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Bloques y muros desplazados

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
19 / Xátiva (Valencia)	0°31'18,65"O	38°59'16,79"N	125 m	0 km²	11 km	NOROESTE	**IX EMS / 6,2 M***

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura aluvial /piedemonte	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	La ciudad de Xátiva (San Felipe en 1748) se sitúa en la llanura aluvial del río Cañoles (afluente del Júcar), llanura de escasa pendiente que se desarrolla a lo largo de la comarca de *La Costera*. La ciudad se localiza al pie de la Sierra Vernisa (margas y dolomías del Cretácico superior) sobre los conos de deyección y depósitos de ladera (gravas y arcillas rojas, Pleistoceno superior/Holoceno) aportados por los torrentes que drenan esta sierra, aunque la parte más moderna de la ciudad se asienta sobre la terraza baja del río (+5 m) (arenas y arcillas).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Arcillas, Calizas y Conglomerados	Sedimentario; gravas y arcillas	Masiva	Sin consolidar / Consolidado	IV (2,0) / I (1,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Tortoniense-Plioceno	Pleistoceno-Holoceno	Sin datos	0,15	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, Ladrillo, Sillería	Casas, Iglesias, Castillo, Murallas	Múltiples (>75%)	Destrucción (nivel 4)	VII-VIII EMS

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	CAÍDAS ORIENTADAS: EAE/7

Descripción: La colegiata, o la Seo de Xátiva, sufrió algunos daños en su estructura. Alonso y Boluda (1996) asignan varias grietas y aperturas en la zona norte del crucero de la iglesia a este terremoto; aunque Sarthou (1937) apunta que esos desperfectos eran, bien de un terremoto anterior, o bien debidos a la utilización de diferentes materiales en su construcción. Los daños que se asigna es esta crónica a la colegiata de la ciudad son: "*el arrancar las cruces de las dos fachadas laterales del crucero y arrojar una bola de piedra de la fachada norte quebrando la otra*", "*El terremoto del 2 de abril aumentó todas las grietas de los arcos, bóvedas, fachadas y muros y demolió tabiques y carrerones que arman el tejado del crucero*".

Interpretación: La información no nos permite establecer con exactitud cuál fue el acimut de caída de los ornamentos a los que se refieren los documentos consultados. Los daños observables en la fachada del testero norte del edificio muestra vectores de desplazamientos coherentes con el acimut del epicentro del terremoto, aunque es importante reseñar que son Alonso y Boluda (1996) los que asignan estos daños al terremoto de marzo de 1748, mientras que Sarthou (1937) los considera anteriores a la ocurrencia de este evento. El intendente Malespina no consigno daños importantes en esta iglesia, aunque sí lo hizo en la práctica totalidad de los edificios religiosos y civiles de la ciudad, tanto de los que se encontraban intramuros, como de muchas estructuras, como molinos y alquerías situados en las huertas de la ciudad, aunque de estos últimos no valoró sus daños al entender que eran sus dueños los que tendrían que afrontar las reparaciones.

Cuantificación: Las caídas de objetos ornamentales se documentan a partir de grado VI EMS y las roturas y desplazamientos en muros a partir de intensidad VII. No obstante, los daños descritos en prácticamente la totalidad de los edificios religiosos de la ciudad, castillo, murallas, y gran número de casas de la ciudad (Informe Malespina, 1748; Sarthou, 1937), nos permite asignar una intensidad de VII.



Fachada SO del crucero norte del testero (orientación N150°E)



Portada norte del crucero (orientación N60°E)



Daños observados en la colegiata de Xátiva.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

Alonso LLorca, J. y Boluda Perucho, A. (1996): Runes i rogatives: els terratremols del 1748 a Xàtiva. Papeles de la Costera, 7-8, 83-94.
Informe Malespina (1748): Archivo General de Simancas. Secretaría y Superintendencia de Hacienda, legajo 576, Extracto de lo que resulta de los Autos formados en razón de las averiguaziones que de R.I. Orn. se han executado, de las Ruynas causadas por los terremotos acaezidos desde el día 23 de Marzo pasado, con expression del costo que se ha considerado por los expertos podrán tener sus reparos y de los acaecimientos. singulares que ha habido.
Sarthou Carreres, C. (1937): Datos para la Historia de Játiva. Tomo 2. (páginas 193-219)

Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17480323.19.05 *19.05. Xátiva, (Valencia)*	EVENTO	HST17480323 ESTUBENY.V	EFECTO	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/8

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
19 / Xátiva (Valencia)	0°31'18,65"O	38°59'16,79"N	125 m	0 km²	11 km	NOROESTE	IX EMS / 6,2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura aluvial /piedemonte	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	La ciudad de Xátiva (San Felipe en 1748) se sitúa en la llanura aluvial del río Canyoles (afluente del Júcar), llanura de escasa pendiente que se desarrolla a lo largo de la comarca de *La Costera*. La ciudad se localiza al pie de la Sierra Vernisa (margas y dolomías del Cretácico superior) sobre los conos de deyección y depósitos de ladera (gravas y arcillas rojas, Pleistoceno superior/Holoceno) aportados por los torrentes que drenan esta sierra, aunque la parte más moderna de la ciudad se asienta sobre la terraza baja del río (+5 m) (arenas y arcillas).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Arcillas, Calizas y Conglomerados	Sedimentario; gravas y arcillas	Masiva	Sin consolidar / Consolidado	IV (2,0) / I (1,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Tortoniense-Plioceno	Pleistoceno-Holoceno	Sin datos	0,15	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, Ladrillo, Sillería	Casas, Iglesias, Castillo, Murallas	Múltiples (>75%)	Destrucción (nivel 4)	VII-VIII EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LICUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/8

Descripción: En *Libro de determinaciones del Ilustre Cabildo de la Ciudad de San Felipe* (antigua Xátiva) (Alonso y Boluda, 1996), se hace la siguiente descripción: "*Al mismo tiempo, el aire subterráneo causaba un bramido y susurro tan sordo y espantoso, y un tal estremecimiento de la tierra y temblores que cada cual discurría se desplomaba la casa en que se encontraba o que la tierra se le sorbia*". En el archivo de la ciudad de Xátiva (Shartou, 1937), se encuentran varios documentos en los que se describe la visita de inspección de los daños que se realizó por arquitectos y maestros de obras para establecer las actuaciones necesarias para reparar los daños del terremoto se hace referencia que en el Peso Real (actualmente parte del Museo de L´Almodí); entre otras reparaciones había que "*dar salida a las aguas del patio de dicha oficina hasta introducirlas en la acequia madre. Empedrar el patio o deslunado*", daños asignables a un proceso de licuefacción.

Interpretación: La expresión de la tierra "*se le sorbia*" (al edificio) nos permite establecer la posible ocurrencia de fenómenos de licuefacción en la ciudad de Xátiva, ya que establece una diferencia entre el desplome del edificio y el otro proceso que parece hacer referencia a la licuefacción del terreno sobre el que se asienta y el posterior hundimiento del mismo en los materiales licuefactados. Las reparaciones que se indican para el Peso Real describen daños compatibles con un proceso de licuefacción; el agua en el interior del edificio haría referencia a las aguas y lodos que surgen a la superficie como resultado de este tipo de procesos y la reparación del empedrado del patio nos indicaría las zona por la que se expulsaron estos materiales a la superficie. Los daños asociados a las licuefacciones en la ciudad de Xátiva no parecen ser generalizados. Los materiales sobre los que se asienta la ciudad (depósitos de conos de deyección y depósitos de ladera), no parecen ser los más adecuados para sufrir un proceso de este tipo. No obstante, y dada la proximidad del río Canyoles, estos procesos pueden estar relacionados con meandros o canales abandonados del río formados por materiales mucho más susceptibles de sufrir procesos de licuefacción y que evidentemente presentarían una distribución mucho más restringida, lo que explicaría el hecho de que no sean procesos generalizados en la ciudad.

Cuantificación: En la documentación consultada no se describen directamente este tipo de procesos, solo son interpretables a partir de las descripciones de los daños. Por lo tanto no podemos establecer las dimensiones ni de los *craterlets* (bocas de emisión de materiales) ni de los posibles volcanes de arena. No obstante, las descripciones de las consecuencias de estos procesos en las edificaciones ("*que la tierra se le sorbia*") nos permite establecer una intensidad ESI de VIII.



Vista de la ciudad de Xátiva desde la subida al castillo. Según la documentación consultada, las zonas más dañadas de la ciudad se correspondían con la parte de la villa situada al oeste fuera de las murallas de la ciudad, denominada "el arrabal" y al denominado barrio de la Merced, en el que se encuentra el edificio del Peso Real.

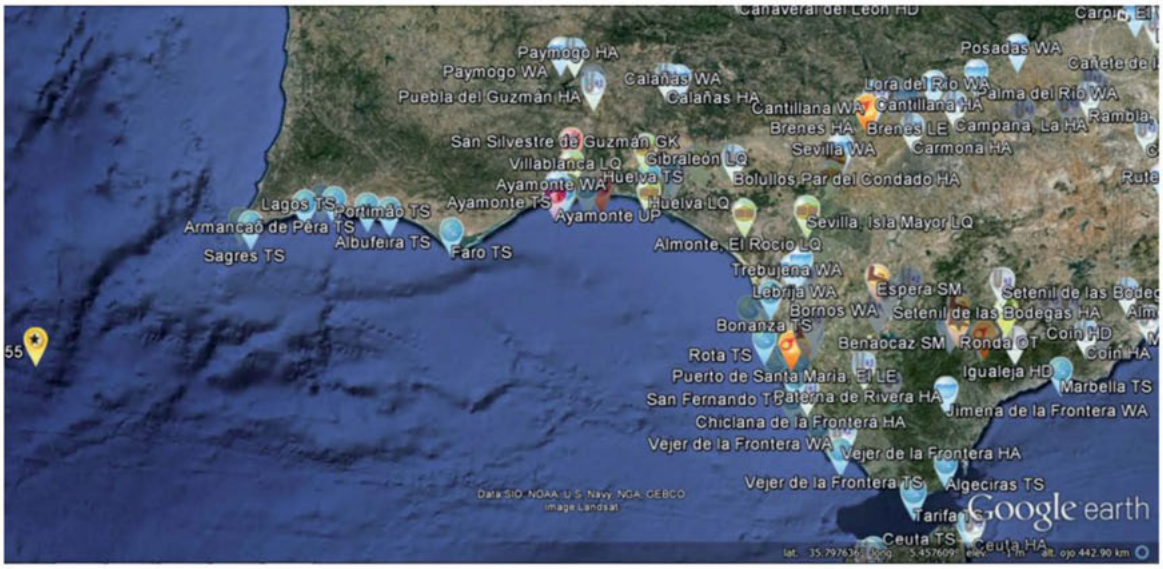
EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:	Alonso Llorca, J. y Boluda Perucho, A. (1996): Runes i rogatives: els terratremols del 1748 a Xàtiva. Papeles de la Costera, 7-8, 83-94. Libro de determinaciones del Ilustre Cabildo de la Ciudad de San Felipe 1745-1748. Archivo Histórico de la Ciudad de Xátiva. Sarthou Carreres, C. (1937): Datos para la Historia de Játiva. Tomo 2. (páginas 193-219).		
Información Recopilada	*Jorge L. Giner Robles. Departamento de Geología y Geoquímica (UAM).* *Armando Alberola Romá. Dpto. de Historia Medieval, Historia Moderna y Ciencias y Técnicas Historiográficas (UA).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

9.9. HST 17551101 SW CABO SAN VICENTE (Atlántico) 1755 AD Terremoto de Lisboa (Histórico Reciente, Siglo XVIII)

INFORMACIÓN MACROSÍSMICA HST 17551101: SW. CABO S. VICENTE. (Océano Atlántico) 1755 AD											EFECTOS GEOLÓGICOS	
EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO	
HST 17551101*AD*	10:16	10°00' O	36°30' N	8,5 M*	XI-XII(1)	XII(1)	XI(1)	D	A	A	SW. Cabo San Vicente. Océano Atlántico	
Tipo de Efectos Catalogados											Número de Fichas 00	753 EEEs

Imagen Google Earth de la localización de efectos catalogados en la zona epicentral



Información macrosísmica catalogada

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
01.01 Abanto	1° 41' 57,18" O	41° 08' 17,65" N	HD	SO 884 Km	V	V	V
02.01 Acered	1° 36' 15,47" O	41° 10' 13,73" N	HD	SO 892 Km	IV-V	IV	IV
03.01 Adrada De Pirón	4° 02' 59,64" O	41° 03' 05,72" N	HD	SO 722 Km	V	IV	IV
04.01 Aforados De Losa	3° 23' 54,64" O	43° 01' 13,81" N	HD	SO 918 Km	III (Zona)	III	IV
05.01 Agadir	9° 36' 14,82" O	30° 25' 17,47" N	TS	N 676 Km	EN	VIII	VIII
06.01 Agramón (Tolmo de Minateda) *	1° 36' 21,52" O	38° 28' 31,08" N	SM	SO 772 Km	V-VI	V	VII
07.01 Agreda	1° 55' 10,76" O	41° 51' 18,61" N	HD	SO 915 Km	IV-V	IV	IV
08.01 Aguilafuente	4° 06' 42,99" O	41° 13' 40,61" N	HA	SO 731 Km	V	IV	IV
09.01 Aigües De Ribes	2° 09' 36,00" E	42° 16' 12,00" N	HD	SO 1224 Km	I	III	IV
09.02 Aigües De Ribes	2° 09' 36,00" E	42° 16' 12,00" N	HA	SO 1224 Km	I	III	IV
10.01 Alaejos	5° 13' 00,32" O	41° 18' 27,25" N	HA	SO 675 Km	V	V	V

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto		Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
10.02 Alaejos	5° 13' 00,32" O	41° 18' 27,25" N	WA		SO 675 Km	V	V	V
11.01 Albaida	0° 31' 11,52" O	38° 50' 30,50" N	WA		SO 873 Km	IV-V	IV	IV-V
12.01 Albalá Del Caudillo	6° 11' 06,08" O	39° 15' 20,51" N	LE		SO 453 Km	VI	VI	VI
13.01 Albanyá	2° 43' 12,71" E	42° 18' 16,37" N	HD		SO 1267 Km	I	III	IV
13.02 Albanyá	2° 43' 12,71" E	42° 18' 16,37" N	HA		SO 1267 Km	I	III	IV
14.01 Albinyana	1° 29' 10,76" E	41° 14' 45,55" N	WA		SO 1124 Km	I	III	IV
15.01 Albufeira	8° 14' 52,34" O	37° 05' 20,41" N	TS		SO 169 Km	D	X	X
16.01 Alburquerque	7° 00' 03,67" O	39° 13' 11,53" N	HA		SO 400 Km	VI-VII	VI	VI
16.02 Alburquerque	7° 00' 03,67" O	39° 13' 11,53" N	WA		SO 400 Km	VI-VII	VI	VI
17.01 Alcalá De Henares	3° 22' 09,30" O	40° 28' 49,20" N	HA		SO 726 Km	V-VI	V	V
18.01 Alcalá De Los Gazules	5° 43' 23,23" O	36° 27' 46,61" N	HD		NO 382 Km	VI	VI	VII-VIII
18.02 Alcalá De Los Gazules	5° 43' 23,23" O	36° 27' 46,61" N	HA		NO 382 Km	VI	VI	VII-VIII
18.03 Alcalá De Los Gazules	5° 43' 23,23" O	36° 27' 46,61" N	WA		NO 382 Km	VI	VI	VII-VIII
19.01 Alcalá La Real	3° 55' 46,02" O	37° 27' 35,25" N	HA		SO 549 Km	VI-VII	VI	VII
20.01 Alcántara	6° 53' 15,15" O	39° 43' 13,59" N	HD		SO 449 Km	VII	VI	VI
20.02 Alcántara	6° 53' 15,15" O	39° 43' 13,59" N	HA		SO 449 Km	VII	VI	VI
20.03 Alcántara	6° 53' 15,15" O	39° 43' 13,59" N	WA		SO 449 Km	VII	VI	VI
21.01 Alcaracejos	4° 58' 01,53" O	38° 23' 11,62" N	HA		SO 491 Km	V-VI	VI	VI
21.02 Alcaracejos	4° 58' 01,53" O	38° 23' 11,62" N	WA		SO 491 Km	V-VI	VI	VI
22.01 Alcaudete	4° 05' 15,04" O	37° 35' 24,48" N	HA		SO 538 Km	V-VI	VI	VI
23.01 Alcoi	0° 28' 23,46" O	38° 41' 54,13" N	WA		SO 873 Km	V	IV	IV
24.01 Alcuéscar	6° 13' 46,31" O	39° 10' 52,35" N	HD		SO 445 Km	V-VI	VI	VII
24.02 Alcuéscar	6° 13' 46,31" O	39° 10' 52,35" N	HA		SO 445 Km	V-VI	VI	VII
24.03 Alcuéscar	6° 13' 46,31" O	39° 10' 52,35" N	LE		SO 445 Km	V-VI	VI	VII
25.01 Aldeanueva De Barbarroya	5° 01' 10,03" O	39° 45' 32,63" N	HA		SO 566 Km	IV	V	V
25.02 Aldeanueva De Barbarroya	5° 01' 10,03" O	39° 45' 32,63" N	LE		SO 566 Km	IV	V	V

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto		Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
26.01 Aldeanueva Del Codonal	4° 32' 36,04" O	41° 05' 00,25" N	WA		SO 694 Km	V	IV	IV-V
27.01 Algeciras *	5° 26' 51,87" O	36° 07' 52,96" N	TS		NO 409 Km	V	VI	VI
28.01 Alhama De Almería	2° 34' 11,20" O	36° 57' 25,86" N	HA		SO 663 Km	IV-V	IV	IV
29.01 Alhama De Aragón	1° 53' 42,98" O	41° 17' 42,26" N	HA		SO 880 Km	I	IV	IV
30.01 Alhaurín El Grande	4° 41' 13,29" O	36° 38' 42,36" N	HD		O 474 Km	VI	VI	VI
30.02 Alhaurín El Grande	4° 41' 13,29" O	36° 38' 42,36" N	HA		O 474 Km	VI	VI	VI
30.03 Alhaurín El Grande	4° 41' 13,29" O	36° 38' 42,36" N	LE		O 474 Km	VI	VI	VI
31.01 Alía	5° 13' 01,60" O	39° 26' 57,57" N	HA		SO 532 Km	V-VI	V	V-VI
32.01 Almadén	4° 50' 22,91" O	38° 46' 32,53" N	HD		SO 519 Km	V	V	VI
32.02 Almadén	4° 50' 22,91" O	38° 46' 32,53" N	HA		SO 519 Km	V	V	VI
32.03 Almadén	4° 50' 22,91" O	38° 46' 32,53" N	WA		SO 519 Km	V	V	VI
33.01 Almansa	1° 05' 38,93" O	38° 52' 10,88" N	HA		SO 826 Km	VI	V	V
33.02 Almansa	1° 05' 38,93" O	38° 52' 10,88" N	OT		SO 826 Km	VI	V	V
34.01 Almogía	4° 32' 28,16" O	36° 49' 29,03" N	HA		O 488 Km	VII	VI	VI
35.01 Almoharín	6° 02' 37,83" O	39° 10' 35,71" N	HA		SO 457 Km	IV-V	V	VI
35.02 Almoharín	6° 02' 37,83" O	39° 10' 35,71" N	LE		SO 457 Km	IV-V	V	VI
36.01 Almonte, El Rocío *	6° 28' 32,48" O	37° 07' 16,59" N	LQ		OSO 321 Km	VI-VII	VII	VIII
37.01 Alvor	8° 35' 35,02" O	37° 07' 46,15" N	TS		SO 143 Km	EN	X	X
38.01 Amsterdam	4° 54' 32,05" E	52° 22' 26,22" N	TS		SO 2116 Km	EN	Sin datos	IV
39.01 Antigua, Isla de	61° 49' 00,98" O	17° 07' 45,77" N	TS		NE 5498 Km	EN	Sin datos	VII
40.01 Añora	4° 53' 51,16" O	38° 24' 45,18" N	HA		SO 497 Km	VI	V	VI
41.01 Aranda De Duero	3° 41' 21,27" O	41° 40' 17,58" N	LE		SO 791 Km	IV	IV	IV
42.01 Arcila	6° 02' 11,56" O	35° 27' 54,55" N	TS		NO 374 Km	EN	VII	VIII
43.01 Arcos De La Frontera *	5° 48' 23,67" O	36° 44' 52,57" N	GK		O 375 Km	VII-VIII	VII	VIII
43.03 Arcos De La Frontera	5° 48' 23,06" O	36° 44' 53,56" N	HA		O 375 Km	VII-VIII	VII	VIII
43.04 Arcos De La Frontera	5° 48' 23,06" O	36° 44' 53,56" N	WA		O 375 Km	VII-VIII	VII	VIII

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
44.01 Armacaõ de Pêra	8° 21' 31,42" O	37° 06' 07,16" N	TS	SO 160 Km	D	X	X
45.01 Arnoia	7° 50' 17,26" O	42° 24' 45,27" N	WA	SO 683 Km	IV-V	V	V-VI
46.01 Arroyo De La Luz	6° 35' 06,28" O	39° 29' 02,30" N	HD	SO 446 Km	V	V	V-VI
46.02 Arroyo De La Luz	6° 35' 06,28" O	39° 29' 02,30" N	HA	SO 446 Km	V	V	V-VI
46.03 Arroyo De La Luz	6° 35' 06,28" O	39° 29' 02,30" N	WA	SO 446 Km	V	V	V-VI
46.04 Arroyo De La Luz	6° 35' 06,28" O	39° 29' 02,30" N	LE	SO 446 Km	V	V	V-VI
47.01 Arroyomolinos De Montánchez	6° 09' 47,89" O	39° 11' 06,26" N	HA	SO 450 Km	V-VI	V	V-VI
48.01 Astorga	6° 03' 25,70" O	42° 27' 27,48" N	HD	SO 743 Km	VI-VII	V	V
48.02 Astorga	6° 03' 25,70" O	42° 27' 27,48" N	HA	SO 743 Km	VI-VII	V	V
49.01 Avellaneda	5° 23' 17,02" O	40° 23' 19,17" N	HA	SO 589 Km	VI	V	V
50.01 Avilés	5° 55' 29,24" O	43° 33' 30,88" N	HD	SO 857 Km	III (Zona)	III	IV-V
50.02 Avilés	5° 55' 29,24" O	43° 33' 30,88" N	TS	SO 857 Km	III (Zona)	III	IV-V
51.01 Ayamonte, Playa Montegordo *	7° 25' 17,75" O	37° 10' 24,15" N	UP	OSO 241 Km	VII	VIII	IX
51.02 Ayamonte, Marismas Isla Cristina *	7° 21' 35,74" O	37° 12' 23,33" N	LQ	OSO 247 Km	VII	VIII	IX
51.03 Ayamonte	7° 24' 19,58" O	37° 13' 27,74" N	WA	OSO 244 Km	VII	VIII	IX
51.04 Ayamonte, Torre Canela *	7° 22' 49,12" O	37° 13' 27,74" N	TS	OSO 246 Km	VII	VIII	IX
52.01 Azkoitia	2° 18' 44,13" O	43° 10' 41,78" N	HD	SO 990 Km	III-IV	III	IV
52.02 Azkoitia	2° 18' 44,13" O	43° 10' 41,78" N	HA	SO 990 Km	III-IV	III	IV
53.01 Azores, Islas	25° 40' 19,28" O	37° 44' 19,01" N	TS	SE 1394 Km	EN	Sin datos	VII-VIII
54.01 Babilafuente	5° 25' 33,93" O	40° 58' 36,02" N	HA	SO 636 Km	IV-V	VI	VI
54.02 Babilafuente	5° 25' 33,93" O	40° 58' 36,02" N	LE	SO 636 Km	IV-V	VI	VI
55.02 Badajoz	6° 58' 15,59" O	38° 52' 43,48" N	HA	SO 375 Km	VI	VI	VI
55.03 Badajoz	6° 58' 15,59" O	38° 52' 43,48" N	WA	SO 375 Km	VI	VI	VI
55.04 Badajoz	6° 58' 15,59" O	38° 52' 43,48" N	LE	SO 375 Km	VI	VI	VI
56.01 Bailén	3° 46' 33,01" O	38° 05' 43,78" N	HD	SO 578 Km	VI-VII	VI	VI-VII
56.02 Bailén	3° 46' 33,01" O	38° 05' 43,78" N	HA	SO 578 Km	VI-VII	VI	VI-VII

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
57.01 Baiona	8° 51' 01,49" O	42° 07' 05,77" N	TS	SO 632 Km	V-VI	VI	VI
58.01 Ballesteros De Calatrava	3° 56' 39,45" O	38° 49' 57,98" N	HA	SO 592 Km	VI	VI	VI
59.01 Bañeza, La	5° 53' 56,83" O	42° 17' 47,58" N	HA	SO 734 Km	V	V	V
60.01 Baños de Molgas	7° 40' 22,72" O	42° 14' 29,44" N	HD	SO 668 Km	V (Zona)	V	V
60.02 Baños de Molgas	7° 40' 22,72" O	42° 14' 29,44" N	HA	SO 668 Km	V (Zona)	V	V
61.01 Baños De Mula	1° 25' 33,00" O	38° 02' 20,00" N	HD	SO 777 Km	V (Zona)	V	V
61.02 Baños De Mula	1° 25' 33,00" O	38° 02' 20,00" N	HA	SO 777 Km	V (Zona)	V	V
62.01 Barajas De Melo	2° 54' 57,57" O	40° 07' 20,83" N	LE	SO 737 Km	V (Zona)	V	V
63.01 Baranda	3° 30' 29,45" O	43° 01' 22,98" N	HD	SO 912 Km	II-III	III	IV
63.02 Baranda	3° 30' 29,45" O	43° 01' 22,98" N	HA	SO 912 Km	II-III	III	IV
64.01 Barbados, Isla de	59° 32' 48,00" O	13° 11' 39,75" N	TS	NE 5553 Km	EN	Sin datos	VII
65.01 Barco De Ávila, El	5° 31' 37,35" O	40° 21' 20,75" N	HD	SO 579 Km	IV-V	V	V
65.02 Barco De Ávila, El	5° 31' 37,35" O	40° 21' 20,75" N	HA	SO 579 Km	IV-V	V	V
65.03 Barco De Ávila, El	5° 31' 37,35" O	40° 21' 20,75" N	WA	SO 579 Km	IV-V	V	V
66.01 Baronía De Rialb, La	1° 12' 23,98" E	41° 58' 42,33" N	HD	SO 1139 Km	I	III	IV
66.02 Baronía De Rialb, La	1° 12' 23,98" E	41° 58' 42,33" N	HA	SO 1139 Km	I	III	IV
66.03 Baronía De Rialb, La	1° 12' 23,98" E	41° 58' 42,33" N	WA	SO 1139 Km	I	III	IV
67.01 Bea	1° 08' 47,06" O	41° 02' 11,14" N	HD	SO 917 Km	I	IV	IV
68.01 Becerril De Campos	4° 38' 22,63" O	42° 06' 30,59" N	HA	SO 775 Km	IV	IV	IV
69.01 Bedmar	3° 24' 35,19" O	37° 49' 23,23" N	HA	SO 602 Km	IV	VI	VII
69.02 Bedmar	3° 24' 35,19" O	37° 49' 23,23" N	WA	SO 602 Km	IV	VI	VII
70.01 Begíjar	3° 32' 04,74" O	37° 59' 06,42" N	HA	SO 595 Km	V-VI	VI	VI-VII
71.01 Belmonte Del Tajo	3° 20' 22,06" O	40° 08' 02,50" N	HA	SO 707 Km	V	V	V
72.01 Benabarre	0° 28' 54,77" E	42° 06' 25,18" N	WA	SO 1095 Km	III	III	IV
73.01 Benaocaz	5° 25' 17,22" O	36° 42' 00,64" N	SM	O 409 Km	V-VI	VI	VII
73.02 Benaocaz	5° 25' 17,22" O	36° 42' 00,64" N	HD	O 409 Km	V-VI	VI	VII

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
73.03 Benaocaz	5° 25' 17,22" O	36° 42' 00,64" N	HA	O 409 Km	V-VI	VI	VII
74.01 Benavente	5° 40' 48,25" O	42° 00' 06,22" N	WA	SO 715 Km	V	V	V-VI
74.02 Benavente	5° 40' 48,25" O	42° 00' 06,22" N	OT	SO 715 Km	V	V	V-VI
75.01 Benijófar	0° 44' 17,81" O	38° 04' 51,03" N	WA	SO 837 Km	I	IV	IV
76.01 Benquerencia	6° 05' 02,91" O	39° 18' 36,76" N	SM	SO 464 Km	V-VI	VI	VI
76.02 Benquerencia	6° 05' 02,91" O	39° 18' 36,76" N	HA	SO 464 Km	V-VI	VI	VI
76.03 Benquerencia	6° 05' 02,91" O	39° 18' 36,76" N	LE	SO 464 Km	V-VI	VI	VI
77.01 Beratón	1° 48' 41,22" O	41° 43' 03,50" N	HD	SO 913 Km	III-IV	IV	IV
78.01 Berceruelo	5° 02' 01,00" O	41° 34' 49,47" N	WA	SO 709 Km	IV	V	V
79.01 Berdejo	1° 56' 44,92" O	41° 33' 42,20" N	HD	SO 894 Km	IV	IV	IV-V
80.01 Bernedo	2° 29' 53,72" O	42° 37' 36,37" N	HD	SO 936 Km	III-IV	IV	IV
81.01 Betanzos	8° 12' 42,04" O	43° 16' 50,86" N	TS	SO 769 Km	V	V	V
82.01 Beuda	2° 42' 35,21" E	42° 14' 13,69" N	HD	SO 1263 Km	I	III	IV
82.02 Beuda	2° 42' 35,21" E	42° 14' 13,69" N	HA	SO 1263 Km	I	III	IV
83.01 Bijuesca	1° 55' 13,28" O	41° 32' 25,83" N	HD	SO 894 Km	IV	IV	IV
84.01 Bilbao	2° 55' 26,06" O	43° 15' 25,99" N	TS	SO 963 Km	III	III	IV
85.01 Bocairent	0° 36' 39,91" O	38° 45' 58,98" N	HA	SO 863 Km	III-IV	IV	IV-V
86.01 Bogarra	2° 12' 45,13" O	38° 34' 48,92" N	WA	SO 724 Km	V	V	VI
86.02 Bogarra	2° 12' 45,13" O	38° 34' 48,92" N	OT	SO 724 Km	V	V	VI
87.01 Bolaños De Calatrava	3° 39' 58,19" O	38° 54' 21,16" N	HA	SO 617 Km	VI	VI	VI
87.02 Bolaños De Calatrava	3° 39' 58,19" O	38° 54' 21,16" N	LE	SO 617 Km	VI	VI	VI
88.01 Bolullos Par Del Condado *	6° 34' 54,26" O	37° 20' 45,39" N	LQ	OSO 318 Km	VI-VII	VII	IX
88.02 Bolullos Par Del Condado	6° 32' 07,27" O	37° 20' 10,57" N	HA	OSO 321 Km	VI-VII	VII	IX
89.01 Bonanza	6° 20' 02,99" O	36° 48' 05,11" N	TS	O 328 Km	VII (Zona)	VII	VIII
90.01 Bonares *	6° 41' 02,30" O	37° 19' 15,96" N	LQ	OSO 308 Km	VII-VIII	VIII	VIII
91.01 Boñar	5° 19' 18,39" O	42° 51' 57,43" N	HD	SO 812 Km	IV	IV	IV

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
92.01 Borja	1° 31' 55,74" O	41° 50' 05,93" N	HD	SO 939 Km	IV-V	IV	**IV**
93.01 Bornos	5° 44' 44,53" O	36° 49' 01,39" N	HD	SO 381 Km	VI-VII	VII	**VII-VIII**
93.02 Bornos	5° 44' 44,53" O	36° 49' 01,39" N	HA	O 381 Km	VI-VII	VII	**VII-VIII**
93.03 Bornos	5° 44' 44,53" O	36° 49' 01,39" N	WA	O 381 Km	VI-VII	VII	**VII-VIII**
94.01 Botija	6° 04' 26,28" O	39° 20' 35,34" N	HA	SO 467 Km	VI	VI	**V-VI**
94.02 Botija	6° 04' 26,28" O	39° 20' 35,34" N	WA	SO 467 Km	VI	VI	**V-VI**
94.03 Botija	6° 04' 26,28" O	39° 20' 35,34" N	LE	SO 467 Km	VI	VI	**V-VI**
95.01 Brenes	5° 52' 23,36" O	37° 33' 00,51" N	HA	SO 384 Km	VII-VIII	VII	**VII-VIII**
95.02 Brenes	5° 52' 23,36" O	37° 33' 00,51" N	LE	SO 384 Km	VII-VIII	VII	**VII-VIII**
96.01 Brieva De Cameros	2° 47' 40,54" O	42° 09' 53,52" N	HD	SO 882 Km	IV-V	IV	**IV**
96.02 Brieva De Cameros	2° 47' 40,54" O	42° 09' 53,52" N	HA	SO 882 Km	IV-V	IV	**IV**
97.01 Briones	2° 47' 07,56" O	42° 32' 35,51" N	WA	SO 912 Km	IV	IV	**IV**
98.01 Briviesca	3° 19' 26,06" O	42° 32' 56,33" N	HD	SO 882 Km	IV	IV	**IV**
98.02 Briviesca	3° 19' 26,06" O	42° 32' 56,33" N	HA	SO 882 Km	IV	IV	**IV**
99.01 Brozas	6° 46' 46,62" O	39° 36' 42,41" N	HA	SO 446 Km	IV-V	V	**V**
100.01 Bruc Del Mig, El	1° 46' 57,57" E	41° 34' 44,52" N	WA	SO 1162 Km	I	III	**IV**
101.01 Brunete	3° 59' 54,87" O	40° 24' 19,86" N	WA	SO 679 Km	IV-V	V	**V**
102.01 Bujalance	4° 23' 00,22" O	37° 53' 47,38" N	HA	SO 521 Km	VI-VII	VII	**VII**
103.01 Burgo De Osma, El	3° 04' 17,43" O	41° 35' 08,79" N	HA	SO 822 Km	IV-V	IV	**IV**
103.02 Burgo De Osma, El	3° 04' 17,43" O	41° 35' 08,79" N	WA	SO 822 Km	IV-V	IV	**IV**
104.01 Burgo, El	4° 56' 43,39" O	36° 47' 16,90" N	HD	O 452 Km	VI-VII	VI	**VI-VII**
104.02 Burgo, El	4° 56' 43,39" O	36° 47' 16,90" N	HA	O 452 Km	VI-VII	VI	**VI-VII**
105.01 Cabeza La Vaca	6° 25' 15,97" O	38° 05' 11,29" N	HA	SO 362 Km	VI-VII	VI	**VI**
106.01 Cabra	4° 26' 47,64" O	37° 28' 15,66" N	HA	SO 504 Km	VI-VII	VI	**VII**
107.01 Cáceres	6° 22' 16,36" O	39° 28' 23,40" N	HD	SO 458 Km	V-VI	MI.	**V**
107.01 Cáceres	6° 22' 16,36" O	39° 28' 23,40" N	HA	SO 458 Km	V-VI	JU.	**V**

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
107.01 Cáceres	6° 22' 16,36" O	39° 28' 23,40" N	LE	SO 458 Km	V-VI	VI	V
108.01 Cádiz *	6° 17' 02,92" O	36° 31' 18,16" N	TS	O 332 Km	VI-VII	VII	VIII
109.01 Calahorra	1° 57' 39,51" O	42° 18' 05,60" N	GK	SO 944 Km	IV-V	IV	IV-V
110.01 Calañas	6° 52' 43,53" O	37° 39' 16,84" N	HA	SO 305 Km	VI	VII	VII
110.02 Calañas	6° 52' 43,53" O	37° 39' 16,84" N	WA	SO 305 Km	VI	VII	VII
111.01 Caldes De Malavella	2° 48' 32,54" E	41° 50' 12,15" N	HD	SO 1251 Km	III	III	IV
111.02 Caldes De Malavella	2° 48' 32,54" E	41° 50' 12,15" N	HA	SO 1251 Km	III	III	IV
112.01 Calzada De Calatrava	3° 46' 37,20" O	38° 42' 16,89" N	HD	SO 600 Km	VII	VI	VI
112.02 Calzada De Calatrava	3° 46' 37,20" O	38° 42' 16,89" N	HA	SO 600 Km	VII	VI	VI
113.01 Calzadilla Del Campo	6° 03' 01,91" O	41° 04' 50,35" N	HA	SO 613 Km	V	VI	VI
114.01 Campana, La	5° 25' 30,37" O	37° 33' 55,85" N	HA	SO 422 Km	VII-VIII	VII	VII
115.01 Campo Redondo (Santo André)	8° 06' 30,48" O	42° 19' 11,80" N	WA	SO 667 Km	V (Zona)	V	V
116.01 Canales De La Sierra	3° 01' 28,56" O	42° 08' 37,67" N	HD	SO 867 Km	IV-V	IV	IV
116.02 Canales De La Sierra	3° 01' 28,56" O	42° 08' 37,67" N	HA	SO 867 Km	IV-V	IV	IV
117.01 Cantillana	5° 49' 34,64" O	37° 36' 18,79" N	HA	SO 390 Km	VII-VIII	VII	VII
117.02 Cantillana	5° 49' 34,64" O	37° 36' 18,79" N	WA	SO 390 Km	VII-VIII	VII	VII
118.01 Cañaveral Del León	6° 31' 43,78" O	38° 00' 51,43" N	HD	SO 350 Km	V	VI	VI-VII
118.02 Cañaveral Del León	6° 31' 43,78" O	38° 00' 51,43" N	HA	SO 350 Km	V	VI	VI-VII
119.01 Cañete De Las Torres *	4° 19' 03,82" O	37° 52' 02,28" N	GK	SO 525 Km	VI-VII	VII	VI
120.01 Carabanchel Alto	3° 47' 27,07" O	40° 16' 55,99" N	HA	SO 685 Km	V	V	V
121.01 Carcabuey	4° 16' 23,04" O	37° 26' 40,31" N	HD	SO 519 Km	VI	VI	VI
122.01 Carenas	1° 47' 49,82" O	41° 16' 36,62" N	HA	SO 885 Km	III-IV	IV	IV
123.01 Carmena	4° 24' 02,92" O	39° 57' 16,73" N	HA	SO 621 Km	V-VI	V	V
124.02 Carmona	5° 37' 59,69" O	37° 28' 21,56" N	HA	SO 402 Km	VII	VII	VII
125.01 Carpio, El	4° 29' 58,14" O	37° 56' 25,81" N	WA	SO 512 Km	VI-VII	VII	VII
126.01 Carrión De Los Condes	4° 36' 16,07" O	42° 20' 26,62" N	LE	SO 797 Km	IV-V	IV	IV

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto		Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
127.01 Cartagena *	0° 58' 55,58" O	37° 36' 00,62" N	GK		OSO 809 Km	IV	IV	VI
128.01 Casablanca	7° 35' 41,39" O	33° 35' 36,09" N	TS		NO 390 Km	D	VIII	IX
129.01 Casarabonela	4° 50' 35,15" O	36° 47' 05,30" N	HD		O 461 Km	IV-V	V	VI
130.01 Casarrubios Del Monte	4° 02' 09,53" O	40° 11' 05,98" N	HA		SO 661 Km	V-VI	V	V
130.02 Casarrubios Del Monte	4° 02' 09,53" O	40° 11' 05,98" N	WA		SO 661 Km	V-VI	V	V
131.01 Casasimarro	2° 02' 23,54" O	39° 23' 34,29" N	HD		SO 768 Km	IV-V	V	V
132.01 Castañar De Ibor	5° 25' 00,51" O	39° 37' 34,78" N	HD		SO 530 Km	V-VI	V	V
132.02 Castañar De Ibor	5° 25' 00,51" O	39° 37' 34,78" N	HA		SO 530 Km	V-VI	V	V
132.03 Castañar De Ibor	5° 25' 00,51" O	39° 37' 34,78" N	LE		SO 530 Km	V-VI	V	V
133.01 Cazorla *	2° 59' 29,35" O	37° 54' 39,93" N	SM		OSO 640 Km	V-VI	VI	VII
133.02 Cazorla	3° 00' 04,84" O	37° 54' 44,03" N	HD		OSO 639 Km	V-VI	VI	VII
134.01 Celanova	7° 57' 28,87" O	42° 09' 07,65" N	WA		SO 652 Km	V (Zona)	VI	VI
135.01 Cervera De Los Montes	4° 48' 39,77" O	40° 03' 06,62" N	LE		SO 600 Km	IV	IV	IV
136.01 Ceuta	5° 18' 24,30" O	35° 53' 17,17" N	HA		NO 426 Km	EN	V-VI	VI-VII
136.02 Ceuta	5° 18' 24,30" O	35° 53' 17,17" N	TS		NO 426 Km	EN	V-VI	VI-VII
137.01 Chiclana De La Frontera	6° 08' 46,34" O	36° 25' 06,13" N	HA		O 344 Km	VI	VI	VIII
137.02 Chiclana De La Frontera *	6° 08' 46,34" O	36° 25' 06,13" N	TS		O 344 Km	VI	VI	VIII
138.01 Chinchilla	1° 43' 33,70" O	38° 55' 15,95" N	HA		SO 775 Km	V-VI	V	V
138.02 Chinchilla	1° 43' 33,70" O	38° 55' 15,95" N	OT		SO 775 Km	V-VI	V	V
139.01 Chipiona *	6° 26' 19,16" O	36° 43' 46,77" N	TS		OSO 318 Km	V	VII	VIII
140.01 Cieza	1° 25' 39,11" O	38° 14' 12,82" N	LQ		SO 781 Km	IV-V	V	V-VI
140.02 Cieza	1° 25' 39,11" O	38° 14' 12,82" N	HD		SO 781 Km	IV-V	V	V-VI
140.03 Cieza	1° 25' 39,11" O	38° 14' 12,82" N	HA		SO 781 Km	IV-V	V	V-VI
141.01 Cifuentes	2° 37' 23,82" O	40° 47' 08,11" N	HD		SO 797 Km	VI	V	V
141.02 Cifuentes	2° 37' 23,82" O	40° 47' 08,11" N	HA		SO 797 Km	VI	V	V
142.01 Ciudad Real	3° 55' 52,75" O	38° 59' 11,46" N	HA		SO 600 Km	VI-VII	VI	VI

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
142.02 Ciudad Real	3° 55' 52,75" O	38° 59' 11,46" N	LE	SO 600 Km	VI-VII	VI	VI
143.01 Ciudad Rodrigo	6° 32' 02,97" O	40° 35' 50,31" N	HA	SO 546 Km	V	VI	VI
143.02 Ciudad Rodrigo	6° 32' 02,97" O	40° 35' 50,31" N	LE	SO 546 Km	V	VI	VI
144.01 Clarés De Ribota	1° 50' 15,79" O	41° 31' 46,94" N	HD	SO 899 Km	IV	IV	IV
145.01 Coca	4° 31' 19,67" O	41° 13' 06,25" N	WA	SO 706 Km	V-VI	IV	IV
146.01 Coín	4° 45' 34,51" O	36° 39' 35,53" N	HD	O 468 Km	V-VI	VI	VI
146.02 Coín	4° 45' 34,51" O	36° 39' 35,53" N	HA	O 468 Km	V-VI	VI	VI
147.01 Collbató	1° 49' 40,48" E	41° 34' 12,59" N	WA	SO 1165 Km	I	III	IV
148.01 Conil De La Frontera *	6° 05' 18,85" O	36° 16' 28,52" N	TS	O 351 Km	V	VI	VIII
149.01 Corcubión	9° 11' 30,40" O	42° 56' 39,52" N	TS	SO 719 Km	V	V	V-VI
150.01 Coria Del Río *	6° 03' 04,01" O	37° 17' 01,82" N	LQ	OSO 361 Km	VIII (Zona)	VIII	VIII
151.01 Cork	8° 28' 21,79" O	51° 53' 53,14" N	TS	SO 1716 Km	EN	Sin datos	IV
152.01 Cortegada	8° 10' 09,25" O	42° 12' 24,43" N	HD	SO 653 Km	V (Zona)	VI	VI
153.01 Coruña, A	8° 23' 28,13" O	43° 22' 12,46" N	TS	SO 776 Km	V	V	V
154.01 Covarrubias	3° 31' 07,92" O	42° 03' 27,06" N	HA	SO 831 Km	IV	IV	IV
155.01 Cregenzán	0° 08' 07,71" E	42° 04' 44,43" N	WA	SO 1069 Km	III-IV	III	III
156.01 Cuéllar	4° 19' 02,61" O	41° 24' 13,31" N	HA	SO 733 Km	IV-V	IV	IV
156.02 Cuéllar	4° 19' 02,61" O	41° 24' 13,31" N	WA	SO 733 Km	IV-V	IV	IV
157.01 Cuenca	2° 07' 53,48" O	40° 04' 35,54" N	HD	SO 793 Km	IV-V	V	V
157.02 Cuenca	2° 07' 53,48" O	40° 04' 35,54" N	HA	SO 793 Km	IV-V	V	V
158.01 Dólar	2° 59' 28,35" O	37° 10' 45,49" N	WA	SO 628 Km	IV-V	V	V
159.01 Don Benito	5° 51' 40,55" O	38° 57' 14,76" N	LE	SO 454 Km	V-VI	VI	VI
160.01 Donjimeno	4° 50' 41,93" O	40° 57' 36,18" N	WA	SO 667 Km	IV-V	IV	IV
161.01 Donvidas	4° 48' 17,01" O	41° 05' 19,10" N	WA	SO 680 Km	V	IV	IV
162.01 Dueñas	4° 32' 43,07" O	41° 52' 40,54" N	HD	SO 760 Km	V	V	V
163.01 Écija	5° 04' 31,57" O	37° 32' 26,78" N	HA	SO 452 Km	VII-VIII	VII	VII

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto		Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
163.02 Écija	5° 04' 31,57" O	37° 32' 26,78" N	WA		SO 452 Km	VII-VIII	VII	VII
164.01 El Yadida	8° 29' 58,37" O	33° 14' 04,32" N	GK		NO 388 Km	EN	VIII	IX
164.01 El Yadida	8° 29' 58,37" O	33° 14' 04,32" N	TS		NO 388 Km	EN	VIII	IX
165.01 Esparreguera	1° 52' 07,89" E	41° 32' 28,45" N	HD		SO 1167 Km	I	III	IV
165.02 Esparreguera	1° 52' 07,89" E	41° 32' 28,45" N	WA		SO 1167 Km	I	III	IV
166.01 Espera	5° 48' 21,51" O	36° 52' 17,47" N	SM		SO 376 Km	VIII	VII	VII-VIII
167.01 Espinosa De Los Monteros	3° 33' 10,28" O	43° 04' 34,89" N	HD		SO 914 Km	IV	III	IV
167.02 Espinosa De Los Monteros	3° 33' 10,28" O	43° 04' 34,89" N	HA		SO 914 Km	IV	III	IV
168.01 Faro	7° 56' 00,96" O	37° 00' 49,74" N	TS		SO 192 Km	D	X	X
169.01 Feria	6° 33' 51,02" O	38° 30' 42,96" N	HD		SO 376 Km	VI	VI	VI
169.02 Feria	6° 33' 51,02" O	38° 30' 42,96" N	HA		SO 376 Km	VI	VI	VI
170.01 Feman-Nuñez	4° 43' 09,59" O	37° 40' 06,02" N	HA		SO 486 Km	VII	VII	VII
170.02 Feman-Nuñez	4° 43' 09,59" O	37° 40' 06,02" N	WA		SO 486 Km	VII	VII	VII
171.01 Ferrol	8° 14' 05,68" O	43° 28' 55,26" N	TS		SO 790 Km	IV	V	V
172.01 Fez	5° 00' 25,03" O	34° 01' 07,20" N	LQ		NO 530 Km	EN	VI	VII-VIII
173.01 Fontibre	4° 11' 18,69" O	43° 01' 03,67" N	HD		SO 878 Km	III-IV	III	IV
174.01 Fresneda, La	0° 04' 27,02" E	40° 55' 46,61" N	HD		SO 1002 Km	IV (Zona)	IV	IV
174.02 Fresneda, La	0° 04' 27,02" E	40° 55' 46,61" N	HA		SO 1002 Km	IV (Zona)	IV	IV
175.01 Frías	3° 17' 36,22" O	42° 45' 38,82" N	WA		SO 901 Km	IV-V	III	IV
176.01 Fuencaliente	4° 18' 18,67" O	38° 24' 17,50" N	HD		SO 545 Km	VI-VII	VI	VI
177.01 Fuenlabrada	3° 47' 27,07" O	40° 16' 55,99" N	HA		SO 685 Km	VI	V	V
178.01 Fuenmayor	2° 33' 43,41" O	42° 28' 02,17" N	SM		SO 919 Km	V	IV	IV-V
178.01 Fuenmayor	2° 33' 43,41" O	42° 28' 02,17" N	WA		SO 919 Km	V	IV	IV-V
179.01 Fuente Obejuna	5° 25' 09,24" O	38° 16' 01,28" N	HD		SO 449 Km	V	VI	VI-VII
180.01 Fuentesoto	3° 55' 06,97" O	41° 27' 24,22" N	HD		SO 761 Km	III-IV	IV	IV-V
180.02 Fuentesoto	3° 55' 06,97" O	41° 27' 24,22" N	HA		SO 761 Km	III-IV	IV	IV-V

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
181.01 Fuerteventura, Isla de	14° 01' 03,69" O	28° 32' 18,88" N	TS	NO 961 Km	EN	Sin datos	VII-VIII
182.01 Garcihernández	5° 26' 05,09" O	40° 51' 40,77" N	LE	SO 626 Km	V (Zona)	VI	VI
183.01 Garvín	5° 20' 44,16" O	39° 43' 09,41" N	LE	SO 542 Km	V (Zona)	V	V
184.01 Gata	6° 35' 46,17" O	40° 14' 14,05" N	LE	SO 510 Km	V-VI	VI	VI
185.01 Gàver	1° 23' 33,69" E	41° 41' 16,22" N	HD	SO 1138 Km	I	III	IV
186.01 Gelida	1° 51' 40,93" E	41° 26' 25,92" N	WA	SO 1161 Km	III	III	IV
187.01 Gelves *	6° 01' 37,99" O	37° 20' 18,51" N	SM	OSO 365 Km	VII (Zona)	VIII	VII
188.01 Gibraleón (Castillo) *	6° 58' 27,10" O	37° 22' 36,79" N	GK	OSO 286 Km	VI-VII	VIII	VIII
188.02 Gibraleón *	6° 58' 43,20" O	37° 22' 17,33" N	LQ	OSO 285 Km	VI-VII	VIII	VIII
188.03 Gibraleón	6° 58' 24,85" O	37° 22' 34,08" N	HA	OSO 286 Km	VI-VII	VIII	VIII
188.04 Gibraleón	6° 58' 24,85" O	37° 22' 34,08" N	WA	OSO 286 Km	VI-VII	VIII	VIII
189.01 Grado, El	0° 13' 24,71" E	42° 09' 05,29" N	WA	SO 1079 Km	III-IV	III	IV
190.01 Grazalema *	5° 23' 53,35" O	36° 45' 51,03" N	SM	OSO 411 Km	V-VI	VI	VII
191.01 Guadajoz	5° 40' 05,26" O	37° 34' 47,01" N	WA	SO 402 Km	VII-VIII	VII	VII
192.01 Guadassuar	0° 28' 41,68" O	39° 11' 08,12" N	HA	SO 887 Km	IV	IV	IV
193.01 Guardia, La (A Guarda)	8° 52' 26,32" O	41° 54' 08,25" N	TS	SO 608 Km	VI (Zona)	VI	VI
194.01 Güevéjar *	3° 35' 10,02" O	37° 15' 28,03" N	SM	OSO 576 Km	V	VI	VIII
194.02 Güevéjar	3° 35' 50,35" O	37° 15' 25,72" N	HA	SO 575 Km	V	VI	VIII
195.01 Hamburgo	10° 00' 27,76" E	53° 33' 56,34" N	WA	SO 2446 Km	EN	Sin datos	-
196.01 Hinojosa De San Vicente	4° 43' 25,05" O	40° 06' 13,78" N	HA	SO 610 Km	IV	IV	IV
197.01 Hinojosa Del Duque	5° 08' 54,54" O	38° 30' 02,22" N	HA	SO 482 Km	VI	VI	VI
198.01 Hontoba	3° 02' 30,99" O	40° 27' 19,78" N	HD	SO 748 Km	IV	V	V
199.01 Hoyales De Roa	3° 51' 43,88" O	41° 39' 33,65" N	WA	SO 780 Km	IV-V	IV	IV
200.01 Huelva (Isla de Saltes) *	6° 57' 17,02" O	37° 11' 45,06" N	LQ	OSO 281 Km	VIII	VIII	IX
200.02 Huelva	6° 57' 01,46" O	37° 15' 36,15" N	HD	OSO 284 Km	VIII	VIII	IX
200.03 Huelva	6° 57' 01,46" O	37° 15' 36,15" N	HA	OSO 284 Km	VIII	VIII	IX

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
200.04 Huelva *	6° 57' 16,29" O	37° 15' 26,14" N	TS	OSO 283 Km	VIII	VIII	X
200.05 Huelva	6° 57' 01,46" O	37° 15' 36,15" N	LE	OSO 284 Km	VIII	VIII	IX
201.01 Huete	2° 41' 30,01" O	40° 08' 43,12" N	HA	SO 755 Km	V-VI	V	V
201.02 Huete	2° 41' 30,01" O	40° 08' 43,12" N	WA	SO 755 Km	V-VI	V	V
202.01 Ibdes	1° 50' 04,16" O	41° 13' 07,51" N	HD	SO 879 Km	IV-V	V	V
203.01 Ibros	3° 30' 07,85" O	38° 01' 22,14" N	HD	SO 599 Km	VI-VII	VI	VI-VII
203.02 Ibros	3° 30' 07,85" O	38° 01' 22,14" N	HA	SO 599 Km	VI-VII	VI	VI-VII
204.01 Igualeja	5° 07' 18,20" O	36° 37' 50,97" N	HD	SO 435 Km	IV	VI	VII
205.01 Illescas	3° 50' 57,26" O	40° 07' 26,85" N	HA	SO 670 Km	V-VI	V	V
206.01 Iruela, La	2° 59' 42,52" O	37° 55' 11,48" N	HD	SO 639 Km	V	VI	VI-VII
206.02 Iruela, La	2° 59' 42,52" O	37° 55' 11,48" N	HA	SO 639 Km	V	VI	VI-VII
207.01 Iznajar	4° 18' 28,56" O	37° 15' 28,25" N	HD	SO 513 Km	V-VI	V	VII
207.02 Iznajar	4° 18' 28,56" O	37° 15' 28,25" N	HA	SO 513 Km	V-VI	V	VII
207.03 Iznajar	4° 18' 28,56" O	37° 15' 28,25" N	WA	SO 513 Km	V-VI	V	VII
208.01 Iznatoraf	3° 01' 55,65" O	38° 09' 27,53" N	HA	SO 642 Km	VI	VI	VI
208.02 Iznatoraf	3° 01' 55,65" O	38° 09' 27,53" N	WA	SO 642 Km	VI	VI	VI
209.01 Jabalquinto	3° 43' 28,43" O	38° 01' 10,11" N	WA	SO 580 Km	VI-VII	VI	VI
210.01 Jadraque	2° 55' 20,88" O	40° 55' 30,50" N	HD	SO 786 Km	IV	IV	IV
211.01 Jaraba	1° 52' 58,61" O	41° 11' 21,78" N	HD	SO 874 Km	I	IV	IV
211.02 Jaraba	1° 52' 58,61" O	41° 11' 21,78" N	HA	SO 874 Km	I	IV	IV
212.01 Jerez De La Frontera *	6° 09' 21,40" O	36° 38' 15,03" N	SM	O 343 Km	VI-VII	VII	VII
212.02 Jerez De La Frontera	6° 07' 43,51" O	36° 42' 07,66" N	HD	O 346 Km	VI-VII	VII	VII
212.03 Jerez De La Frontera	6° 07' 43,51" O	36° 42' 07,66" N	HA	O 346 Km	VI-VII	VII	VII
212.04 Jerez De La Frontera	6° 07' 43,51" O	36° 42' 07,66" N	WA	O 346 Km	VI-VII	VII	VII
213.01 Jimena, Sierra de Aznaitín, (Jaén) *	3° 29' 20,85" O	37° 48' 51,57" N	SM	OSO 595 Km	V-VI	VI	VI
213.02 Jimena (Jaén)	3° 28' 35,04" O	37° 50' 30,75" N	HD	OSO 596 Km	V-VI	VI	VI

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
214.01 Jimena De La Frontera	5° 27' 19,75" O	36° 25' 56,13" N	WA 	O 406 Km	V	VI	VII
215.01 Jimena De Líbar	5° 16' 28,27" O	36° 39' 03,33" N	HA 	SO 422 Km	V	VI	VII
215.02 Jimena De Líbar	5° 16' 28,27" O	36° 39' 03,33" N	HA 	SO 422 Km	V	VI	VII
215.03 Jimena De Líbar	5° 16' 28,27" O	36° 39' 03,33" N	LE 	SO 422 Km	V	VI	VII
216.01 Jorquera	1° 31' 14,21" O	39° 10' 28,47" N	HA 	SO 801 Km	V	V	V
216.02 Jorquera	1° 31' 14,21" O	39° 10' 28,47" N	WA 	SO 801 Km	V	V	V
217.01 Lago Lomond	4° 37' 41,91" O	56° 07' 08,73" N	WA 	SO 2218 Km	EN	Sin datos	IV
218.01 Lagos	8° 40' 22,53" O	37° 06' 10,10" N	TS 	SO 135 Km	D	X	X
219.01 Lanzarote, Isla de	13° 35' 23,90" O	29° 02' 48,67" N	TS 	NE 893 Km	D	Sin datos	VII-VIII
220.01 Lebrija	6° 04' 51,07" O	36° 55' 10,51" N	WA 	SO 352 Km	VI-VII	VII	VIII
221.01 Ledesma, Baños de	5° 53' 59,45" O	41° 04' 12,23" N	HD 	SO 619 Km	IV-V	VI	VI
221.02 Ledesma, Baños de	5° 53' 59,45" O	41° 04' 12,23" N	HA 	SO 619 Km	IV-V	VI	VI
221.03 Ledesma	5° 59' 59,90" O	41° 05' 16,27" N	WA 	SO 616 Km	IV-V	VI	VI
222.01 Lepe (Playa de la Antilla) *	7° 11' 44,63" O	37° 12' 22,11" N	GK 	OSO 261 Km	VIII	VIII	IX
222.02 Lepe (Playa de la Antilla) *	7° 12' 20,63" O	37° 12' 48,25" N	TS 	OSO 260 Km	VIII	VIII	IX
223.01 Linares	3° 38' 06,11" O	38° 05' 31,44" N	HA 	SO 590 Km	V-VI	VI	VI-VII
223.02 Linares	3° 38' 06,11" O	38° 05' 31,44" N	WA 	SO 590 Km	V-VI	VI	VI-VII
224.01 Lisboa	9° 08' 21,61" O	38° 43' 20,11" N	GK 	SO 258 Km	D	IX	X-XI
224.02 Lisboa	9° 08' 21,61" O	38° 43' 20,11" N	TS 	SO 258 Km	D	IX	X-XI
225.01 Llombai	0° 34' 18,50" O	39° 16' 51,39" N	HA 	SO 882 Km	IV-V	IV	IV
226.01 Logroño	2° 26' 44,36" O	42° 27' 59,22" N	HD 	SO 926 Km	III-IV	IV	IV
226.02 Logroño	2° 26' 44,36" O	42° 27' 59,22" N	HA 	SO 926 Km	III-IV	IV	IV
227.01 Loja	4° 09' 07,87" O	37° 09' 58,62" N	HD 	SO 525 Km	IV-V	VI	VII
228.01 Lopera	4° 12' 51,58" O	37° 56' 38,13" N	HD 	SO 536 Km	VI-VII	VII	VII
229.01 Lora Del Río	5° 31' 49,29" O	37° 39' 12,00" N	WA 	SO 416 Km	VI-VII	VII	VII
230.01 Lugo	7° 33' 29,43" O	43° 00' 32,86" N	HD 	SO 753 Km	V	V	V

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
230.02 Lugo	7° 33' 29,43" O	43° 00' 32,86" N	HA	SO 753 Km	V	V	V
230.03 Lugo	7° 33' 29,43" O	43° 00' 32,86" N	LE	SO 753 Km	V	V	V
231.01 Luque *	4° 16' 39,57" O	37° 33' 34,45" N	GK	SO 521 Km	VI (Zona)	VII	VI
232.01 Madrid	3° 41' 15,36" O	40° 24' 30,28" N	HD	SO 700 Km	V-VI	V	V
232.01 Madrid	3° 41' 15,36" O	40° 24' 30,28" N	HA	SO 700 Km	V-VI	V	V
232.03 Madrid	3° 41' 15,36" O	40° 24' 30,28" N	LE	SO 700 Km	V-VI	V	V
233.01 Madrigal De Las Altas Torres	4° 59' 53,99" O	41° 05' 23,13" N	HA	SO 669 Km	V	IV	IV
233.01 Madrigal De Las Altas Torres	4° 59' 53,99" O	41° 05' 23,13" N	WA	SO 669 Km	V	IV	IV
234.01 Madrigueras	1° 47' 58,92" O	39° 14' 12,49" N	HA	SO 781 Km	V	V	V
234.02 Madrigueras	1° 47' 58,92" O	39° 14' 12,49" N	WA	SO 781 Km	V	V	V
235.01 Maià De Montcal	2° 44' 32,75" E	42° 13' 20,02" N	HA	SO 1264 Km	I	III	IV
236.01 Málaga	4° 25' 11,91" O	36° 43' 13,23" N	HD	SO 498 Km	VI	VI	VI
236.02 Málaga	4° 25' 11,91" O	36° 43' 13,23" N	HA	SO 498 Km	VI	VI	VI
237.01 Maluenda	1° 36' 57,81" O	41° 17' 18,12" N	HA	SO 899 Km	IV-V	IV	IV
238.01 Mancha Real	3° 36' 42,58" O	37° 47' 10,61" N	HA	SO 583 Km	V	VI	VII
239.01 Manresa	1° 49' 37,96" E	41° 43' 19,19" N	HD	SO 1172 Km	I	III	IV
239.02 Manresa	1° 49' 37,96" E	41° 43' 19,19" N	WA	SO 1172 Km	I	III	IV
240.01 Manresana, La	1° 33' 07,35" E	41° 41' 45,53" N	HA	SO 1150 Km	I	III	IV
240.02 Manresana, La	1° 33' 07,35" E	41° 41' 45,53" N	WA	SO 1150 Km	I	III	IV
241.01 Mansilla	2° 56' 39,90" O	42° 09' 11,67" N	HD	SO 873 Km	IV-V	IV	IV
241.02 Mansilla	2° 56' 39,90" O	42° 09' 11,67" N	HA	SO 873 Km	IV-V	IV	IV
242.01 Manzanares	3° 22' 12,88" O	38° 59' 53,53" N	HA	SO 645 Km	V-VI	VI	VI
242.02 Manzanares	3° 22' 12,88" O	38° 59' 53,53" N	WA	SO 645 Km	V-VI	VI	VI
243.01 Marbella	4° 53' 02,64" O	36° 30' 34,70" N	TS	O 457 Km	IV-V	VI	VI
244.01 Marrakesh	7° 59' 53,17" O	31° 41' 32,78" N	WA	NO 565 Km	D	VIII	VIII
245.01 Martinica, Isla de	60° 57' 09,68" O	14° 39' 49,26" N	TS	NE 5578 Km	EN	Sin datos	VIII

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
246.01 Masquefa	1° 48' 39,90" E	41° 30' 09,49" N	WA	SO 1160 Km	I	III	IV
247.01 Medellín	5° 57' 29,43" O	38° 57' 47,38" N	HA	SO 448 Km	VI-VII	VI	VI
247.02 Medellín	5° 57' 29,43" O	38° 57' 47,38" N	LE	SO 448 Km	VI-VII	VI	VI
248.01 Medina De Rioseco	5° 02' 35,46" O	41° 52' 59,06" N	LE	SO 735 Km	V-VI	V	V
249.01 Melias Y Ribela	7° 50' 17,26" O	42° 24' 45,27" N	WA	SO 683 Km	V (Zona)	V	V
250.01 Melilla	2° 56' 49,96" O	35° 17' 26,60" N	TS	SO 649 Km	EN	IV (Zona)	V-VI
251.01 Mérida	6° 20' 39,02" O	38° 55' 02,60" N	HA	SO 419 Km	V	V-VI	V-VI
252.01 Merindad De Castilla La Vieja	3° 34' 20,85" O	42° 56' 18,55" N	HD	SO 902 Km	III	III	IV
253.01 Merindad De Sotoscueva	3° 37' 36,51" O	43° 01' 41,71" N	HD	SO 906 Km	III	III	IV
254.01 Merindad De Valdeporres	3° 44' 35,02" O	43° 00' 31,95" N	HD	SO 899 Km	III	III	IV
255.01 Merindad De Valdivielso	3° 32' 33,78" O	42° 49' 51,67" N	HD	SO 894 Km	III	III	IV
256.01 Miguelturra	3° 53' 26,29" O	38° 57' 53,13" N	HA	SO 602 Km	VI-VII	VI	VI
257.01 Millau	3° 04' 42,53" E	44° 05' 40,23" N	HA	SO 1391 Km	EN	Sin datos	-
258.01 Miranda De Ebro	2° 57' 08,62" O	42° 40' 49,87" N	HD	SO 914 Km	IV-V	IV	IV
259.01 Moguer	6° 50' 12,90" O	37° 16' 28,96" N	HA	OSO 294 Km	VII-VIII	VIII	IX
259.02 Moguer *	6° 52' 27,61" O	37° 16' 40,83" N	TS	OSO 291 Km	VII-VIII	VIII	IX
260.01 Moià	2° 05' 55,67" E	41° 48' 41,29" N	HD	SO 1197 Km	II-III	III	IV
260.02 Moià	2° 05' 55,67" E	41° 48' 41,29" N	WA	SO 1197 Km	II-III	III	IV
261.01 Molina De Aragón	1° 53' 26,12" O	40° 50' 32,57" N	HD	SO 853 Km	V-VI	V	V
261.02 Molina De Aragón	1° 53' 26,12" O	40° 50' 32,57" N	HA	SO 853 Km	V-VI	V	V
261.03 Molina De Aragón	1° 53' 26,12" O	40° 50' 32,57" N	WA	SO 853 Km	V-VI	V	V
261.04 Molina De Aragón	1° 53' 26,12" O	40° 50' 32,57" N	LE	SO 853 Km	V-VI	V	V
262.01 Molló	2° 24' 15,77" E	42° 20' 48,77" N	HD	SO 1246 Km	I	III	IV
262.02 Molló	2° 24' 15,77" E	42° 20' 48,77" N	HA	SO 1246 Km	I	III	IV
263.01 Monforte Del Cid	0° 43' 47,61" O	38° 22' 45,41" N	WA	SO 844 Km	IV-V	IV	IV
264.01 Monistrol De Monserrat	1° 50' 39,35" E	41° 36' 38,81" N	HD	SO 1168 Km	II-III	III	IV

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto		Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
265.01 Montánchez	6° 09' 10,82" O	39° 13' 33,34" N	GK		SO 453 Km	VI	VI	VI
265.02 Montánchez	6° 09' 10,82" O	39° 13' 33,34" N	HD		SO 453 Km	VI	VI	VI
265.03 Montánchez	6° 09' 10,82" O	39° 13' 33,34" N	HA		SO 453 Km	VI	VI	VI
265.04 Montánchez	6° 09' 10,82" O	39° 13' 33,34" N	LE		SO 453 Km	VI	VI	VI
266.01 Montemayor	4° 41' 56,37" O	37° 38' 50,90" N	HA		SO 487 Km	VII	VII	IV-V
267.01 Monterde	1° 44' 04,01" O	41° 10' 27,64" N	HA		SO 884 Km	V	IV	V
268.01 Montilla Del Palancar	1° 54' 35,81" O	39° 33' 37,88" N	HD		SO 785 Km	V (Zona)	V	V
268.02 Montilla Del Palancar	1° 54' 35,81" O	39° 33' 37,88" N	HA		SO 785 Km	V (Zona)	V	V
269.01 Montoro	4° 22' 52,71" O	38° 01' 35,02" N	GK		SO 525 Km	VI	VI-VII	VII
269.02 Montoro *	4° 22' 54,87" O	38° 01' 41,07" N	SM		SO 525 Km	VI	VI-VII	VII
269.03 Montoro	4° 22' 52,71" O	38° 01' 35,02" N	HD		SO 525 Km	VI	VI-VII	VII
269.04 Montoro	4° 22' 52,71" O	38° 01' 35,02" N	HA		SO 525 Km	VI	VI-VII	VII
269.05 Montoro	4° 22' 52,71" O	38° 01' 35,02" N	WA		SO 525 Km	VI	VI-VII	VII
270.01 Montuenga	4° 37' 44,11" O	41° 02' 45,49" N	WA		SO 686 Km	IV	IV	VII
271.01 Moral De Calatrava *	3° 34' 57,38" O	38° 50' 12,45" N	SM		SO 621 Km	VI-VII	VI	VI
271.02 Moral De Calatrava	3° 34' 59,09" O	38° 49' 47,01" N	HD		SO 621 Km	VI-VII	VI	VI
271.03 Moral De Calatrava	3° 34' 59,09" O	38° 49' 47,01" N	HA		SO 621 Km	VI-VII	VI	VI
271.04 Moral De Calatrava	3° 34' 59,09" O	38° 49' 47,01" N	LE		SO 621 Km	VI-VII	VI	VI
272.01 Mula	1° 29' 25,18" O	38° 02' 31,32" N	HD		SO 771 Km	IV-V	V	VI
272.02 Mula	1° 29' 25,18" O	38° 02' 31,32" N	LE		SO 771 Km	IV-V	V	VI
273.01 Mura	1° 58' 32,55" E	41° 41' 55,51" N	HD		SO 1182 Km	I	III	IV
274.01 Murcia	1° 07' 42,75" O	37° 59' 03,71" N	GK		SO 802 Km	IV	IV	V-VI
274.02 Murcia	1° 07' 42,75" O	37° 59' 03,71" N	HA		SO 802 Km	IV	IV	V-VI
275.01 Nava De La Asunción	4° 29' 20,27" O	41° 09' 23,90" N	WA		SO 703 Km	IV-V	IV	IV
276.01 Navalvillar De Ibor	5° 24' 49,28" O	39° 35' 07,97" N	LE		SO 528 Km	IV	V	V
277.01 Niebla *	6° 43' 29,28" O	37° 20' 04,24" N	LQ		OSO 305 Km	VII	VIII	VIII

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
278.01 Nuévalos	1° 47' 20,63" O	41° 12' 46,37" N	HA	SO 882 Km	IV	IV	IV
279.01 O Barco de Valdeorras	6° 58' 55,44" O	42° 25' 01,91" N	WA	SO 707 Km	V (Zona)	V	V
280.01 O Carballiño	8° 04' 41,36" O	42° 25' 45,38" N	HA	SO 679 Km	V (Zona)	V	V
281.01 Ocaña	3° 29' 58,48" O	39° 57' 36,82" N	SM	SO 685 Km	IV	V	V-VI
282.01 Oia	8° 52' 26,15" O	42° 00' 04,17" N	TS	SO 619 Km	VI (Zona)	VI	VI-VII
283.01 Orduña	3° 00' 25,53" O	42° 59' 42,03" N	HD	SO 936 Km	II-III	III	IV
283.02 Orduña	3° 00' 25,53" O	42° 59' 42,03" N	HA	SO 936 Km	II-III	III	IV
284.01 Ourense	7° 51' 49,26" O	42° 20' 11,58" N	HD	SO 674 Km	IV	V	V
284.02 Ourense	7° 51' 49,26" O	42° 20' 11,58" N	HA	SO 674 Km	IV	V	V
285.01 Palencia	4° 32' 04,56" O	42° 00' 28,21" N	WA	SO 771 Km	V-VI	V	V
286.01 Palma Del Río	5° 17' 06,78" O	37° 42' 04,09" N	WA	SO 438 Km	VI-VII	VII	VII
287.01 Palmas de Gran Canaria, Las	15° 24' 48,13" O	28° 05' 57,76" N	TS	SO 1063 Km	EN	Sin datos	VII-VIII
288.01 Pardos	1° 39' 54,00" O	41° 08' 27,00" N	HD	SO 886 Km	IV (Zona)	V	IV-V
289.01 Pastrana	2° 55' 28,52" O	40° 24' 58,73" N	HA	SO 754 Km	VI	VI	V
290.01 Paterna De Rivera	5° 51' 57,30" O	36° 31' 23,30" N	HA	SO 369 Km	V	VI	VIII
291.01 Paymogo	7° 20' 49,80" O	37° 44' 33,35" N	HA	SO 272 Km	VI	VI	VII
291.02 Paymogo	7° 20' 49,80" O	37° 44' 33,35" N	WA	SO 272 Km	VI	VI	VII
292.01 Peñiscola	0° 23' 26,66" E	40° 22' 02,40" N	HD	SO 1001 Km	III	III	IV
293.01 Peraleda De San Román	5° 23' 11,61" O	39° 44' 27,39" N	LE	SO 540 Km	V (Zona)	V	V
294.01 Picón	4° 03' 37,53" O	39° 02' 59,44" N	LE	SO 593 Km	V-VI	VI	VI
295.01 Piedrahíta	5° 19' 40,51" O	40° 27' 49,60" N	HA	SO 599 Km	IV	V	V
296.01 Pitres	3° 19' 32,73" O	36° 56' 09,69" N	LE	SO 596 Km	VI	V	V
297.01 Plymouth	4° 08' 33,57" O	50° 22' 31,64" N	TS	SO 1612 Km	EN	Sin datos	IV
298.01 Pobladura De Pelayo García	5° 41' 08,41" O	42° 18' 21,54" N	WA	SO 744 Km	IV	IV	IV
299.01 Pola De Gordon, La	5° 40' 10,41" O	42° 51' 17,17" N	HD	SO 797 Km	III-IV	IV	IV
300.01 Ponferrada	6° 35' 50,26" O	42° 32' 51,66" N	WA	SO 732 Km	V	V	V

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
301.01 Ponteareas	8° 30' 17,04" O	42° 10' 26,61" N	OT	SO 643 Km	VI	VI	VI-VII
302.01 Pontevedra	8° 38' 52,76" O	42° 26' 01,73" N	TS	SO 669 Km	VI	VI	V-VI
303.01 Portimao	8° 32' 00,62" O	37° 08' 30,43" N	TS	SO 148 Km	D	X	X
304.01 Portsmouth	1° 05' 16,72" O	50° 49' 11,16" N	TS	SO 1743 Km	EN	Sin datos	IV
305.01 Posadas	5° 06' 25,79" O	37° 48' 01,53" N	WA	SO 457 Km	VI-VII	VII	VII
306.01 Poza De La Sal	3° 30' 05,39" O	42° 39' 56,99" N	HD	SO 882 Km	IV-V	IV	IV
307.01 Pozoblanco	4° 50' 58,49" O	38° 22' 43,99" N	HD	SO 500 Km	V-VI	VI	VI
307.02 Pozoblanco	4° 50' 58,49" O	38° 22' 43,99" N	HA	SO 500 Km	V-VI	VI	VI
308.01 Priego De Córdoba	4° 11' 30,33" O	37° 26' 23,34" N	HD	SO 526 Km	VI-VII	VI	VII
308.02 Priego De Córdoba	4° 11' 30,33" O	37° 26' 23,34" N	HA	SO 526 Km	VI-VII	VI	VII
309.01 Puebla De Alcocer	5° 15' 26,11" O	38° 59' 06,78" N	LE	SO 500 Km	VI	VI	VI
310.01 Puebla De Sanabria	6° 38' 03,83" O	42° 03' 17,83" N	WA	SO 682 Km	IV-V	V	V
311.01 Puebla Del Guzmán	7° 14' 48,52" O	37° 36' 41,78" N	HA	SO 273 Km	VI-VII	VII	VII
311.02 Puebla Del Guzmán	7° 14' 48,52" O	37° 36' 41,78" N	WA	SO 273 Km	VI-VII	VII	VII
312.01 Pueblanueva, La	4° 40' 50,02" O	39° 54' 46,54" N	HA	SO 599 Km	IV	IV	IV
313.01 Puente Del Arzobispo, El	5° 10' 16,98" O	39° 48' 08,97" N	WA	SO 559 Km	V-VI	V	V
313.02 Puente Del Arzobispo, El	5° 10' 16,98" O	39° 48' 08,97" N	LE	SO 559 Km	V-VI	V	V
314.01 Puerto De Santa María, El *	6° 13' 44,96" O	36° 36' 00,45" N	TS	O 337 Km	VII	VII	VIII
314.02 Puerto De Santa María, El	6° 13' 44,96" O	36° 36' 00,45" N	LE	O 337 Km	VII	VII	VIII
315.01 Puerto Real *	6° 11' 24,58" O	36° 31' 44,09" N	TS	O 340 Km	V	VI	VIII
316.01 Queralbs	2° 09' 40,59" E	42° 20' 53,96" N	HD	SO 1228 Km	I (Zona)	III	IV
317.01 Quesada	3° 04' 04,01" O	37° 50' 50,90" N	GK	OSO 632 Km	VI-VII	VI	VII
317.02 Quesada *	3° 01' 13,92" O	37° 49' 38,37" N	SM	OSO 635 Km	VI-VII	VI	VII
317.03 Quesada	3° 04' 04,01" O	37° 50' 50,90" N	HD	OSO 632 Km	VI-VII	VI	VII
317.04 Quesada	3° 04' 04,01" O	37° 50' 50,90" N	HA	OSO 632 Km	VI-VII	VI	VII
318.01 Quintanar De La Orden	3° 02' 34,29" O	39° 35' 26,44" N	HA	SO 699 Km	V	V	V

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
319.01 Quintanar Del Rey	1° 55' 39,50" O	39° 20' 33,07" N	HA	SO 775 Km	IV-V	V	V
319.02 Quintanar Del Rey	1° 55' 39,50" O	39° 20' 33,07" N	WA	SO 775 Km	IV-V	V	V
320.01 Quintanilla Sopeña	3° 27' 47,38" O	43° 04' 20,76" N	HD	SO 919 Km	IV	III	IV
320.02 Quintanilla Sopeña	3° 27' 47,38" O	43° 04' 20,76" N	HA	SO 919 Km	IV	III	IV
321.01 Quintela De Leirado	8° 06' 02,90" O	42° 08' 17,88" N	WA	SO 647 Km	IV-V	V	V
322.01 Quismondo	4° 19' 25,96" O	40° 06' 19,12" N	HA	SO 636 Km	V	V	V
323.01 Rábano De Aliste	6° 25' 57,97" O	41° 44' 32,12" N	HD	SO 658 Km	V	V	V
324.01 Rábida, La *	6° 55' 49,22" O	37° 12' 28,08" N	LQ	OSO 284 Km	VIII (Zona)	VIII	IX
325.01 Rairiz Da Veiga	7° 50' 00,59" O	42° 04' 58,64" N	WA	SO 648 Km	IV-V	V	V
326.01 Rambla, La	4° 44' 26,77" O	37° 36' 30,92" N	HA	SO 482 Km	VI	VII	VII
327.01 Real Sitio de San Ildefonso	4° 00' 17,13" O	40° 53' 51,46" N	WA	SO 713 Km	III-IV	IV	IV
328.01 Redondela	8° 36' 27,51" O	42° 16' 59,81" N	TS	SO 654 Km	VI (Zona)	VI	V-VI
329.01 Redondela, La *	7° 15' 37,39" O	37° 12' 09,64" N	LQ	OSO 255 Km	VII-VIII	VIII	IX
329.02 Redondela, La *	7° 16' 09,67" O	37° 12' 06,92" N	TS	OSO 255 Km	VII-VIII	VIII	IX
330.01 Ribadavia	8° 08' 32,96" O	42° 17' 14,26" N	HA	SO 662 Km	IV-V	V	V
331.01 Ribas de Miño	8° 16' 26,33" O	42° 07' 42,27" N	OT	SO 643 Km	V (Zona)	V	V-VI
332.01 Rio Dal	17° 26' 55,97" E	60° 35' 53,43" N	WA	SO 3305 Km	EN	Sin datos	IV
333.01 Riola	0° 19' 59,28" O	39° 11' 50,22" N	HA	SO 899 Km	III-IV	III	IV
333.02 Riola	0° 19' 59,28" O	39° 11' 50,22" N	WA	SO 899 Km	III-IV	III	IV
334.01 Roda De Ter	2° 18' 37,62" E	41° 59' 02,04" N	HD	SO 1221 Km	I	III	IV
335.01 Rodilana	4° 52' 41,85" O	41° 22' 12,30" N	WA	SO 699 Km	IV	IV	IV
336.01 Ronda *	5° 09' 55,51" O	36° 44' 14,13" N	HA	SO 432 Km	V	VI	VII
336.02 Ronda	5° 09' 55,51" O	36° 44' 14,13" N	HD	SO 432 Km	V	VI	VII
336.03 Ronda *	5° 09' 55,51" O	36° 44' 14,13" N	OT	SO 432 Km	V	VI	VII
337.01 Rota	6° 21' 47,37" O	36° 37' 12,40" N	TS	O 325 Km	V-VI	VII	VIII
338.01 Rozas De Madrid, Las	3° 52' 28,46" O	40° 29' 31,03" N	HD	SO 693 Km	IV-V	V	V

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
338.02 Rozas De Madrid, Las	3° 52' 28,46" O	40° 29' 31,03" N	HA	SO 693 Km	IV-V	V	V
339.01 Ruesca	1° 28' 56,23" O	41° 16' 58,92" N	HD	SO 908 Km	IV-V	IV	IV
340.01 Rupit	2° 27' 54,95" E	42° 01' 25,57" N	HD	SO 1234 Km	I	III	IV
341.01 Rute	4° 22' 12,82" O	37° 19' 30,95" N	WA	SO 508 Km	V	VI	VII
342.01 Saba, Isla de	63° 13' 57,63" O	17° 38' 07,67" N	TS	NE 5593 Km	EN	Sin datos	VIII
343.01 Sabiote	3° 18' 26,56" O	38° 04' 09,32" N	HA	SO 617 Km	VI	VI	VI
344.01 Safí	9° 13' 37,93" O	32° 18' 02,93" N	TS	NO 472 Km	D	VIII	IX
345.01 Sagres	8° 56' 26,11" O	37° 01' 00,60" N	TS	NO 110 Km	EN	X	XI
346.01 Salamanca	5° 39' 55,37" O	40° 58' 02,53" N	WA	SO 622 Km	V-VI	VI	VI
346.02 Salamanca	5° 39' 55,37" O	40° 58' 02,53" N	LE	SO 622 Km	V-VI	VI	VI
347.01 Salceda de Caselas	8° 33' 03,65" O	42° 05' 59,06" N	WA	SO 634 Km	VI (Zona)	VI	VI
348.01 Salé	6° 47' 37,18" O	34° 02' 49,53" N	TS	NO 398 Km	EN	VII	VIII
349.01 Salinas De Rosío	3° 25' 08,18" O	42° 58' 53,31" N	HD	SO 913 Km	IV	III	IV
349.02 Salinas De Rosío	3° 25' 08,18" O	42° 58' 53,31" N	HA	SO 913 Km	IV	III	IV
350.01 Sallent	1° 53' 47,65" E	41° 49' 25,17" N	HA	SO 1182 Km	I	III	IV
350.02 Sallent	1° 53' 47,65" E	41° 49' 25,17" N	WA	SO 1182 Km	I	III	IV
351.01 Salobreña	3° 35' 18,69" O	36° 44' 35,93" N	HD	SO 572 Km	IV-V	V	V
351.02 Salobreña	3° 35' 18,69" O	36° 44' 35,93" N	HA	SO 572 Km	IV-V	V	V
352.01 San Clemente	2° 25' 46,66" O	39° 24' 11,90" N	HA	SO 737 Km	VI	V	V
352.02 San Clemente	2° 25' 46,66" O	39° 24' 11,90" N	LE	SO 737 Km	VI	V	V
353.01 San Clodio	8° 06' 58,19" O	42° 22' 02,23" N	HA	SO 672 Km	IV-V	V	V
353.02 San Clodio	8° 06' 58,19" O	42° 22' 02,23" N	WA	SO 672 Km	IV-V	V	V
354.01 San Felices	2° 01' 37,03" O	41° 56' 14,43" N	HD	SO 914 Km	IV	IV	IV
355.01 San Fernando	6° 12' 18,53" O	36° 27' 55,03" N	TS	O 339 Km	IV	VI	VIII
356.01 San Martin, Isla de	63° 03' 23,73" O	18° 03' 49,87" N	TS	NE 5551 Km	EN	Sin datos	VIII
357.01 San Sebastián De Los Reyes	3° 37' 36,19" O	40° 32' 49,40" N	HA	SO 713 Km	V	V	V

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
358.01 San Silvestre De Guzmán *	7° 21' 00,70" O	37° 23' 19,12" N	GK	OSO 255 Km	VI-VII	VII	VIII
358.02 San Silvestre De Guzmán	7° 21' 00,70" O	37° 23' 19,12" N	HD	OSO 255 Km	VI-VII	VII	VIII
358.03 San Silvestre De Guzmán	7° 21' 00,70" O	37° 23' 19,12" N	HA	OSO 255 Km	VI-VII	VII	VIII
358.04 San Silvestre De Guzmán	7° 21' 00,70" O	37° 23' 19,12" N	WA	OSO 255 Km	VI-VII	VII	VIII
359.01 San Vicente	8° 59' 39,26" O	37° 01' 25,15" N	TS	SO 106 Km	EN	X	XI
360.01 San Vicente De La Sonsierra	2° 45' 29,74" O	42° 33' 44,04" N	WA	SO 915 Km	IV	IV	IV
361.01 Sancti-Petri	6° 12' 24,99" O	36° 23' 45,33" N	TS	O 339 Km	VI (Zona)	VI	VIII
362.01 Sanlúcar De Barrameda *	6° 21' 23,16" O	36° 46' 37,79" N	TS	OSO 326 Km	V	VII	VIII
363.01 Sant Martí De Surroca	2° 16' 37,57" E	42° 16' 45,43" N	HD	SO 1233 Km	I	III	IV
364.01 Sant Pere De Riudebitlles	1° 42' 11,92" E	41° 27' 13,96" N	WA	SO 1150 Km	III	III	IV
365.01 Santa Cruz de Tenerife	16° 14' 49,94" O	28° 27' 46,27" N	TS	NE 1068 Km	EN	Sin datos	VII-VIII
366.01 Santaella	4° 50' 47,86" O	37° 34' 02,99" N	HA	SO 472 Km	VI-VII	VII	VII
367.01 Santander	3° 48' 17,09" O	43° 27' 46,72" N	TS	SO 936 Km	III	III	IV
368.01 Santiago De Alcántara	7° 14' 29,22" O	39° 36' 27,08" N	HA	SO 421 Km	VI-VII	VI	VI
368.02 Santiago De Alcántara	7° 14' 29,22" O	39° 36' 27,08" N	WA	SO 421 Km	VI-VII	VI	VI
369.01 Saucelle	6° 45' 04,93" O	41° 02' 52,31" N	LE	SO 578 Km	IV-V	VI	VI
370.01 Segueró	2° 44' 48,36" E	42° 14' 28,14" N	HD	SO 1266 Km	I	III	IV
370.02 Segueró	2° 44' 48,36" E	42° 14' 28,14" N	HA	SO 1266 Km	I	III	IV
371.01 Segura de la Sierra *	2° 39' 07,36" O	38° 17' 53,15" N	SM	OSO 678 Km	V	VI	VI
372.01 Segura De León	6° 31' 51,84" O	38° 07' 13,56" N	HD	SO 355 Km	V	VI	VI
372.02 Segura De León	6° 31' 51,84" O	38° 07' 13,56" N	HA	SO 355 Km	V	VI	VI
372.03 Segura De León	6° 31' 51,84" O	38° 07' 13,56" N	LE	SO 355 Km	V	VI	VI
373.01 Sepúlveda	3° 45' 01,01" O	41° 17' 53,70" N	HD	SO 759 Km	III	IV	IV
374.01 Setenil De Las Bodegas	5° 10' 59,28" O	36° 51' 40,18" N	HD	SO 431 Km	V-VI	VI	VI
374.02 Setenil De Las Bodegas	5° 10' 59,28" O	36° 51' 40,18" N	HA	SO 431 Km	V-VI	VI	VI
375.01 Seva	2° 16' 48,22" E	41° 50' 21,83" N	HD	SO 1212 Km	I	III	IV

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto		Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
376.01 Sevilla, Isla Mayor *	6° 09' 46,26" O	37° 08' 01,84" N	LQ		OSO 348 Km	VIII	VIII	VIII
376.02 Sevilla	5° 59' 33,05" O	37° 23' 10,34" N	HD		OSO 369 Km	VIII	VIII	VIII
376.03 Sevilla *	5° 59' 33,05" O	37° 23' 10,34" N	WA		OSO 369 Km	VIII	VIII	VIII
377.01 Sigüenza	2° 38' 29,15" O	41° 04' 06,10" N	HD		SO 814 Km	IV	IV	IV
377.02 Sigüenza	2° 38' 29,15" O	41° 04' 06,10" N	HA		SO 814 Km	IV	IV	IV
378.01 Siles	2° 34' 56,32" O	38° 23' 12,10" N	HD		SO 687 Km	VI	VI	VI
378.02 Siles	2° 34' 56,32" O	38° 23' 12,10" N	HA		SO 687 Km	VI	VI	VI
379.01 Siruela	5° 03' 00,10" O	38° 58' 32,68" N	HA		SO 514 Km	V-VI	V	VI
380.01 Sisante	2° 12' 04,17" O	39° 24' 25,68" N	HD		SO 755 Km	V	V	V
380.02 Sisante	2° 12' 04,17" O	39° 24' 25,68" N	HA		SO 755 Km	V	V	V
381.01 Socovos	1° 59' 04,89" O	38° 19' 55,29" N	HD		SO 736 Km	V	V	VI
382.01 Solana, La	3° 14' 20,33" O	38° 56' 28,77" N	SM		SO 653 Km	V	V	VI
382.02 Solana, La	3° 14' 20,33" O	38° 56' 28,77" N	HA		SO 653 Km	V	V	VI
382.03 Solana, La	3° 14' 20,33" O	38° 56' 28,77" N	WA		SO 653 Km	V	V	VI
383.01 Sorbas	2° 07' 26,81" O	37° 05' 53,58" N	HA		SO 704 Km	IV-V	IV	IV
384.01 Sueca	0° 18' 55,89" O	39° 12' 08,74" N	LQ		SO 901 Km	III	III	IV-V
385.01 Suellacabras	2° 13' 23,68" O	41° 51' 08,84" N	HD		SO 895 Km	IV-V	IV	IV
385.02 Suellacabras	2° 13' 23,68" O	41° 51' 08,84" N	HA		SO 895 Km	IV-V	IV	IV
386.01 Talamanca	1° 58' 39,02" E	41° 44' 15,84" N	HD		SO 1184 Km	I	III	IV
387.01 Talavera De La Reina	4° 50' 01,33" O	39° 57' 36,60" N	WA		SO 592 Km	V	IV	IV-V
388.01 Tánger	5° 50' 01,01" O	35° 45' 43,47" N	HA		NO 383 Km	EN	VI	VI-VII
388.02 Tánger	5° 50' 01,01" O	35° 45' 43,47" N	TS		NO 383 Km	EN	VI	VII-VIII
389.01 Taradell	2° 17' 15,96" E	41° 52' 24,22" N	HD		SO 1214 Km	I	III	IV
390.01 Tarazona	1° 43' 30,67" O	41° 54' 09,53" N	HA		SO 931 Km	IV	IV	IV
391.01 Tarifa	5° 35' 58,03" O	36° 01' 08,26" N	TS		NO 398 Km	V	VI	VII
392.01 Terrinches	2° 50' 29,85" O	38° 36' 35,40" N	HD		SO 672 Km	VI	VI	VI

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
393.01 Tetuán	5° 21' 34,81" O	35° 34' 57,78" N	HD	NO 429 Km	EN	V-VI	**VI-VII**
393.02 Tetuán	5° 21' 34,81" O	35° 34' 57,78" N	HA	NO 429 Km	EN	V-VI	**VI-VII**
394.01 Tobarra	1° 41' 34,16" O	38° 35' 32,18" N	HA	SO 768 Km	IV-V	V-VI	**VI**
395.01 Tocina	5° 44' 04,15" O	37° 36' 38,16" N	HA	SO 398 Km	VI-VII	VII	**VII**
396.01 Toledo	4° 01' 27,53" O	39° 51' 25,75" N	HA	SO 641 Km	IV-V	V	**V**
396.02 Toledo	4° 01' 27,53" O	39° 51' 25,75" N	WA	SO 641 Km	IV-V	V	**V**
397.01 Tordesillas	5° 00' 04,59" O	41° 30' 07,28" N	WA	SO 703 Km	V	V	**V**
398.01 Toro	5° 23' 40,71" O	41° 31' 11,67" N	WA	SO 685 Km	V	V	**V**
399.01 Torrebeleña	3° 09' 20,29" O	40° 54' 02,08" N	HD	SO 769 Km	IV-V	IV	**V**
400.01 Torrecampo	4° 40' 48,94" O	38° 28' 28,11" N	HA	SO 518 Km	V-VI	VI	**VI**
401.01 Torredonjimeno	3° 57' 28,19" O	37° 46' 03,62" N	HA	SO 553 Km	VI-VII	VI	**VII**
401.02 Torredonjimeno	3° 57' 28,19" O	37° 46' 03,62" N	WA	SO 553 Km	VI-VII	VI	**VII**
402.01 Torrelapaja	1° 57' 06,13" O	41° 34' 53,44" N	HD	SO 895 Km	IV-V	IV	**IV-V**
402.02 Torrelapaja	1° 57' 06,13" O	41° 34' 53,44" N	HA	SO 895 Km	IV-V	IV	**IV-V**
403.01 Torremocha	6° 10' 22,76" O	39° 20' 44,58" N	LQ	SO 461 Km	V	VI	**VI-VII**
403.02 Torremocha	6° 10' 22,76" O	39° 20' 44,58" N	HA	SO 461 Km	V	VI	**VI-VII**
404.01 Tortosa	0° 31' 30,02" E	40° 48' 39,68" N	LQ	SO 1031 Km	III-IV	III	**V-VI**
405.01 Trebujena	6° 10' 35,78" O	36° 52' 09,27" N	HA	SO 343 Km	VI	VII	**VIII**
405.02 Trebujena	6° 10' 35,78" O	36° 52' 09,27" N	WA	SO 343 Km	VI	VII	**VIII**
406.01 Ubrique	5° 26' 35,27" O	36° 40' 40,52" N	WA	SO 407 Km	V	VI	**VII**
407.01 Ucero	3° 03' 03,77" O	41° 43' 02,02" N	HD	SO 833 Km	III-IV	IV	**IV**
407.02 Ucero	3° 03' 03,77" O	41° 43' 02,02" N	HA	SO 833 Km	III-IV	IV	**IV**
408.01 Uclés	2° 51' 46,53" O	39° 58' 50,19" N	HA	SO 733 Km	V-VI	V	**V**
409.01 Ulea	1° 19' 56,67" O	38° 08' 16,81" N	LQ	SO 787 Km	IV (Zona)	V	**V-VI**
410.01 Utiel	1° 12' 19,39" O	39° 34' 01,76" N	HD	SO 841 Km	IV-V	IV	**IV-V**
410.02 Utiel	1° 12' 19,39" O	39° 34' 01,76" N	HA	SO 841 Km	IV-V	IV	**IV-V**

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
411.01 Valdefuentes	6° 07' 18,87" O	39° 16' 27,57" N	HD	SO 459 Km	VI	VI	VI
411.02 Valdefuentes	6° 07' 18,87" O	39° 16' 27,57" N	LE	SO 459 Km	VI	VI	VI
412.01 Valdelacasa De Tajo	5° 16' 57,02" O	39° 43' 37,68" N	LE	SO 546 Km	V (Zona)	V	V
413.01 Valencia De Alcántara	7° 14' 34,03" O	39° 24' 44,94" N	HA	SO 404 Km	V-VI	VI	VI
413.02 Valencia De Alcántara	7° 14' 34,03" O	39° 24' 44,94" N	WA	SO 404 Km	V-VI	VI	VI
413.03 Valencia De Alcántara	7° 14' 34,03" O	39° 24' 44,94" N	LE	SO 404 Km	V-VI	VI	VI
414.01 Valenzuela De Calatrava	3° 46' 20,17" O	38° 51' 10,66" N	HA	SO 607 Km	VI-VII	VI	VI
415.01 Valladolid	4° 43' 24,06" O	41° 39' 08,38" N	HD	SO 731 Km	V	V	V
415.02 Valladolid	4° 43' 24,06" O	41° 39' 08,38" N	HA	SO 731 Km	V	V	V
415.03 Valladolid	4° 43' 24,06" O	41° 39' 08,38" N	WA	SO 731 Km	V	V	V
416.01 Valle De Manzanedo	3° 41' 27,28" O	42° 53' 56,81" N	HD	SO 892 Km	III	III	IV
417.01 Valle De Tobalina	3° 16' 17,52" O	42° 47' 30,87" N	HD	SO 905 Km	III	III	IV
418.01 Vallfogona De Ripollès	2° 18' 09,84" E	42° 11' 46,41" N	HD	SO 1231 Km	I	III	IV
419.01 Valmojado	4° 05' 28,27" O	40° 12' 19,24" N	HA	SO 659 Km	IV-V	V	V
420.01 Valverde De Merida	6° 13' 12,82" O	38° 54' 40,98" N	HA	SO 427 Km	V-VI	VI	VI
421.01 Vegas Del Condado	5° 21' 53,77" O	42° 41' 05,24" N	HD	SO 793 Km	IV	IV	IV
422.01 Vejer De La Frontera	5° 58' 16,90" O	36° 15' 10,46" N	HA	NO 361 Km	V	VI	VIII
422.02 Vejer De La Frontera	5° 58' 16,90" O	36° 15' 10,46" N	WA	NO 361 Km	V	VI	VIII
422.03 Vejer De La Frontera (Marismas de Barbate) *	5° 58' 16,90" O	36° 15' 10,46" N	TS	NO 361 Km	V	VI	VIII
423.01 Velada	4° 58' 40,39" O	39° 58' 39,19" N	HA	SO 584 Km	IV	IV	IV
424.01 Velilla	5° 00' 19,60" O	41° 33' 28,28" N	HA	SO 708 Km	V-VI	V	V
425.01 Viana do Bolo	7° 06' 47,28" O	42° 10' 48,04" N	HA	SO 678 Km	V (Zona)	V	V
426.01 Vic	2° 15' 20,65" E	41° 55' 42,18" N	HD	SO 1214 Km	III	III	IV
426.02 Vic	2° 15' 20,65" E	41° 55' 42,18" N	HA	SO 1214 Km	III	III	IV
427.01 Vigo	8° 43' 34,96" O	42° 14' 22,11" N	TS	SO 647 Km	VI (Zona)	VI	VI
428.01 Vilaboa	8° 38' 11,50" O	42° 21' 34,70" N	HA	SO 661 Km	VI (Zona)	VI	VI

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
429.01 Viladrau	2° 23' 21,91" E	41° 50' 51,57" N	HD	SO 1220 Km	I	III	IV
429.02 Viladrau	2° 23' 21,91" E	41° 50' 51,57" N	HA	SO 1220 Km	I	III	IV
430.01 Vilar de Paio Muñiz	7° 53' 51,23" O	42° 13' 40,98" N	HA	SO 662 Km	V (Zona)	VI	VI
431.01 Villablanca *	7° 20' 27,50" O	37° 18' 08,32" N	GK	OSO 252 Km	VI-VII	VII	VIII
431.02 Villablanca *	7° 20' 35,80" O	37° 18' 04,85" N	LQ	OSO 252 Km	VI-VII	VII	VIII
431.03 Villablanca	7° 20' 33,85" O	37° 18' 11,35" N	HA	OSO 252 Km	VI-VII	VII	VIII
432.01 Villablino	6° 19' 01,18" O	42° 56' 23,42" N	HD	SO 782 Km	IV-V	IV	IV
432.02 Villablino	6° 19' 01,18" O	42° 56' 23,42" N	HA	SO 782 Km	IV-V	IV	IV
432.03 Villablino	6° 19' 01,18" O	42° 56' 23,42" N	WA	SO 782 Km	IV-V	IV	IV
433.01 Villafranca-Montes De Oca	3° 18' 33,40" O	42° 23' 18,07" N	HD	SO 870 Km	II-III	IV	IV
434.01 Villagarcía Del Llano	1° 50' 46,52" O	39° 19' 35,58" N	WA	SO 780 Km	IV	V	V
435.01 Villalain	3° 34' 59,63" O	42° 54' 34,62" N	HD	SO 899 Km	III	III	IV
436.01 Villalpando	5° 24' 52,93" O	41° 51' 53,57" N	WA	SO 715 Km	IV-V	V	V
437.01 Villamartín	5° 38' 26,93" O	36° 51' 48,27" N	HA	SO 390 Km	VI	VI	VII
437.02 Villamartín	5° 38' 26,93" O	36° 51' 48,27" N	WA	SO 390 Km	VI	VI	VII
438.01 Villanueva De Cameros	2° 38' 59,47" O	42° 10' 03,28" N	HD	SO 891 Km	IV-V	IV	IV
438.02 Villanueva De Cameros	2° 38' 59,47" O	42° 10' 03,28" N	HA	SO 891 Km	IV-V	IV	IV
439.01 Villanueva De La Fuente	2° 41' 43,45" O	38° 41' 32,83" N	HD	SO 687 Km	V	V	V
440.01 Villanueva De La Jara	1° 57' 01,94" O	39° 26' 20,77" N	HA	SO 777 Km	IV-V	V	V
441.01 Villanueva De La Serena	5° 47' 59,31" O	38° 58' 26,07" N	HA	SO 460 Km	VI	VI	VI
442.01 Villanueva De San Carlos	3° 54' 33,66" O	38° 37' 16,61" N	HA	SO 586 Km	V-VI	VI	VI
442.02 Villanueva De San Carlos	3° 54' 33,66" O	38° 37' 16,61" N	LE	SO 586 Km	V-VI	VI	VI
443.01 Villanueva Del Arzobispo	3° 00' 42,72" O	38° 10' 10,66" N	HA	SO 644 Km	IV	VI	VI
444.01 Villanueva Del Fresno	7° 10' 00,03" O	38° 22' 30,11" N	WA	SO 325 Km	VI	VI	VI
444.02 Villanueva Del Fresno	7° 10' 00,03" O	38° 22' 30,11" N	LE	SO 325 Km	VI	VI	VI
445.01 Villarcayo	3° 34' 20,85" O	42° 56' 18,55" N	HD	SO 902 Km	III	III	IV

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto		Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
445.02 Villarcayo	3° 34' 20,85" O	42° 56' 18,55" N	HA		SO 902 Km	III	III	**IV**
446.01 Villarino Do Combo	7° 54' 14,47" O	42° 13' 23,95" N	WA		SO 661 Km	V (Zona)	VI	**VI**
447.01 Villaviciosa De Odón	3° 53' 47,34" O	40° 21' 27,54" N	WA		SO 682 Km	IV-V	V	**V**
448.01 Villena	0° 51' 40,98" O	38° 37' 46,70" N	LQ		SO 839 Km	IV	IV	**V**
449.01 Viso Del Marqués	3° 33' 48,19" O	38° 31' 19,47" N	SM		SO 610 Km	VI	VI	**VI-VII**
450.01 Viveiro	7° 35' 41,37" O	43° 39' 42,88" N	TS		SO 822 Km	IV-V	IV	**V**
450.02 Viveiro	7° 35' 41,37" O	43° 39' 42,88" N	OT		SO 822 Km	IV-V	IV	**V**
451.01 Vozmediano	1° 51' 22,58" O	41° 50' 15,99" N	HD		SO 918 Km	IV	IV	**IV**
452.01 Zafra	6° 25' 09,50" O	38° 25' 34,24" N	HD		SO 381 Km	V-VI	VI	**VI**
452.02 Zafra	6° 25' 09,50" O	38° 25' 34,24" N	HA		SO 381 Km	V-VI	VI	**VI**
453.01 Zamora	5° 45' 17,81" O	41° 29' 56,90" N	WA		SO 665 Km	V	V	**V**
453.02 Zamora	5° 45' 17,81" O	41° 29' 56,90" N	LE		SO 665 Km	V	V	**V**

(*) Fichas Representativas de los diferentes sectores o procesos incluidas en esta edición del Catálogo.

HST 17551101: SW. CABO SAN VICENTE. (Océano Atlántico) 1755 AD											HISTÓRICO	
FECHA AMD	**HORA Y MIN.**	**LONGITUD**	**LATITUD**	**MAG (Mw/Ms/M*)**	**EMS 98**	**MSK 64**	**ESI 07**	**Q_e**	**Q_i**	**Q_g**	**LOCALIZACIÓN TERREMOTO**	
17551101*AD*	10:16	10º00'O	36º30' N	8,5 M*	XI-XII(1)	XII(1)	XI(1)	D	A	A	**SW. Cabo San Vicente. Océano Atlántico**	
Método de datación:		CATALOGADO Ref. Bib.: Galbis (1932; 1940); Martínez Solares (2001); Martínez Solares y López Arroyo (2004)									**Tipo Evento:**	HST
Prof. km	20-40 km	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**Mo**	5,75 x 10^{21} Nm	**Eventos asociados**		RÉPLICAS	**Agencia:**	IGN
EEE Primarios		NO		**Longitud Falla**		≥ 180 km*		**Desplazamiento**		≥ 10 m*	**Tipo Desp.:**	Subducción
EEE Secundarios		SÍ		**Categoría ESI07**		☒GK ☒SM ☒LQ ☒HD ☒HA ☒WA ☒TS					**Área afectada:**	102.000 km²
Otros EEE Ambientales		SÍ		☒ OTROS EFECTOS (OT): Registro de ondas de largo período y oleaje anómalo en cuerpos de agua en campo lejano (NE Europa). Percepción de ondas sobre la superficie terrestre (Valle del Guadalquivir). Agitación de la vegetación. Visualización de efectos luminosos. Alteración del vino por efecto de la vibración. Comportamiento anómalo en la fauna.								
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ		☒ EAEs: Se registran numerosos EAEs en edificios monumentales de todo el sector occidental del territorio español (Andalucía, Extremadura, Castilla y León y Galicia) y en el valle del Guadalquivir (Sevilla y Córdoba) afectando fundamentalmente a iglesias y catedrales (p.ej. Sevilla, Carmona, Córdoba, Andújar, Coria, Salamanca, Tuy, etc.).								
Documentación IGN 2002:		2, 3, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20,21, 22, 23, 38, 53, 56, 59, 60, 67, 87, 119, 129, 131, 137, 142, 160, 165, 166, 173, 205, 207, 215, 243, 254, 255, 256, 260, 261, 263, 269, 273, 275, 278, 279, 280, 286, 291, 292, 299, 301, 302, 305, 306, 307, 309, 311, 312, 314, 317, 318, 325, 335, 345, 347, 348, 350, 360, 366, 405, 407, 426, 427, 431, 436, 439, 449, 453, 454, 455, 479, 482, 496, 504, 515, 516, 522, 528, 529, 563, 570, 571, 583, 598, 618, 619, 620, 623, 628, 631, 632, 633, 635, 636, 640, 646, 662, 663, 681, 682, 683, 685, 686, 687, 693, 695, 697, 698, 699, 700 a 720, 734, 746, 754, 755 a 764, 769, 776, 777, 787, 789, 791, 796, 799, 822, 1001 a 1019, 1021 a 1041, 1043, 1055, 1056, 1062, 1068, 1072, 1073, 1074, 1076.											

Referencias bibliográficas básicas:

Baptista, M. *et al.*, (2003): New study of the 1755 earthquake source based on multi-channel seismic survey data and tsunami modeling. Natural Hazards and Earth System Science, 3 (5), 333-340.

Galbis, J. (1932; 1940): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5º E y 20º W de Greenwich y los paralelos 45º y 25º Norte, Tomos I y II. Inst. Geográfico Catastral y de Estadística, Madrid.

Gómez Diego, P.V. (2016): Análisis Geomático y Catalogación de los Efectos Geológicos y ambientales del terremoto de Lisboa de 1755 AD. Trabajo Fin de Grado Geomática y Topografía, USAL. 319 pp.

Gutscher, M.A. *et al.* (2006): Constraints on a shallow east dipping fault plane source for the 1755 Lisbon earthquake provided by tsunami modeling and seismic intensity (part 2). Tectonophysics, 426, 153–166.

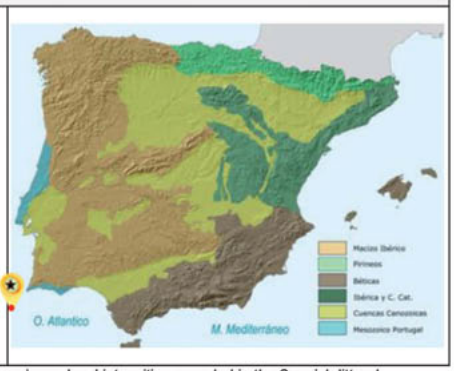
Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa (1 de noviembre de 1755). Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.

Martínez Solares J.M., López Arroyo, A. (2004): The great historical 1755 earthquake, effects and damage in Spain. Journal of Seismology, 8, 275-294.

Mendes-Victor, L. *et al.* (2010). The 1755 Lisbon Earthquake: Revisited. Springer., Berlin, Germany. 597 pp.

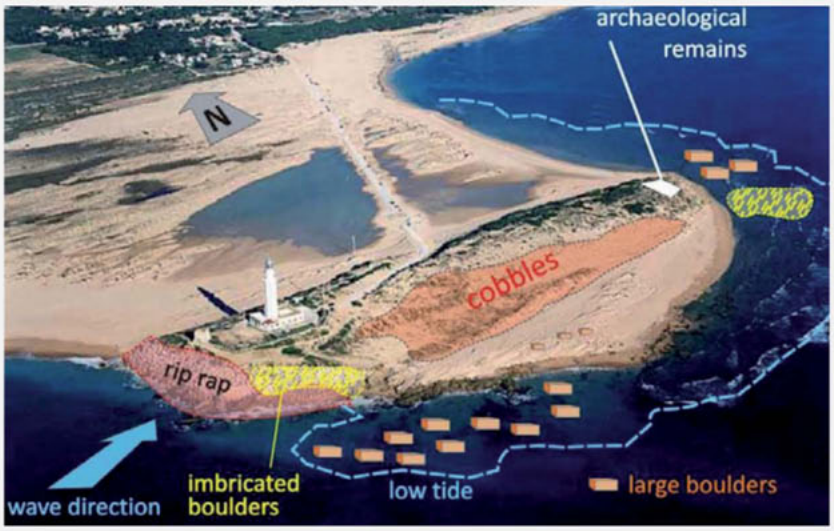
Santos, A., Koshimura, S. (2015). The Historical Review of the 1755 Lisbon Tsunami. Journal of Geodesy and Geomatics Engineering, 1. 38-52.

Zitellini, N. *et al.* (2001): Source of 1755 Lisbon earthquake and tsunami investigated. EOS Trans. American Geophysical Union, 82 (26), 285-289.



(1) *Intensity data for these different macroseismic scales refers to Maximum Epicentral Intensities, no to the maximum local intensities recorded in the Spanish littoral.*

IMAGEN EVENTO







Características de los Depósitos de Oleaje Extremo (EWE Deposits) atribuidos por varios autores al Tsunami de Lisboa en el Cabo de Trafalgar (Cádiz). From Cabero *et al.* (2009): Geomorphic setting and 1755 Tsunami deposits at Cape Trafalgar In: (Lario *et al.* Eds., 2009) *"Paleoseismicity and Quaternary Tectonics in the Gibraltar Strait (Betic Cordillera, South Spain)"*. Filed Trip Guide-Book 1st INQUA-IGCP 567 Workshop, *Baelo Claudia* (Cádiz). IGME-AEQUA, Madrid, pp. 74 – 86.

EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 17551101 SW San Vicente Cape, AT.O	10°00' W	36°30' N	8.5 M*	XI-XII	XII	XI	A	**Atlantic Ocean; Gorringe Bank (Zone 50)**
EVENT CATALOGUED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Galbis (1932, 1940); Martínez Solares (2001); Martínez Solares and López Arroyo (2004)								**Event Type:** **HISTORIC**

GENERAL DAMAGE: The largest earthquake affecting to the Iberian Peninsula. Damage affecting an area of 100,000 km² (≥ VI EMS), with an estimated maximum local intensity of VIII EMS (IX MSK) in the littoral of Huelva at epicentral distances of 250 -350 km. The maximum epicentral intensity is estimated in XI-XII EMS. In Spain, maximum damage was recorded in the province of Huelva, with 66 deaths caused by the earthquake and about 1214 victims along the Spanish littoral of the Gulf of Cádiz (Huelva to Cádiz) produced by subsequent tsunami waves. Major damage concentrated in the Atlantic coast of SW Portugal with main impact at the Algarve region and Lisbon. In Portugal caused about 12000 deaths, 10000 of them by the catastrophic destruction and inundation of the City of Lisbon. Tsunami waves also reached the Atlantic coast of Morocco and the Canary Islands and were recorded by tide-gauges and anomalous at the other side of the Atlantic ocean in México, Brazil, Barbados and the Caribbean Sea about 8-9 hours later. The total amount of victims caused by this earthquake-Tsunami event was about 15000 and 20000, concentrated in the littoral areas of Portugal, Morocco and Spain. Economic losses have been evaluated in a total amount of about 536k M€ (Martínez Solares and López Arroyo, 2004). The earthquake was felt in an area of about $10x10^6$ km², with secondary effects (long-period standing waves and anomalous waves) at far away localities (c. 2400 km away) such as Berlin and Hamburg in Northern Europe. South England and The Netherlands as reported in the volumes of the Phil. Trans. Royal Society of London of 1755 and 1756.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Environmental damage by secondary effects over an area of c. $600x10^3$ km² (whole Iberian Peninsula) for the hydrological (HA) and hydrogeological (HD) anomalies; $35x10^3$ km² for landslides (SM); and about $10x10^3$ km² for liquefaction processes (LQ) and significant ground cracking processes (GK). About 2000 km of shoreline was affected by large tsunami waves in the Spanish littoral between Huelva (10-11 m high) and Gibraltar (3-5 m high). Most relevant EEEs occurred within the intensity zones ≥ VII EMS in an area of about 23.500 km² in the provinces of Huelva, Sevilla, Cádiz and Córdoba. EEE records based on tsunami waves allow to estimate a preliminary maximum local intensity X ESI-07 in Huelva and VIII ESI-07 in the Cádiz-Tarifa zone. On the other hand, the areal extension of significant secondary effects (>$10x10^3$ km²) indicate a maximum epicentral intensity of XI ESI-07. In this 2nd Edition of the Catalogue has been only compiled the data extracted from Martínez Solares (2001), but numerous geological data are available from recent tsunami and earthquake research (will be updated in following editions).

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *Offshore rupture hundreds kilometres length of the sea floor has been proposed by several authors in the different seismic sources considered for this event (Gorringe Bank; Marqués de Pombal Fault; Gulf of Cádiz subduction), but no conclusive geological evidence to the date.*

☒ ***1 Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *Evidence of coseismic subsidence at the Montegordo Beach (Portugal), near the town of Ayamonte (Spain). The epoch report said: "The sea-level seems very high in this beach since 1st November, the ground seems to be moved in this place, no recognizable and lower". The description indicate probable local, but noticeable tectonic subsidence. Impossible to quantify due to the lack of more detailed data, but maybe of metric scale.*

☒ ***15 Ground cracks (GK):*** *Significant to noticeable ground cracking was observed between 200 and 300 km of epicentral distance along the littoral of Huelva at nine localities, within the intensity zones VII and VIII EMS. The larger ones of centimetric width, metric-decametric length and very deep were recorded at La Antilla beach zone in Lepe (264 km away). Centimetre-scale ground cracks were observed at far away localities such as Arcos de la Frontera (Cádiz) 377 km away, Luque and Cañete de las Torres (Córdoba) 523 km away or even Cartagena (Murcia) 812 km away.*

☒ ***18 Slope movements (SM):*** *Environmental damage in an area of $35x10^3$ km² for landslides. Scattered rock falls and minor earth avalanches mainly occurred in Andalucía (11 records), especially in the mountain zones of Cádiz and Jaèn, (along the Betic front area) located at 350 -650 km of epicentral distance, where the intensity was felt with an intensity of VI-VII EMS. However, large rockfalls where recorded at locations located as far as 770 km in Albacete (Argamón, Tolmo de Minateda) where slope vulnerability was important. Only and isolated large-scale (> 5 km²) landslide event was recorded during this event in Spain. This corresponds with the locality of Güevèjar (Granada) located at 578 km of epicentral distance, where the earthquake was felt with an intensity of V-VI EMS. The landslides was and slow-moving event damaging the ancient village of Güevèjar, and destroying about the 93% of the buildings of the village (63 of 70 existing houses were destroyed). Landslide occurred about 20-24 hours after the main shock and a large ground crack of 2.5 m wide and 3-4 m depth was generated in the landslide head. The marly nature and steep slope on which the city was this locality founded favoured site effect. The landslide was catastrophically reactivated during the Arenas del Rey 1884 AD earthquake triggering the complete destruction of the village, which was to be rebuilt in other different zone.*

☒ ***19 Liquefaction processes (LQ):*** *Environmental damage for liquefaction processes occurred in an area about 10,000 km². Liquefaction processes (at least 12 records) where widely observed along the Huelva coastal zone, the Doñana Marshlands and the Lower Guadalquivir valley (around, Coria, Sevilla, Brenes, etc.), between 250 and 350 km of epicentral distance, where the earthquake was felt with an intensity of VII-VIII EMS (Huelva coast) or VII (Guadalquivir and Doñana). In most of the cases, liquefaction originated sand volcanoes and open craterlets of few meters of diameter and in some points, large open ground cracks triggered the ejection of water and sands linked to lateral-spreading processes. In Huelva (Cartuja Convent) explosive liquefaction occurred with the occurrence of water fountains about 7 metres high (c. eight "varas").*

☒ ***370 Hydrogeological anomalies (153 HD; 217 HA):*** *Hydrological anomalies were observed in the whole Iberian peninsula (c. $600x10^3$ km²). Changes in the water-level of wells (75 records) were reported for ¾ parts of Spain at epicentral distances between 260 and 925 km. In 81% of the cases the effects consisted in the elevation of the water-table, in few cases accompanied by turbidity of water. The maximum frequency of this hydrological anomaly is associated with the VI EMS intensity zone. Hydrogeological anomalies in springs were widely observed in the whole Spain, even at very far away zones (1270 km of epicentral distance), where the earthquake was not felt (Pyrenees). The most observed effect was the turbidity of water (83 records) in about the 60% of the cases, always in intensity zones ≤ VI EMS Intensity. Increases and decreases in spring flow-rates (88 records) was observed in about the 35 % of the cases, concentrated in the V to VII EMS Intensity zones. The rest 5% of the cases were associated with drying of springs (24 records), concentrated in the VI and VII EMS Intensity zones.*

☒ ***191 Anomalous waves and tsunamis (125 AW; 66 TS):*** *Large Tsunami event, with at least five relevant tsunami waves travelling between 735 and 300 km/h (decreasing with the distance) with minimum wave lengths of 25-50 km. In the Cabo de San Vicente, nearest terrestrial point to the macroseismic epicentre (110 km away), the height of the first wave reached 15 m. In the Spanish coast the tsunami waves reached heights between 11-9 m (Ayamonte -Huelva) and 3-5 m (Cádiz) causing significant destruction along the coast. About 2000 km of shoreline affected by large tsunami waves between Huelva and Gibraltar. 5 localities affected by the tsunami in the province of Huelva and 15 localities in Cádiz. Important environmental effects occurred in the estuarine areas of the zone, with the record of the breaching of spit bars (Punta Umbría, El Rompido, Valdelagrana), generation of washover fans, an large inundated zones even 9-10 km inland. The tsunami didn't trespass the Gibraltar Strait and the last locality with relevant tsunami damage is Conil de la Frontera (about 350 km away). In the Canary Islands, the effects of the tsunami were recorded in Fuerteventura, Lanzarote, Las Palmas de Gran Canaria and Santa Cruz de Tenerife. There are documentary record of tsunamis and/or anomalous sea-waves for 37 Spanish localities, mostly in the Atlantic coastal of the Gulf of Cádiz, but also in Canary Islands, Galicia and several localities in the Cantabrian Sea. The IGN Tsunami Catalogue assigns a Grade 6 (Ambraseys scale; Disastrous) to this event. Alteration of rivers (waves, flow and turbidity) was observed in most of the Spanish territory. Anomalous waves (47 records) and variations in the flow-rate (26 records), accompanied by turbidity in 15 of the cases, were the most observed effects, especially in the large Iberian rivers, such as the Guadiana, Guadalquivir, Duero, Tajo and Miño, but concentrated in the Guadalquivir basin. Overflows in river courses were the most numerous effect within the Guadalquivir river basin downstream Córdoba.*

☒ ***> 350 Other effects:*** *Long period waves on standing waters were recorded at several thousands of kilometres of epicentral distance as far as the River Aurasoki (Finland), Portsmouth (England), The Hague, Amsterdam, Utrecht (Netherlands), Hamburg, Berlin (Germany) and several large lakes in the Swiss Alps (Lemans, Geneve). 29 records were observed in Spain, mostly in Central Castilla (Segovia and Ávila provinces), but also in Cataluña, 1200 km away (Pyrenees zone) where the earthquake was not felt. Perception of an underground noise occurred almost simultaneously to ground shacking in 285 locations covering the whole of mainland Spain, except the north and northeast zones. Perception of ground waving at Andújar and Bailén (Jaén). Anomalous tree shaking observed in the Guadalquivir valley. Luminous effects were observed in the sky (33 records) 5 hours before the earthquake, along western sector of Spain, interpreted as the possible occurrence of a*

comet or meteor passing through the atmosphere. Alteration of wine (changes in colour and substance) caused by ground shaking in some villages of La Mancha (3 records). Perception of unusual behaviour in animals from the previous day until a few minutes before the earthquake.

☒ ***> 350 Archaeoseismic damage:*** *Record of numerous EAEs in monumental buildings and churches (> 350 records) over the entire western sector of Spain (Andalucía, Extremadura, Castilla y León, Galicia) and in the Guadalquivir valley (Sevilla, Carmona, Córdoba). Many churches and cathedrals suffered damage ≥ VII EMS, such as in Sevilla, Carmona, Córdoba, Andújar, Coria, Salamanca, Tuy, etc. Some of these sites (i.e. Sevilla and Coria) have been subject of archeoseismological analyses on oriented damage, but are not included in this second edition of the catalogue.*

☒ ***Geological Data:*** *Event extensively documented, in both vintage documents and recent studies. Martínez Solares (2001) presents an important synthesis which provides extensive data and analysis of the natural effects triggered by the earthquake and tsunami under the light of the EMS-98 Intensity scale, and constitutes the basis for the initial cataloguing of earthquake environmental effects (EEEs) sumarized in this file. The Lisbon Earthquake-Tsunami is considered to be generated around the Gorringe Bank (Atlantic Ocean) by the rupture of a reverse fault segment of about 180 – 200 km length (Marquês de Pombal Fault or Horseshoe Fault), with an estimated minimum slip of 10 m, considering the event as a subduction zone-like earthquake (Zitellini et al., 2001). However later modeling of the tsunami event indicated that a single source was not enough to explain intensity distribution and tsunami damage, and a composite source including the Marquês de Pombal Fault and the Gorringe Bank has to be considered (Baptista et al., 2003). Similar results are obtained by Gómez-Diego (2016) by means of the obtention of ShakeMaps for this event based in ESI-07 intensity data and empirical relationships for subduction zone events. This author consider a composite triple seismic source, including the Gulf of Cádiz zone, with a total rupture length of c. 700 km and a maximum magnitude of 9.0 Mw as the minimum dimensions to obtain a seismic scenario matching with the existing intensity data. Recent geological studies identify tsunamites, turbidites and geological anomalies produced by this event in offshore and onshore analysis carried out along the coastal zones of Portugal, SW Spain and the Gulf of Cádiz. Some specific onshore analysis has been developed for the most relevant slope movements (Güevéjar, Granada), but there is an overall lack of geological analysis of the other EEEs included in this summary-file. Only the work of Gómez-Diego (2016) accomplishes the classification of EEEs described in Martínez Solares (2001) using the ESI-07 Scale.* ***Quality of Geological Information: Class A.***

Research / Data compilation by: *Pablo. G. Silva (USAL), Pedro V. Gómez-Diego (USAL), Begoña Bautista (USAL). Updated and extended 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 17551101 SW Cabo de San Vicente, O.AT.	10º00' O	36º30' N	8,5 M*	XI-XII	XII	XI	A	**Océano Atlántico; Banco de Gorringe (Zona 50)**
EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN. Ref.: Galbis (1932, 1940); Martínez Solares (2001); Martínez Solares y López Arroyo (2004)								**Tipo de Evento** **HISTÓRICO**

DAÑOS GENERALES: El Terremoto-Tsunami de Lisboa es el mayor terremoto que ha afectado a la Península Ibérica que se encuentre documentado históricamente. El área afectada con daños de mayor o menor importancia fue de unos 100.000 km² (≥ VI EMS), y la intensidad local máxima se registró en el litoral de Huelva con un valor de VIII EMS (IX MSK) a distancias epicentrales de 250-300 km. La intensidad epicentral máxima se estima en XI-XII EMS. El terremoto se sintió con una intensidad máxima de VIII EMS a lo largo de la costa de Huelva, donde causó 66 muertes, y aproximadamente1.214 víctimas como consecuencia del tsunami a lo largo del Golfo de Cádiz (desde Huelva a Tarifa). Los mayores daños se concentraron en la costa atlántica de Portugal, con mayor impacto en la región del Algarve y Lisboa. En Portugal causó unas 12.000 muertes, 10.000 de ellas por la destrucción catastrófica e inundación de Lisboa. Los efectos del tsunami también llegaron a la costa atlántica de Marruecos e Islas Canarias, y fueron registrados por los mareógrafos al otro lado del Atlántico (México y Brasil), aproximadamente entre 8-9 h más tarde. La cantidad total de víctimas mortales causadas por el terremoto y el posterior tsunami ascenderían a entre 15.000 y 20.000 personas, concentradas en el litoral de Portugal, Marruecos y España. Las pérdidas económicas se han evaluado en un importe total de alrededor de 536k M€ (Martínez Solares y López Arroyo, 2004). El terremoto fue sentido en una extensa área de c.10x106km², con efectos secundarios (ondas de largo periodo y oleaje anómalo) en localidades lejanas (c.2400 km) situadas en el norte de Europa y el Mar del Caribe (Barbados), tales como Finlandia, Hamburgo, Berlín, Sur de Inglaterra, como queda reflejado en los volúmenes de 1755 y 1756 de las Phil. Transc. De la Royal Society of London recopilados en el volumen X de Hutton *et al.* (1809).

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Los daños ambientales producidos por los efectos secundarios abarcaron una superficie de c. 600x10³ km² (la totalidad de la Península Ibérica) para las anomalías hidrológicas (HA) e hidrogeológicas (HD); el área afectada por procesos de ladera (SM) fue de 35x10³ km²; y en un área de aproximadamente 10x10³ km² se registraron procesos de licuefacción (LQ) y agrietamiento del terreno (GK) significativos. Cerca de 2.000 kilómetros de costa resultaron afectados por las grandes olas del tsunami entre Huelva (10-11 m) y el Arco de Gibraltar (3-5 m). Los EEEs más relevantes se produjeron en las zonas de intensidad ≥ VII EMS, en un área de c. 23.500 km², afectando a las provincias de Huelva, Sevilla, Cádiz y Córdoba principalmente. Los registros EEEs del tsunami permiten estimar una intensidad local máxima preliminar de X ESI-07 para la zona de Huelva, y de VIII ESI-07 para la zona de Cádiz-Cabo de Trafalgar. Por otro lado, la extensión de la zona máxima afectada por efectos ambientales significativos (>10x10³ km²) permite asignar una intensidad máxima epicentral de XI ESI-07. En esta 2ª Edición del Catálogo solo se han incluido los datos extraídos de la obra de Martínez Solares (2001) completándose 673 EEEs. De ellos se han catalogado y analizado 49 de los más representativos, pero existen ya numerosos datos geológicos que se incluirán en posteriores ediciones.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *La ruptura mar adentro a lo largo de cientos de kilómetros del fondo marino ha sido propuesta por varios autores en las distintas fuentes sísmicas consideradas para este evento (Gorringe Bank, falla del Marqués de Pombal, subducción del Golfo de Cádiz), pero no hay evidencia geológica concluyente hasta la fecha.*

☒ ***1 Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *Existen indicios de subsidencia cosísmica en la playa de Montegordo (Portugal), cercana a la localidad de Ayamonte (España). En el informe remitido desde esa localidad se dice "que la mar se halla muy alta, o con más agua desde el día primero a acá, y que la tierra les parece se ha amudado, y está desconocida, y más baja", parece pues un posible efecto de subsidencia que no se puede cuantificar debido a la falta de datos o detalles.*

☒ ***15 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Existen 15 registros de agrietamientos del terreno significativos entre 200 y 300 km de distancia epicentral a lo largo del litoral de Huelva, donde se sintió el terremoto con una intensidad de VII-VIII EMS. Los más importantes, de anchura centimétrica, longitud métrica-decamétrica y de gran profundidad, se registraron en la zona playa de La Antilla en Lepe (264 km). Agrietamientos milimétricos y centimétricos se registraron en lugares lejanos al epicentro como en Arcos de la Frontera (Cádiz) a 377 km de distancia epicentral, Luque y Cañete de las Torres (Córdoba) (523 km), Murcia (802 km) o Cartagena (Murcia) (812 km).*

☒ ***18 Movimientos de ladera (SM):*** *Se produjeron procesos de ladera en un área de 35x10³ km². Desprendimientos de rocas y avalanchas de tierra de menor importancia se produjeron principalmente en Andalucía (11 registros), especialmente en las zonas montañosas de Cádiz (350 km) y Jaén (650 km), donde se sintió con una intensidad de VI-VII EMS. Se documentan caídas de grandes bloques en Albacete (Argamón, Tolmo de Minateda) a unos 770 km de distancia, donde la vulnerabilidad de las laderas era significativa. Se documenta un único gran deslizamiento (>5 km²) asociado a este evento en España. Sucedió en la localidad de Güevéjar (Granada), ubicada a 578 km de distancia epicentral, donde el terremoto se sintió con una intensidad de V-VI EMS. El deslizamiento de movimiento lento, pero continuo, afectó gravemente a la antigua localidad de Güevéjar, con la destrucción de aproximadamente el 93% de sus edificios (63 de las 70 casas existentes fueron destruidas). El deslizamiento se produjo entre 20 y 24 h después del sismo principal, generando una gran grieta en la cabecera del deslizamiento de 2,5 m de ancho y 3-4 m de profundidad. La naturaleza margosa y fuerte pendiente sobre la que se localizaba la antigua población favorecieron el efecto sitio. El deslizamiento se reactivaría catastróficamente durante el terremoto de Arenas del Rey de 1884 AD destruyendo enteramente la ciudad que tuvo que ser reconstruida en otro lugar.*

☒ ***19 Procesos de licuefacción (LQ):*** *Se observaron procesos de licuefacción en un área de aproximadamente 10x10³ km². Numerosos procesos de licuefacción relevantes (mínimo 12 registros) en el litoral de Huelva, zona de Doñana y el valle del Guadalquivir en la provincia de Sevilla, entre 250 y 350 km de distancia epicentral, donde se registró intensidad VII-VIII EMS (costa de Huelva) o VI-VII EMS (Guadalquivir y Doñana). Los más importantes originaron volcanes de arena y cráteres abiertos de varios metros de diámetro y, en algunos puntos, se abrieron grandes grietas en el terreno por las que manaban aguas y lodos. En el Convento de La Cartuja (Huelva) tuvieron lugar procesos de licuefacción explosivos, dando lugar a la generación de columnas de agua de hasta unos 7 metros de altura (c. ocho varas) que eyectaron lodo, agua y arena en gran cantidad.*

Continúa...

☒ ***370 Anomalías Hidrogeológicas (153 HD; 217 HA):*** *Se observaron anomalías hidrológicas en todo el territorio peninsular (c. 600x10³ km²). Se registraron cambios en el nivel del agua de los pozos (al menos 75 registros) en las¾ partes de nuestro territorio a distancias epicentrales de entre 260 y 925 km. En el 81% de los casos, los efectos consistieron en el aumento del nivel freático, en algunos casos acompañados por turbidez del agua. La máxima frecuencia de este tipo de anomalías hidrológicas se concentra en la zona de intensidad VI EMS. Las alteraciones en fuentes y manantiales también afectaron a todo el territorio, incluso en zonas muy alejadas del epicentro (campo lejano) a unos 1.300 km (Pirineos), donde el terremoto no se había sentido. Los efectos más abundantes fueron los procesos de turbidez del agua (83 registros; aprox. el 60% de los casos), todos ellos en zonas de intensidad inferior a VI EMS. Se observó variación en el caudal de manantiales (88 registros; aprox. el 35% de los casos), concentrándose en las zonas de intensidad V a VII EMS. El 5% de los casos restantes se refieren a la desaparición de manantiales (24 registros), concentrados en las zonas de intensidad VI y VII EMS.*

☒ ***191 Oleaje Anómalo y Tsunamis (125 AW; 66 TS):*** *Se produjo un gran Tsunami, con al menos cinco olas principales que se desplazaron a una velocidad entre 735 a 300 km/h, con longitudes de onda mínimas de 25 a 50 km. En el Cabo de San Vicente, el punto terrestre más cercano al epicentro submarino (110 km), la altura de la primera ola alcanzó los 15 m. En las costas españolas las olas del tsunami llegaron a alturas de entre 10 a 9 m en Huelva, y entre 3-5 m en la zona de Cádiz, originando una importante destrucción en todo el litoral. Cerca de 2000 kilómetros de costa se vieron afectados por grandes olas de tsunami entre Huelva y el Arco de Gibraltar. En la provincia de Huelva resultaron afectadas por el tsunami 5 poblaciones, y en la de Cádiz, 14. Se tiene constancia documental expresa de tsunami y oleaje anómalo para 37 localidades españolas, en su mayoría en el litoral atlántico del Golfo de Cádiz. Los efectos ambientales más importantes se registraron en las numerosas áreas estuarinas de la zona (Guadiana, Piedras, Tinto-Odiel, Guadalquivir y Guadalete) dando lugar a la rotura de los sistemas de barras litorales e isla-barrera (Punta Umbría, El Rompido, Doñana, Valdelagrana), generación de washover fans, cheniers e inundación extensiva de grandes zonas incluso hasta 9-10 km tierra adentro. El Tsunami no traspasó el Estrecho de Gibraltar, y los daños materiales más importantes de la zona se registran en Conil de La Frontera (unos 350 km de distancia), aunque los efectos ambientales llegan a registrarse hasta el Cabo de Trafalgar e incluso el Peñón de Gibraltar con run-ups de entre 3 y 5 m., en las Islas Canarias, Galicia y poblaciones del Cantábrico. El catálogo de tsunamis del IGN le asigna un grado 6 (Desastroso) en la Escala Ambraseys (1962) y que alcanzaría el grado X en la nueva escala sobre efectos ambientales de los tsunamis TEE-16 que complementa la ESI-07 (Lario et al., 2016). También se registraron alteraciones en cuerpos de agua continentales (oleaje anómalo, desbordamientos y turbidez en ríos) afectando a las cuencas del Guadiana, Guadalquivir, Duero, Tajo, e incluso Miño. Dentro de esta categoría los efectos más documentados fueron el oleaje anómalo y las variaciones en el caudal, acompañados además de turbidez en algunos casos. Los casos de desbordamiento fueron los más numerosos y significativos en la cuenca del Guadalquivir, aguas abajo de Córdoba.*

☒ ***> 350 Otros efectos:*** *Oleaje anómalo (ondas de largo período) en aguas estancadas o pequeñas variaciones del nivel del mar se registraron hasta varios miles de kilómetros de distancia epicentral, como en el río Aurasoki (Finlandia), Portsmouth (UK), La Haya, Ámsterdam, Utrecht (Holanda), Hamburgo, Berlín (Alemania) y varios lagos alpinos. Se documentan 29 registros en territorio español, la mayoría en el interior de Castilla y Cataluña (1200 km del epicentro) donde no fue sentido el terremoto. Percepción de ruido subterráneo que se producía casi simultáneamente al movimiento del terreno en 285 lugares que cubren la totalidad de la España peninsular, exceptuando el norte y nordeste. Percepción visual de ondas moviéndose sobre la superficie terrestre en Andújar y Bailén (Jaén). Agitación anómala de árboles en varias localidades. Efectos luminosos en el cielo (33 registros) a lo largo del oeste de nuestro territorio, 5 h antes del sismo, por el posible paso de un cometa o un meteoro. Alteración del vino (variación de color y de sustancia), causada por la vibración, en algunos pueblos de La Mancha (3 registros).*

☒ ***> 350 Efectos Arqueosismológicos:*** *Registro de numerosos EAEs en edificios monumentales e iglesias (> 350 casos) a lo largo de toda la zona occidental de España (Andalucía, Extremadura, Castilla y León, Galicia) y en el valle del Guadalquivir (principalmente Sevilla y Córdoba). Muchas de las catedrales y principales iglesias de multitud de poblaciones sufrieron daños. Los casos más significativos ocurrieron en Sevilla, Carmona, Córdoba, Andújar, Coria, Salamanca y Tuy.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Evento extensamente documentado, tanto por documentos de la época, como por estudios recientes. El trabajo de Martínez Solares (2001) constituye una importante síntesis y análisis de datos bajo la luz de la escala de intensidades EMS-98, constituyendo la base de la catalogación preliminar resumida en esta ficha. El terremoto-tsunami de Lisboa se considera que fue generado en las inmediaciones del Banco de Gorringe (Océano Atlántico) por la ruptura de un segmento de falla de unos 180 – 200 km de longitud (Falla Marqués de Pombal o Falla de Horseshoe), con un desplazamiento mínimo de 10 m, estimándose ser un evento de características similares a los grandes terremotos de zonas de subducción (Zitellini et al., 2001). Modelizaciones del tsunami sugieren que está única fuente sísmica no es suficiente para explicar la distribución de intensidades y el daño provocado por el tsunami en el sector SW de la Península Ibérica. Baptista et al. (2003), sugieren una fuente sísmica compuesta que incluye la Falla del Marqués de Pombal y la zona de falla inversa del Gorringe Bank para generar un terremoto 8,7 Mw. Resultados similares han sido obtenidos por Gómez-Diego (2016) mediante el desarrollo de escenarios sísmicos (ShakeMaps) basados en datos macrosísmicos ESI-07 y relaciones empíricas entre área de ruptura – magnitud para eventos de zona de subducción. Este autor considera una triple fuente sísmica compuesta que también incluye la zona de subducción del Golfo de Cádiz, completando una longitud de ruptura de c. 700 km y una magnitud de 9,0 Mw como las dimensiones mínimas para explicar el nivel y distribución de daños indicados por los datos de intensidades (ESI-07 y EMS-98) existentes. Estudios geológicos recientes identifican niveles de turbiditas (offshore), tsunamitas (onshore), así como diversas anomalías geológicas (desplazamiento e imbricaciones de grandes bloques) en los litorales de Portugal y SW de España. Como contraste a los numerosos estudios existentes sobre los efectos y registro geológico del tsunami tanto en la costa Española, como la portuguesa o la marroquí, son muy escasos los trabajos relacionados con otros efectos geológicos del terremoto. Algunos trabajos específicos se han realizado en relación con los procesos de ladera más significativos documentados (Güevéjar, Granada), pero no existe ningún trabajo de índole geológica sobre el resto de EEEs incluidos en la presente ficha-resumen del evento. Tan solo el estudio realizado por Gómez-Diego (2016) en el marco del desarrollo del presente catálogo aborda la clasificación y análisis mediante la escala ESI-07 del conjunto de efectos ambientales listados en Martínez Solares (2001).* ***Calidad de la Información Geológica: Clase A.***

Investigación / Compilación de la información: *Pablo. G. Silva (USAL), Pedro V. Gómez-Diego (USAL), Begoña Bautista (USAL). Actualizado y completado 2017.*



DESCRIPCIÓN **DATOS**
HST 17551101: SW. CABO SAN VICENTE. (Océano Atlántico) 1755 AD **GALBIS**

Descripción de Galbis (1932). Terremoto Nº 266: *1755 AD*

1 de noviembre.-El terremoto ocurrido en este día es uno de los mayores registrados en la Península Ibérica, comparable con el del 26 de enero de 1531 en Lisboa, aunque de un área macrosísmica más extensa, que evalúa Mr. Reid en 16 millones de kilómetros cuadrados; fue sensible en toda Europa y una parte de África, ocasionando numerosas víctimas, más que por las oscilaciones terrestres del sismo y sus consecuencias, por el maremoto que siguió a aquéllas. Se le ha dado el nombre de terremoto de Lisboa, porque en esa población fueron los daños más impresionantes, quedando en ruinas gran parte de la misma y causando la muerte de 4000 personas. El área epicentral no estaba, sin embargo, precisamente en los alrededores de Lisboa. En un estudio detenido efectuado por el geólogo portugués Pereira de Sousa fijó su atención en los efectos del maremoto, su intensidad en diferentes puntos de la costa y la dirección de las olas e inundaciones del mar; en este trabajo, publicado el año 1911 por la Academia de Ciencias de París, se citan fenómenos tan extraordinarios como retirarse el mar media legua en San Vicente y Sagrés, avanzando después y subiendo el nivel en alguna dirección 60 metros en la primera y 30 en la segunda; avanzar en la playa de Mortinhal y Lagos hasta media legua, arrastrando murallas, arrasando los cultivos y haciendo naufragar las pequeñas embarcaciones; en Villa Nova de Portimao alejada del mar dos kilómetros y medio, la ría que por ella pasa llevarse 12 metros de muralla y destruir un convento, etc., etc., todo lo cual, analizado cuidadosamente, le hace formular las siguientes conclusiones:

Que en el megasismo de 1755, las direcciones de las olas sísmicas en Portugal no confirman la hipótesis de una zona epicentral submarina situada al SW. de Lisboa.

Que en cambio conducen a situar esa zona al Sur del Algarbe occidental y al NE. del archipiélago Madera.

Que para precisar más puede decirse que esté situada a la entrada del Golfo de Cádiz (considerado este Golfo a partir del Cabo de San Vicente), pero más cerca de la costa portuguesa, puesto que es en ella donde los efectos del terremoto fueron más violentos.

En otro trabajo posterior, también publicado en la Academia de Ciencias de París, año 1914, se dice que, utilizando el resultado de las investigaciones hechas en Portugal por el marqués de Pombal, ha podido trazar las isosistas del terremoto, que le confirman en su hipótesis referente a la situación de la zona epicentral antes dicha.

Tanto estos trabajos, como otros publicados por el mismo autor y por otros muchos, son interesantísimos, y a ellos remitimos al lector que desee conocer al detalle los grandes daños sufridos por la nación portuguesa con esta catástrofe.

Menos conocidos son los efectos causados en otras partes, sobre todo en España; por ello creemos deber añadir algunos datos, sacados, en su mayoría, de documentos españoles.

En Cádiz empezó el temblor a 9 h. 45 m., con un movimiento lento, que fue aumentando en intensidad hasta pasados unos 8 m., tanto, que las gentes tenían que echarse a tierra para no caer o agarrarse a lo más firme que tenían a su alcance. Los dos balances que dio la tierra duraron unos dos minutos, pasados los cuales continuó moviéndose como al principio, hasta las 10 h. 5 m., que cesó completamente. Los daños materiales no fueron muy considerables, pues solamente se observó la desnivelación de la torre de Santa Catalina, la caída de una cruz de la iglesia de Santo Domingo, la del tejado de la parte W. de la de San Antón y el quedar muchas casas en estado ruinoso. Todo parecía que había terminado, cuando a las 11 h. el mar rompió los lienzos de las murallas, invadió la población hasta tres veces con intervalos de 6 minutos, dejando en seco cerca de media legua la playa y ocasionando numerosas víctimas. En los pueblos de la provincia se sintió el terremoto de análoga manera. Conil, Sanlúcar de Barrameda, Puerto de Santa María, Jerez de la Frontera, etc., todos ellos sufrieron desperfectos en los edificios y víctimas; sólo en la Isla de León (hoy San Fernando) aparecieron en sus alrededores 26 muertos.

En Sevilla duró aproximadamente lo mismo que en Cádiz, y las consecuencias fueron las mismas, muriendo seis personas, siendo muy grandes los daños materiales, tanto en los templos, que todos sufrieron mucho, como en los edificios particulares, en que calles enteras quedaron en ruinas.

Huelva se vio también invadida por el mar, que hizo muchos destrozos, quedando varios templos y edificios destruidos, y ocasionó víctimas, cuyo número se desconoce. En Ayamonte dejó en ruina completa muchos edificios, y al invadir e mar la costa arrastró lo que encontró a su paso, causando también muchas víctimas.

En Córdoba se sintió la primera sacudida poco después de las 10 h., y fue muy violenta, seguida, como un cuarto de hora después, de otra no tan grande, aunque también fuerte, repitiéndose después, a las 12 h., ya con menos intensidad, sin producir desgracias personales, pero causando grandes daños materiales en los edificios. Siguieron sintiéndose oscilaciones durante muchos días, aunque breves y de impulsos poco violentos. En toda esta provincia no hubo pueblos que no se sintieran efectos del sismo, más o menos considerables, y en algunos, como Bujalance, no quedó casi ni edificio en pie.

En Granada no fueron muy grandes los efectos, sin embargo, se resintió tanto la Iglesia Colegial del Salvador, que la abandonaron los canónigos. En Güevéjar (pueblo de esta provincia) se abrió una

tremenda grieta que más adelante se ensanchó, sepultando en ella varias casas y teniendo sus habitantes que abandonarlo. En Alhama hizo algunos destrozos, aumentando el caudal de sus aguas, que era muy escaso.

En Almería a 9 h. se oyó un horroroso estruendo, efecto del ya cercano terremoto, que entre otros daños produjo aberturas en un muro del tercer recinto de la Alcazaba.

Se sintió en toda la costa de Levante.

En Badajoz dicen que duró 15 m., causando también considerables efectos, lo mismo que en todos los pueblos de la provincia.

En Coria (Cáceres) se hundió la iglesia, muriendo en ella dos canónigos.

En Madrid duró 8 s., y aparte de otros daños de poca consideración, se cayó una cruz del Colegio Imperial y otra de la fachada de la iglesia del Buen Suceso, ocasionando la muerte de dos niños.

Cataluña también sintió el terremoto, y entre los fenómenos locales curiosos pueden citarse lo ocurrido en diversas fuentes. Texidor cita que en una nota que se encuentra en el archivo parroquial de Monistrol de Montserrat se consigna que la fuente "*mentirosa*" de aquel término, "*el año del terremoto de Portugal, y con motivo del mismo, apareció el agua colorada, mientras que en las demás siempre fue clara como cristal*". También durante el fenómeno se interrumpió la fuente termal de Caldas de Malavella, según puede verse en documentos que cita D. Luis Mariano Vidal en su memoria "*Aguas termales de Caldas de Malavella*".

Este enturbiamiento de las aguas, por efecto del terremoto de Lisboa, parece haber sido muy general en Cataluña y en el Mediodía de Francia; una nota del señor vizconde de Bonald en la Revue du Ciel, hace constar igual fenómeno en las aguas del Tarn; la fuente de Riou-Ferrand, junto al río Dourbie, "*llegó a parecer sangre*". En Millau y en todo el Aveyron ocurrió lo propio.

Igualmente se sintió en las Baleares, también con gran intensidad.

En Marruecos fue tan violento que no quedó edificio exento de ruina, cayendo casi todas sus mezquitas y sepultando muchos de sus habitantes, desgracias que aumentó el desbordamiento del río Tensift, cuyas aguas entraron por las puertas de la ciudad de Marruecos; muchos de sus habitantes se ahogaron.

En Mezquínez duró 8 m., y fueron de gran consideración los daños que causó.

En Fez duró 10 m., desplomándose la Mezquita Mayor, que sepultó en sus ruinas a más de 700 moros. Las aguas del Sebu crecieron mucho. Quedaron en ruinas casi todos sus edificios, entre ellos el hospicio y convento que tenían los PP. Franciscanos.

En Salén ocurrieron grandes destrozos en los edificios, y gran parte de sus habitantes perecieron; y lo propio ocurrió en Arcila, Mamora, Larache y Tánger.

En Safí y Santa Cruz, además de caerse muchos de sus edificios, el mar saltó las murallas, causando innumerables víctimas.

En Tetuán y en los pueblos inmediatos ocasionó también bastantes daños. En Melilla barrió el mar la bocana de Mar Chica. En Ceuta el mar subió primero 7 pies, para bajar después de tal modo, que quedaron los barcos y los peces sobre la arena.

En una carta que en 8 de noviembre escribió el viceprefecto de las misiones de los Padres Franciscanos, dice que en Marruecos cayeron por tierra multitud de casas, mezquitas y edificios públicos. En algunos puntos se abrió la tierra en grandes perímetros y se tragó aduares enteros; una población que distaba 40 kilómetros de la ciudad de Marruecos, y que contaba 5000 habitantes y 6000 soldados que allí estaban acuartelados, desapareció con todos sus moradores; de algunas caravanas que les cogió el terremoto en el camino nada más se supo, y en los puertos no sólo sufrieron horribles consecuencias las casas y sus habitantes, sino que perecieron por completo los buques que había en sus aguas.

Dice, por último, que el hospicio que en Fez tenían los Franciscanos y su convento, iglesia, hospital y botica de Mezquínez todo vino a tierra, quedando los religiosos sin albergue y sin lo más necesario para la vida, viéndose precisados a alojarse por entonces en unas chozas que hicieron con ramajes.

En Argel fue tan violento, casi no quedó mezquita ni edificio suntuoso o humilde que no se desplomara, sepultando sus ruinas un increíble número de moros y judíos.

No dejaremos de hacer mención de los efectos que causó en Europa, sintiéndose en Francia, en Tolosa, el Langedoc, Angulema, Burdeos y muchos más; en Persignan alcanzó el grado IV. E. (R. F.), según Mengel. En sitios tan alejados del epicentro como Ámsterdam, se agitaron mucho las aguas de sus canales y sonaron las campanas de algunas iglesias, en La Haya ocurrió análogamente, y lo mismo en Rótterdam, Utrech, Leyde y otros. Se sintió en Hamburgo. Las aguas del Lago Mayor subieron de pronto y volvieron a bajar poco a poco. En un canal que comunica con el Tessino se vieron las aguas retroceder hacia su nacimiento y volver a su cauce con tal ímpetu, que se rompieron las amarras de algunas de las embarcaciones que estaban en sus orillas.

Ocurrieron numerosísimas réplicas de este terremoto; como tales deben considerarse la mayor parte de los terremotos portugueses que siguen en el año 1756 y aun en los primeros de 1757.

La bibliografía de este terremoto es muy extensa, ha sido publicada por F. de Montessus de Ballore en su notable obra Bibliografía General de temblores y terremotos, Santiago de Chile, y comprende no sólo estudios del fenómeno y de sus consecuencias, sino también trabajos literarios de todas las clases, como dramas, poesías, sermones, cartas, etc. Las noticias que extractamos se publicaron en los trabajos españoles reseñados a continuación y en otros extranjeros, especialmente de Perrey y Pereira de Souça.

Nota aclaratoria de Galbis (1940). Terremoto Nº 266:*1755 AD*

T.I. núm. 266 (A.)- 1 de Noviembre.-Pueden añadirse algunos detalles referentes a los efectos que produjo en Marruecos este terrible terremoto.

Louis Gentil, hablando de los efectos en la ciudad de Mequínez, dice que la caída de la puerta histórica de Bab. Manssur sobre las dos columnas de mármol que la encuadraban produjo la rotura de las dos columnas, separando de su base una de ellas, y se debió al movimiento susultorio del sismo. Las grandes hendiduras que todavía se ven en los interminables muros de Mequínez proceden de esta catástrofe; una de ellas separa en dos trozos el Brodj-Meckouk. Las ruinas de Volúbilis proceden también de este suceso. Según A. Perrey, cerca de esta ciudad se abrieron dos montañas y arrojaron grandes torrentes de agua rojiza que corrieron varios días impetuosamente. Según el Kitab-el-Istiqsa, las viviendas de Zerhoun quedaron destruidas. El cataclismo ocasionó tal número de víctimas, que sólo en Abide murieron cerca de 5000 personas.

En la costa mediterránea los efectos del terremoto fueron menores. En Tetuán se sintieron, durante ocho o diez minutos, tres fuertes sacudidas hacia las diez de la mañana, pero no derribaron ninguna casa.

En Ceuta se sintió a las 10 h. 10 m., y duró treinta segundos, seguido por otras sacudidas ligeras, cuya duración fue de tres minutos. Las puntas de la montaña "*Los Tres Hermanos*" parecieron elevarse y descender, tal vez por efecto del movimiento de los observadores. Las aguas de las fuentes cesaron durante días. El flujo y reflujo del mar duró hasta la mañana del día siguiente, si bien empezó a disminuir desde el mediodía del día primero.

Sobre la costa Atlántica las sacudidas y mareas extraordinarias fueron violentas.

En Tánger, Arcila, Larache, Mehdia, Rabat, Salé y Casablanca quedaron destruidos casi todos los edificios y pereció una gran parte de la población. Las mareas extraordinarias causaron grandes estragos en los Puertos del Sur, Mazagan, Safi y Añadir. Se perdieron varios barcos. En Tánger se sintieron las primeras sacudidas a las 10 h. Las aguas del mar invadieron 18 veces la costa hasta las 18 h., creyéndose que el mar se elevó a 50 pies. Las fuentes, en media legua alrededor, no corrieron hasta la noche.

El Nachr al Mathani dice que el sábado 26 Moharem 1169, al amanecer, tembló la tierra, inclinándose de E. a W. durante cinco minutos, y que el agua de los mares entró en las casas; dice también que, según el Kitab el Istiqsa, en la marea extraordinaria de Salé el mar se retiró en una gran extensión, y habiendo acudido a presenciar el fenómeno muchas personas, una segunda ola les tragó. Una gran caravana que se dirigía a Marruecos con gran número de animales y personas pereció por completo. El mar rechazó por completo, hasta el interior, a gran distancia, las lanchas. En el libro Las villas y tribus de Marruecos, región de Doukkala; T. II, se lee que el mar avanzó hacia el interior una "*masafa*" (5 a 6 kilómetros), a cuya distancia desapareció una barca.

En Rabat, la Mezquita con la Torre Hassan sufrió mucho. Louis Gentil ha podido examinar antes de su reconstrucción en las múltiples columnas calcáreas-zoógena-paleozoica que afloran en el valle de Bou Regreg, que las cañas estaban en su mayoría en tierra, en trozos separados y generalmente inclinados en el mismo sentido, lo que parece indicar el efecto de un brusco movimiento horizontal. Las que quedaban de pi mostraban un desplazamiento relativo de las piedras en el mismo sentido, así como la desviación en rotación de los capiteles, cuyo giro alcanzó un ángulo de 40º, lo que sólo puede atribuirse a un movimiento rotatorio.

En Casablanca la mayoría de las casas se derrumbaron y los habitantes abandonaron la ciudad. La marea extraordinaria fue muy violenta.

El Kitab-el Istgsa resume la descripción, por Luis María, del terremoto de Eljedida (Mazapán), que duró un cuarto de hora, diciendo que la tierra se entreabrió y que el mar estuvo muy agitado. Las aguas del Océano se elevaron por encima de la muralla de Eljedida y se extendieron por la ciudad, dejando muchos peces al retirarse a sus límites habituales. Se desbordó también sobre pastos y cultivos, que arrasó. Se destrozaron los barcos y canoas del puerto, huyeron los cristianos de la iglesia, dejando las casas abiertas, no habiendo, sin embargo. Robos porque todo el mundo trataba de salvarse.

En Safi y Santa Cruz (Añadir) también fueron muy violentas las sacudidas y se elevaron a considerable altura, ocasionando muchas víctimas. Se sintió bastante en Lorca (Murcia) y ligeramente en esta capital. Alcanzó a las Islas Canarias y la de Madera. Alcanzó el grado V (M.) en Prats de Molló, a las 2 h. 15 m. el IV en Persignan y por la noche en Caldas de Malavella.

Referencias de Galbis (1932; 1940). Terremoto Nº 266: *1755 AD*

Perrey. Sur les Trem. de Terre en Algerie et dans l'Afrique septentrionale.

J. Matute Gaviria. An. ecle. y secu. de la ciu. de Sevilla.

D. A. C. B. Mem. Literario-Biblioteca Periódica de Ci. y Ar. T. VII. Meteorología.

A. de Castro. Hist. de Cádiz.

Fr. M. P. Castellano. Hist. de Marruecos.

Y, por último, muchas relaciones impresas en aquel año.

L. Gentil. Títulos y trabajos científicos. Villas y Tribus de Marruecos: Los Doukkala. T. II; G. Roux. Kitab-el-Istigsa.

INTERPRETACIÓN **ANÁLISIS DE DATOS**

HST 17551101: SW. CABO SAN VICENTE. (Océano Atlántico) 1755 AD

Autores: Pablo G. Silva, Pedro Gómez-Vicente, Javier Élez. Departamento de Geología, Universidad de Salamanca
Begoña Bautista Davila. Servicio de Bibliotecas, Universidad de Salamanca.

EEE. Efectos Geológicos y Ambientales del Terremoto del SW. Cabo San Vicente, 1755 AD: Datos extraídos de J. M. Martínez Solares (2001), Monografías IGN, nº19. IGN, Madrid.

En este apartado transcribimos el análisis sobre la distribución y características de los efectos sobre la naturaleza realizado por Martínez Solares (2001) en función de los diferentes grados de intensidad definidos en la Escala EMS98. En esta segunda edición del catálogo, se han catalogado, documentado y caracterizado los efectos sobre el terreno más importantes (agrietamientos, licuefacciones, deslizamientos, etc.) listados en la obra de Martínez Solares (2001), así como los efectos hidrológicos e hidrogeológicos más significativos. En total se han catalogado un total de 673 EEEs distribuidos en 453 localidades, incluyendo todos los considerados en la escala ESI-07, Otros Efectos y los Efectos Luminosos analizados por Martínez Solares (2001), posteriormente resumidos en Martínez Solares y López Arroyo (2004). Ambas obras efectúan un análisis exhaustivo de los diferentes efectos ambientales del Terremoto de Lisboa en el territorio español de la Península Ibérica. En este apartado se resumen, y a menudo se transcriben literalmente, los datos más relevantes descritos por estos autores. Dado que se trata de una trascripción remitimos a los lectores a la consulta de los mapas y de las referencias bibliográficas que aparecen en esta sección.

En el caso de España se recogieron bastantes datos a partir de los informes del Archivo Histórico Nacional (AHN) sobre los fenómenos asociados que se produjeron en la naturaleza. Siguiendo las recomendaciones de la escala EMS-98, con la que se trabaja en la obra de Martínez Solares (2001), este autor divide estos efectos en cuatro categorías: (1) hidrológicos, (2) rotura de laderas, (3) procesos horizontales en el terreno y (4) procesos convergentes. Los más numerosos son los hidrológicos que a su vez se pueden subdividir en otros tres en función del tipo de efecto registrado: a) cambios en el nivel de agua de los pozos, b) aumento y/o disminución del caudal de los manantiales o su interrupción temporal y c) alteración de la superficie del agua en calma. Dentro de la rotura de laderas el efecto que hemos observado ha sido el pequeño derrumbe de montañas. En la categoría de los procesos horizontales se produjeron pequeñas grietas en el terreno. Por último, como procesos convergentes fueron detectados fenómenos de licuefacción y deslizamiento de laderas. Posteriormente analizaremos estos efectos a la luz de la escala ESI-07.

1. Los efectos hidrológicos

En su obra Martínez Solares (2001) señala que el terremoto había producido en muchos lugares de Europa una alteración de las aguas en lagos, lagunas, canales, ríos, fuentes, pozos, etc. Estos fenómenos están originados por las vibraciones producidas durante la propagación de las ondas sísmicas, ya sea por ondas de volumen o por ondas superficiales, y sus efectos se dejan sentir a los pocos minutos después del terremoto, dependiendo del tipo de ondas y de la distancia al epicentro. Este retardo en la percepción de la perturbación dio lugar, en algunos de los trabajos que se publicaron a principios de siglo, a una confusión con los efectos que en las costas o puertos de mar origina el maremoto, que se observa algún tiempo después, desde minutos hasta horas.

Este gran terremoto puso de manifiesto que el fenómeno conocido como seiche, alteración o movimiento de largo periodo de la superficie del agua en lagos o volúmenes de agua con una batimetría determinada, podía ser también de origen sísmico, además de la causa meteorológica que ya se sabía previamente. Aunque más adelante analizaremos este suceso en España, el seiche sísmico se produce con terremotos de gran magnitud, y puede llegar a registrarse a varios miles de kilómetros de distancia, como sucedió en esta ocasión al percibirse en el río Aurasoki en Finlandia. También se reconoció en otros lugares de Europa más cercanos como Portsmouth (Inglaterra), La Haya, Ámsterdam, Utrecht (Holanda), lagos de los Alpes, etc. (Martínez Solares, 2001: págs.732 y 734). Este efecto fue también confundido por algunos autores al interpretarlo como si el terremoto hubiese sido sentido, por ello Reid, y posteriormente Richter (1958), rechazaron documentos que afirmaban esta circunstancia, señalando además la dificultad de separar ambos sucesos (Martínez Solares, 2001: pág. 734). En cualquier caso, existen multitud de documentos, cartas e informes remitidos a la Royal Society of London y publicados posteriormente por Hutton *et al*. (1809) en los volúmenes recopilatorios de las "*Philosophical transactions of the Royal Society of London 1750-1755. (Vol. X. 646 – 656).*

Martínez Solares (2001) representa en su mapa número 15, los lugares donde se advirtieron los **cambios en el nivel del agua de los pozos**. Este fenómeno se detectó entre una distancia mínima de 260 km. y una máxima de 925 km. del epicentro. En el 81% de los casos consistió en una elevación del nivel y sólo en el 4% hubo disminución, en el resto se produjeron ambos movimientos y en muy pocos casos se apreció también turbiedad en las aguas del pozo. En el histograma de estas observaciones (figura. 1) aparece un máximo en I = VI, registrándose también el fenómeno para intensidades menores.

El efecto hidrológico que más fue observado es el que afectó al **caudal de las fuentes o manantiales**. De acuerdo con los registros, hemos vuelto a subdividir en tres estos efectos: alteración

(aumento y/o disminución) en el flujo de las fuentes, interrupción temporal del caudal y solamente salida de agua turbia. Aunque la escala EMS sólo los divide en dos, ya que incluye en la misma clase la variación del caudal y la turbiedad, nosotros las hemos separado puesto que queremos resaltar la circunstancia de que el agua turbia se haya reconocido más para las bajas intensidades, e incluso en sitios donde no se sintió el terremoto, como se aprecia en el histograma de la figura 10. Asimismo, y a pesar de que la escala no lo indica, se ha detectado también que cuando los manantiales paran y vuelven a manar, se produce además, la mayoría de las veces, turbiedad de sus aguas. El mapa número 16 de Martínez Solares (2001: pág. 748) refleja, siguiendo el criterio de la EMS, por un lado la variación del caudal junto con la turbiedad y por otro la interrupción, poniéndose de manifiesto como estas alteraciones se registraron ampliamente en toda la España peninsular, si exceptuamos la franja que forma la cuenca del Ebro con los Pirineos occidentales. La máxima distancia en que se detecta es de 1.270 km para la variación del caudal y de 880 km para el efecto de interrupción.

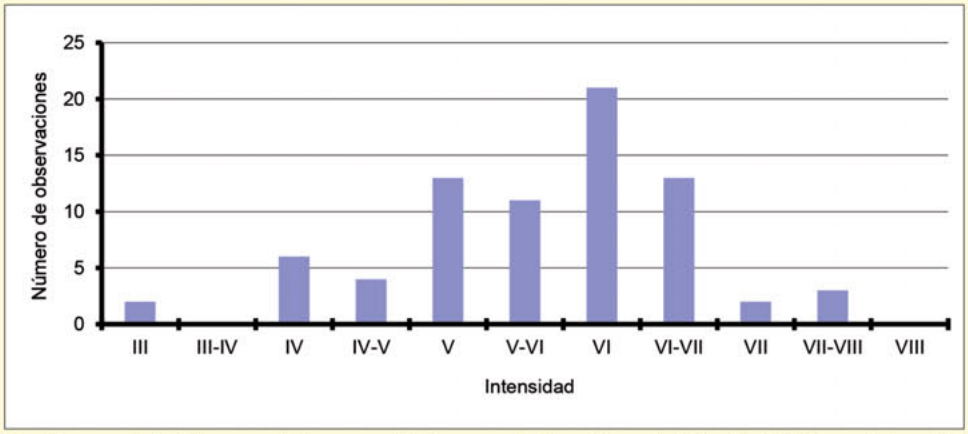


Fig. 1: Cambios en el nivel de agua de los pozos. Histograma de los valores de intensidad EMS asociados. (Modificada de Martínez Solares, 2001, Fig.9, pág.45).

El último efecto hidrológico considerado en la escala EMS-98 es **la alteración de la superficie del agua en calma** (ondas estacionarias de largo periodo) que se observa en volúmenes de agua cerrados, o casi cerrados, como lagos, lagunas, estanques, balsas, bahías, etc., tratándose del mismo fenómeno que comentamos anteriormente denominado **seiche**. El mapa número 17 de Martínez Solares (2001: pág. 749) ilustra los lugares donde se percibió y la figura 20.3 refleja el histograma de los valores de intensidad. Como se puede apreciar, este suceso se produce en lugares donde no fue sentido el terremoto, a 1.200 km del epicentro, circunstancia que se repetía también en el resto de Europa.

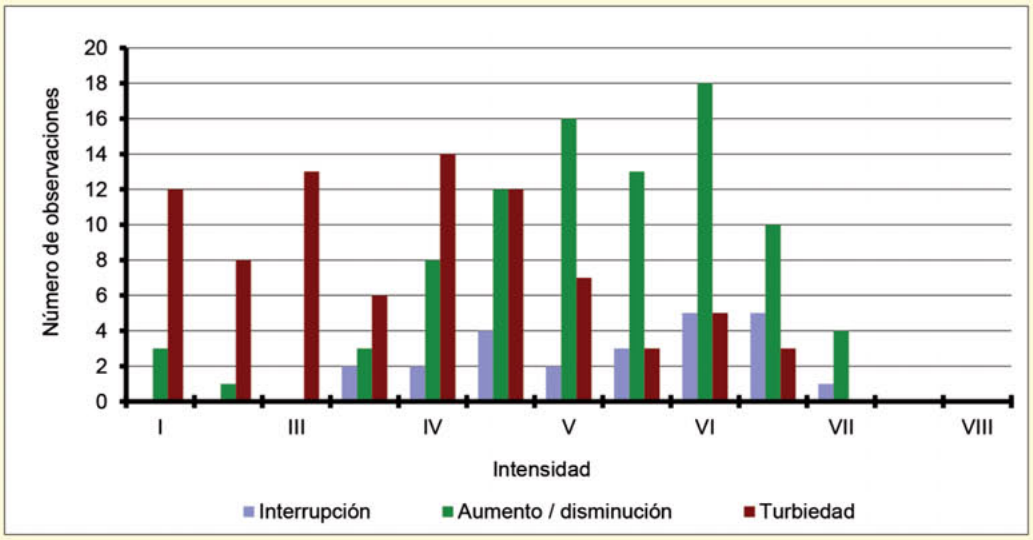


Fig. 2: Cambios en el caudal de los manantiales. Histograma de los valores de intensidad EMS asociados. (Modificada de Martínez Solares, 2001, Fig. 10, pág.46).

Podemos tener en cuenta otro efecto hidrológico que no venía considerado en la división inicial de la EMS y es el que se refiere a las **alteraciones de las aguas en los ríos**. Permítasenos previamente entresacar una parte del relato que se redactó en Montoro (Córdoba) pues resulta muy expresivo del efecto que nos ocupa y que dice así: "*...Depone bastante número de testigos contestes, que se levantó*

el río en esta parte, formando murallas y montes de cristal (como allá en el Jordán y el mar Bermejo en tiempos de Moisés y Josué) los que se elevaron cima hasta ocho varas, mirándose los peces elevados con su elemento, que subió asimismo por sus márgenes sobre grandes peñascos y pizarras, que tiene por esta parte en sus orillas".

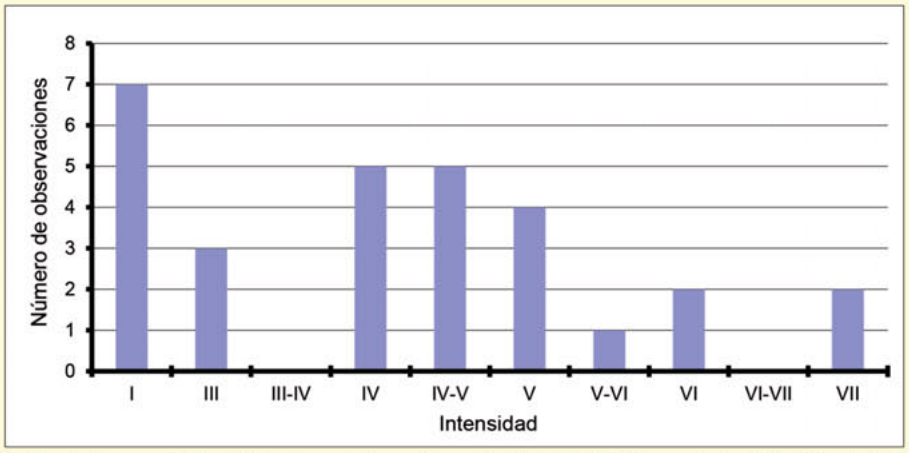


Fig. 3: Ondas de largo periodo. Histograma de los valores de intensidad EMS asociados. (Modificada de Martínez Solares, 2001, Fig. 11, pág.46).

Aunque en algunos lugares no ha sido fácil distinguirlos, hemos clasificado inicialmente las observaciones en tres tipos: **aumento y/o disminución del caudal del río, movimientos anormales de la superficie del agua en remansos y turbiedad de las aguas fluviales**. Somos conscientes que esta división puede resultar artificiosa, pues aunque se podrían considerar cada uno relacionado con un efecto hidrológico distinto, también sería posible que correspondieran a una misma causa. Sería muy lógico, por ejemplo, que la turbiedad del agua de los ríos estuviera unida a cualquiera de los otros dos efectos, al movimiento de las aguas o a la variación del caudal. Asimismo, una rápida variación del flujo podría inducir una alteración de la superficie del agua. Las localidades afectadas por estos fenómenos cubren prácticamente toda España y quedan reflejadas en el mapa número 18 de Martínez Solares (2001: pág. 749). Estos efectos en los ríos no están contemplados así explícitamente en la escala EMS-98, según este autor, ya que éstos podrían ser una consecuencia de los demás, pues el movimiento anormal en los remansos del cauce lo podemos asociar con el efecto producido por las ondas de largo periodo del agua en calma, y la variación del caudal del río la hacemos corresponder con los cambios de flujo en sus manantiales de origen. La figura.4 refleja la distribución de estas observaciones en la que resaltamos que la alteración del cauce es el efecto más registrado y se reconoce sobre todo en los grandes ríos españoles.

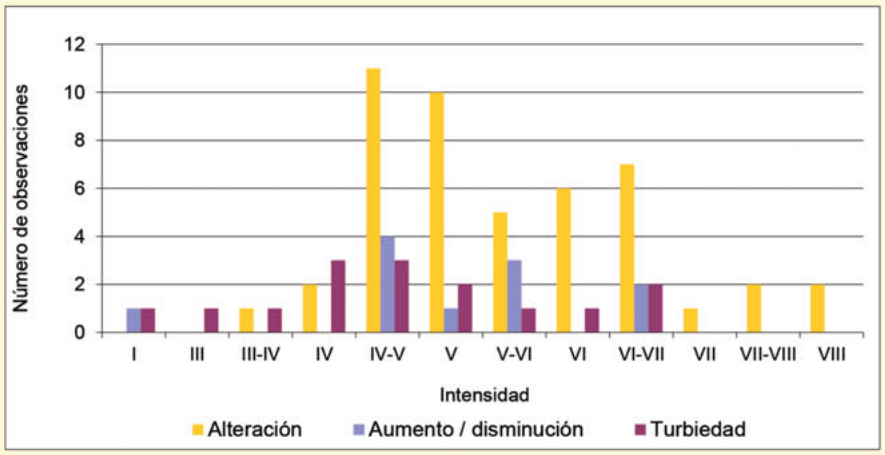


Fig. 4: Alteraciones del agua en los ríos. Histograma de los valores de intensidad asociados. (Modificada de Martínez Solares, 2001, Fig. 12, pág.47).

Por el contrario estos efectos están claramente contemplados y definidos en la Escala ESI-07 donde comienzan a parecer a partir de intensidad IV y V, aunque definitorios en la mayor parte de los casos a partir de intensidad ≥ VII. En especial se hace referencia a la alteración de los cursos fluviales (oleaje anómalo, los cuales fueron importantes en toda la cuenca del Guadalquivir.

2. Los efectos sobre el terreno

Como se apuntó anteriormente dentro de la categoría ***rotura de laderas*** considerada por la escala EMS-98, ***solamente*** se advirtió el pequeño derrumbe de montañas en doce localidades, con intensidades comprendidas entre V y VII. En la categoría de **procesos horizontales en el terreno (agrietamientos)**, se han manifestado nueve puntos con pequeñas grietas e intensidades entre VI y VIII. Por último, dentro de la categoría de **procesos convergentes** se han detectado los dos efectos que se señalan: **deslizamientos de laderas y licuefacción**. La licuefacción es la pérdida de resistencia de algunos suelos arenosos debido a la liberación del agua contenida en los poros y en el que el suelo toma las características de un líquido denso en vez de un sólido. Este fenómeno se manifiesta generalmente por la formación de cráteres de arena o montones de tierra, tal y como se observó en este terremoto al sur de la provincia de Huelva y en algún punto de la de Sevilla, en lugares con intensidades comprendidas entre VII y VIII. La licuefacción resulta muy peligrosa si sucede en zonas urbanas al afectar directamente al asentamiento de los edificios, que pueden llegar a inclinarse, o tumbarse completamente, sin llegar a perder su estructura tal y como hemos conocido en recientes terremotos. No obstante, esto no sucedió en este caso, entre otras cosas porque las estructuras de la época no lo permitirían, limitándose los daños a la aparición en el campo de pequeños cráteres de arena. Para el caso del deslizamiento de laderas, sólo tenemos constancia de haberse producido en el pueblo de Güevéjar (Granada), situado en la falda de una montaña, donde después del terremoto y durante las horas siguientes se produjo un lento pero continuo deslizamiento del terreno que obligó a desalojar el pueblo. Curiosamente, un fenómeno análogo se reprodujo posteriormente en este mismo pueblo con el sismo de Andalucía de 1884 (Martínez Solares, 2001: pág. 736). En la tabla 20.1 se recogen las localizaciones donde se registró cada uno de los efectos sobre el terreno, así como sus distancias al epicentro y su distribución geográfica en queda ilustrada en el mapa número 19 de Martínez Solares (2001: pág. 750).

Tipo	Localización	Provincia	Distancia al epicentro (km)
Pequeñas grietas en el terreno. (9 localidades)	Arcos de la Frontera	Cádiz	377
	Bollullos Par del Condado	Huelva	323
	Cañete de las Torres	Córdoba	528
	Cartagena	Murcia	812
	Gibraleón	Huelva	288
	Lepe	Huelva	264
	Luque	Córdoba	523
	San Silvestre de Guzmán	Huelva	257
	Villablanca	Huelva	254
Pequeño derrumbe de montañas. **Caídas de rocas y desprendimientos** (12 localidades)	Agramón	Albacete	769
	Cazorla	Jaén	642
	Gelves	Sevilla	367
	Grazalema	Cádiz	416
	Jerez de la Frontera	Cádiz	348
	Jimena	Jaén	599
	Montoro	Córdoba	527
	Moral de Calatrava	Ciudad Real	623
	Ocaña	Toledo	687
	Quesada	Jaén	634
	Segura de la Sierra	Jaén	681
	Viso del Marqués	Ciudad Real	613
Licuefacción (11 localidades)	Almonte	Huelva	323
	Ayamonte	Huelva	246
	Bollillos Par del Condado	Huelva	323
	Bonares	Huelva	310
	Coria del Río	Sevilla	364
	Gibraleón	Huelva	288
	Huelva	Huelva	286
	Niebla	Huelva	312
	Rábida, La	Huelva	286
	Redondela, La	Huelva	258
	Sevilla	Sevilla	371
Deslizamientos (1 localidad)	Güevéjar	Granada	578

Tabla 1: Efectos sobre el terreno significativos afectaron a un total de 33 localidades (Modificada de Martínez Solares, 2001, Tabla 14, pág.49).

Durante este terremoto se produjeron casi todos los efectos sismogeológicos que incluye la escala EMS-98, exceptuando las grandes fisuras del terreno o el masivo derrumbe de montañas, cuyos procesos se producen para intensidades mayores que las registradas por este sismo en el interior de la Península (grado VIII o superior). En relación con esta escala sería interesante comparar con ella nuestras observaciones y determinar si se cumplen los rangos de intensidad sísmica establecidos para

cada uno de los efectos señalados. Un criterio de comparación puede ser representar el porcentaje de las observaciones respecto al número total de puntos asignado a cada intensidad. En la Tabla 2 se reflejan las frecuencias de la muestra, en la que se diferencian por un lado los efectos hidrológicos, incluyendo la alteración de los ríos (no referida en la EMS) y la diferenciación de la turbiedad en los manantiales, y por otro lado los efectos sobre el terreno. Dentro de los hidrológicos, cada uno de ellos se ha cuantificado en rangos de porcentaje, mientras que para los que afectan al terreno, al ser mucho menos numerosos, hemos representado la moda y los otros valores posibles.

De la comparación de la tabla con la correspondiente a la EMS-98, podemos señalar que en el primer efecto hidrológico, la interrupción temporal de las fuentes, el rango está desplazado en este terremoto hacia valores más bajos. Respecto a la variación del caudal, existe una buena coincidencia en los grados más probables, si bien se detecta también este efecto para intensidades más bajas. Como indicamos previamente, la turbiedad de las fuentes la hemos diferenciado del efecto anterior con objeto de poner de relieve que su ocurrencia es más probable para las bajas intensidades. Asimismo, hay una buena correlación entre los rangos más típicos en el caso de los cambios del nivel de los pozos, aunque es observado también para intensidades de IV y V, no contempladas por la EMS. La alteración de las aguas de los ríos no la podemos comparar con la escala, sólo podemos afirmar que se produce para las intensidades de VI a VIII, las más altas registradas en teste terremoto. En relación con las ondas de largo periodo, el intervalo observado es semejante al que refleja la escala EMS. Por último, en los tres efectos sobre el terreno se registra, asimismo, una gran coincidencia en los grados de intensidad más usuales.

Tipo de efectos	Intensidad													
	1	2	2-3	3	3-4	4	4-5	5	5-6	6	6-7	7	7-8	8
Efectos hidrológicos														
Fuentes. Interrupción temporal					–	–	–	–	–	○	○	○		
Fuentes. Variación del caudal	○		–		–	–	–	○	●	●	●	●		
Fuentes. Turbiedad	●		●	●	○	○	–	–	–	○	–			
Variación del nivel de los pozos				–		–	–	○	○	●	●	●	●	
Alteración de los ríos							–	○	–	○	○	○	●	●
Ondas de largo periodo	●			–		–	–	–		–		●		
Efectos sobre el terreno														
Pequeñas grietas en el terreno											✳	△		△
Pequeño derrumbe de montañas									△	✳	✳			
Licuefacción												✳	△	△
Deslizamiento								❖						

– Inferior al 5% ○ Entre el 5% y 10% ● Superior al 10%
✳ Moda △ Otro valor posible ❖ Único valor

Tabla 2: Relación entre los efectos sismogeológicos y los grados de intensidad (Modificada de Martínez Solares, 2001, Tabla 15, pág.50)

3. El Tsunami (maremoto)

El maremoto fue sin duda uno de los acontecimientos relacionados con la catástrofe sísmica que mayor impacto causó en la población y que, como hemos visto, ocasionó numerosas víctimas. Esta impresionante alteración de las aguas del mar se produjo como consecuencia de haber tenido un foco oceánico. Hemos de indicar al respecto que la palabra maremoto no define un sismo de epicentro marino como podría indicar su etimología, sino que es usada para nominar a la ola que se propaga a través de la superficie libre del mar, generado como consecuencia de un terremoto ocurrido en el mar. Podemos ampliar esta definición a aquellas ondas de mar generadas por erupciones volcánicas o por deslizamientos de tierra submarinos e incluso causados por impactos de meteoritos. Estas olas, cuya velocidad depende de la profundidad del fondo marino, al llegar a las costas aumentan de altura, haciendo evidente que la batimetría y la topografía del borde marino juegan un papel importante en los efectos catastróficos que se puedan producir. Para que suceda este fenómeno se deben de dar, al menos, otras dos circunstancias como son una magnitud sísmica elevada y un movimiento del plano de falla de componentes predominantemente verticales, toda vez que la perturbación inicial de la superficie libre del océano que origina el maremoto es igual al desplazamiento de la superficie del fondo del océano. Estas características son muy poco frecuentes en Europa por lo que este suceso tiene una tasa de ocurrencia muy baja en nuestras costas, no sucediendo lo mismo en el Pacífico donde se producen con mucha mayor frecuencia, y en particular en Japón de donde proviene la palabra tsunami para definir este fenómeno.

En algunos trabajos se ha considerado que ciertos efectos en la naturaleza como los movimientos del agua en superficies cerradas (lagos, canales, estanques, ríos, etc.), vistos en el apartado anterior, entran dentro del término maremoto, o tsunami, sin embargo ambas alteraciones no tienen la misma génesis y por lo tanto deben de tener un tratamiento distinto.

El fuerte movimiento del mar parece que fue perceptible a lo largo del océano Atlántico, desde el este al oeste, como las Islas Azores, Madeira o Canarias. En el Cabo de San Vicente, punto terrestre más próximo al epicentro, la altura de la ola pudo alcanzar los 15 metros según algunos documentos, si bien nos parece algo exagerado. También existen referencias de que se percibió en Brasil (Martínez Solares 2001; pág. 733) y que unas ocho horas posteriores al terremoto se registra una agitación de las aguas del mar en las Antillas, en particular en Isla Antigua, Barbada y Martinica (Martínez Solares, 2001; pág. 732 y 734). En Europa se detecta este efecto marino en Cornualles (Inglaterra).

Martínez Solares (2001) no efectúa ningún análisis del tsunami y nos remite a los trabajos de Campos (1991) o Baptista *et al*. (1998). Así, a partir de lo publicado hasta el año 2000 y con la nueva información aportada por los documentos revisados en el AHN, presenta en su tabla 16 un resumen que recoge los aspectos más interesantes de todos los lugares, o términos municipales, que en España percibieron el movimiento del mar (Tabla 3) y que aparecen representados en el mapa 20 de Martínez Solares (2001; pág.750). Indica que en la ciudad de Santander parece algo dudoso que el fenómeno percibido fuese el maremoto. Respecto a Ayamonte existe una referencia en la que se cita que la venida del mar fue poco más de media hora después del terremoto y que la subida de las aguas llegó a la mitad de la Torre de Canela (de 17,9 m de altura) por cuanto deducimos que la ola debió de alcanzar casi los 13 metros si admitimos que la cota de la torre sobre el nivel del mar (4 m) no se ha modificado en estos casi 250 años.

A pesar de no haber quedado referencias que lo indicasen, es muy posible que la perturbación fuera percibida también en otros muchos lugares de las costas atlánticas españolas e incluso en la zona del Cantábrico. Asimismo, se tiene constancia de que fue observado por algunos barcos navegando en alta mar. A este respecto el documento 228 bis (Apéndice II) Martínez Solares, J. M. (2001) pág. 232 firmado por Louis Godin resulta muy interesante, por lo que transcribimos aquí una parte del texto:

> *"En el momento del terremoto se encontraba en el paralelo de Cádiz, a 150 leguas al Oeste. El tiempo era favorable y el mar estaba en calma, más de repente sintió un movimiento extraordinario en el mar, sin más aviso que unas olas altísimas hacia el Oeste, que vinieron en un momento desde todos los lados a deshacerse sobre su barco. El movimiento que imprimieron produjo sacudidas por todas las partes del navío, las unas contra las otras y no con un movimiento total y uniforme de todo el navío a la vez hacia un mismo lado; todo ello duró, con algunas intermisiones, sobre medio cuarto de hora. No eran aún las nueve y media en el reloj del barco. Sabemos que en la observación del mediodía en el mar los relojes acostumbran a atrasarse y tanto más cuanto el Sol está más cerca del horizonte o más bajo al mediodía; por este motivo los relojes adelantan, y así, los timoneles giran los relojes de arena más de lo que debieran, a fin de acortar su turno de guardia. Evaluando con prudencia estas consideraciones resulta que serían las nueve horas y quince minutos en el navío cuando éste sintió el movimiento del mar. Entonces eran, pues, en Cádiz, las 9 horas y 50 minutos, puesto que la diferencia de longitud entre navío y ciudad era de 35 minutos. Así pues, en el mismo instante que en Cádiz también temblaba la tierra, las aguas estaban ya en movimiento a 150 leguas al Oeste y llegaron a Cádiz una hora y diez minutos más tarde; tuvieron, pues, un desplazamiento del Oeste al Este a una velocidad de unas 100 toesas [antigua medida francesa de longitud equivalente a 1,949 m] por segundo, algo más que la mitad de la velocidad del sonido; lo hago notar porque, presumiblemente, la transmisión del uno y del otro tienen la misma naturaleza. Así, es esta observación la que mejor prueba que el terremoto vino del Oeste. Cualquiera que sea el error que se haya podido cometer en la evaluación de la hora en el barco, el movimiento del mar tuvo lugar allí antes que en Cádiz. Quizás se sepa pronto si este fenómeno procedía de las Islas Terceras o de algún otro punto del Océano Atlántico, o hasta de la misma América".*

De la lectura parece deducirse que el navío se encontraba muy próximo al epicentro del terremoto y, además, donde se debió de originar la gran ola sísmica, pero si consideramos la distancia a que estaba respecto de Cádiz obtendríamos una posición geográfica aproximada de 36º 30' y 15º W, muy lejos de los 10º W a los que hemos localizado el foco sísmico.

El tiempo de recorrido de la ola hasta llegar a las costas es un factor determinante para la valoración del riesgo del maremoto y, como podemos advertir en la tabla, existe una gran variedad, desde los 30 minutos que tardó en llegar a Lepe (Huelva), situado a 264 km del epicentro, hasta las dos horas y cuarto a Corcubión (A Coruña), a 722 km. Ya comentamos que la velocidad de la onda marina depende de la profundidad del fondo oceánico, h, mediante la expresión

$$c^2 = g \cdot h$$

siendo g la aceleración de la gravedad. Como h no es constante, la velocidad irá disminuyendo al aproximarse al litoral. Si consideramos que en el área epicentral la profundidad del océano alcanza alrededor de los 4.200 m, la velocidad de la ola en esa zona sería de unos 735 km/h y bajaría hasta los 80 km/h a una distancia de 20 km de las costas del golfo de Cádiz. Si tomamos valores medios para las dos ciudades más representativas del litoral, tenemos unas velocidades medias de 300 km/h para Cádiz y de 382 km/h para Huelva. Para el caso de Cádiz se tienen, además, referenciadas las llegadas a la ciudad de las primeras cinco alteraciones del mar: 11h 10m; 11h 30m; 12h 00m; 12h 35m y 13h 15m, aunque el flujo y reflujo debió de durar hasta la noche. Estas horas darían periodos entre las crestas de

las sucesivas llegadas de 20, 30, 35 y 40 minutos y unas longitudes de onda mínimas comprendidas entre 25 y 50 km.

En la Tabla 3 se resumen las incidencias y efectos referentes al tsunami en las costas españolas según lo descrito en la documentación del Archivo Histórico Nacional, resumido por Martínez Solares (2001).

Localidad	Provincia	Observaciones
Algeciras	*Cádiz*	*Llegó 45 minutos después. El reflujo duró hasta la noche.*
Ayamonte	*Huelva*	*Llegó 1 h. después. Repitió 5 veces. Invadió las playas y ocasionó muchos daños en la pesquería.*
Baiona	*Pontevedra*	*Desplazó un barco varado en la ría.*
Betanzos	*Coruña, A*	*Durante el resto del día la ría con flujo y reflujo.*
Bilbao	*Vizcaya*	*Alboroto del mar.*
Bonanza	*Cádiz*	*Un navío cargado de trigo lo empujó sobre un banco de arena.*
Cádiz	*Cádiz*	*Llegó 78 min. después. Inundó algunos barrios de la ciudad. Duró hasta la media noche.*
Carraca, La	*Cádiz*	*Llegó 1 h. y 15 min. después. El movimiento duró toda la tarde.*
Ceuta		*El movimiento del mar duró hasta el día siguiente.*
Chiclana de la Frontera	*Cádiz*	*Ver en su término municipal Sancti-Petri.*
Chipiona	*Cádiz*	*Inundó la playa y las calles.*
Conil	*Cádiz*	*Entró legua y media en el interior. Ahogó 599 cabezas de ganado.*
Convento de Ntra. Sra. de Regla	*Cádiz*	*Llegó 1 h. 15 min. después. Las olas cayeron sobre las paredes del convento. Repitió 2 h. 15 min. más tarde.*
Corcubión	*Coruña, A*	*Llegó 2 h. y 15 min. después. Movimientos hasta la noche.*
Coruña, A	*Coruña, A*	*El mar creció y menguó cuatro veces en menos de una hora.*
Estepona	*Málaga*	*Ligera alteración del mar.*
Ferrol	*Coruña, A*	*Movimiento de los navíos en el puerto.*
Fuerteventura	*Palmas, Las*	*Sin identificar el lugar exacto donde se percibió.*
Huelva	*Huelva*	*Llegó 55 min. después. Se inundaron algunas calles. Hasta las 24 horas se mantuvo el movimiento.*
Lanzarote	*Palmas, Las*	*Unas salinas se arruinaron.*
Lepe	*Huelva*	*Llegó 30 min. después. Varadas varias embarcaciones. Hubo tres avenidas.*
Marbella	*Málaga*	*1 h. después. Subió el mar 20 pasos y bajó otros 20.*
Moguer	*Huelva*	*Gran avenida de agua salada en su ría.*
Palmas de Gran Canaria, Las	*Palmas, Las*	*En el Puerto de la Luz inundó una Ermita. Repitió tres veces.*
Pontevedra	*Pontevedra*	*El mar subió de repente hasta la pleamar por tres veces.*
Puerto Real	*Cádiz*	*Se introdujo con suavidad por las calles.*
Puerto de Santa María	*Cádiz*	*Llegó 65 min. después. Inundó casas y produjo daños en el muelle.*
Redondela, La	*Huelva*	*Entró media legua inundando las barracas y artes de pesca.*
Rota	*Cádiz*	*Rompió el muelle y entró en algunas calles.*
San Fernando	*Cádiz*	*Graves daños en casas de la playa.*
Sancti-Petri	*Cádiz*	*Llegó 45 min. después. Inundó el río y desplazó las barcas.*
Sanlúcar de Barrameda	*Cádiz*	*Llegó 1 h. después. Inundó las calles. Destruyó cinco corrales de pesquería.*
Santa Cruz de Tenerife	*Sta. Cruz Tenerife*	*Se elevaron las aguas pero no todos lo percibieron.*
Santander	*Cantabria*	*El agua de la ría se retiró y subió de pronto tres veces.*
Tarifa	*Cádiz*	*Hizo naufragar tres barcas.*
Vejer de la Frontera	*Cádiz*	*Las aguas del mar subieron por la marisma legua y media.*
Viveiro	*Lugo*	*El mar subió y retrocedió por tres veces.*

Tabla 3: Efectos del maremoto en España (Tomada de Martínez Solares, 2001, Tabla 16, págs. 52 y 53).

Desde la publicación de la obra de Martínez Solares (2001) se han publicado infinidad de datos sobre el análisis y registro geológico del tsunami de Lisboa en las costas españolas, portuguesas y, en menor medida, norte africanas (ver bibliografía). En cualquier caso, en el presente catálogo solo se han documentado, clasificado y cuantificado los efectos del tsunami en aquellas localidades sobre las que existen descripciones históricas procedentes del AHN (Tabla 3.). En posteriores ediciones del catálogo irán incluyéndose fichas sobre los efectos geológicos y geomorfológicos del tsunami sobre las costas afectadas, y su catalogación según la escala ESI-07 y la recientemente publicada Escala de Efectos Ambientales de los tsunamis TEE-16 (Lario *et al.*, 2016).

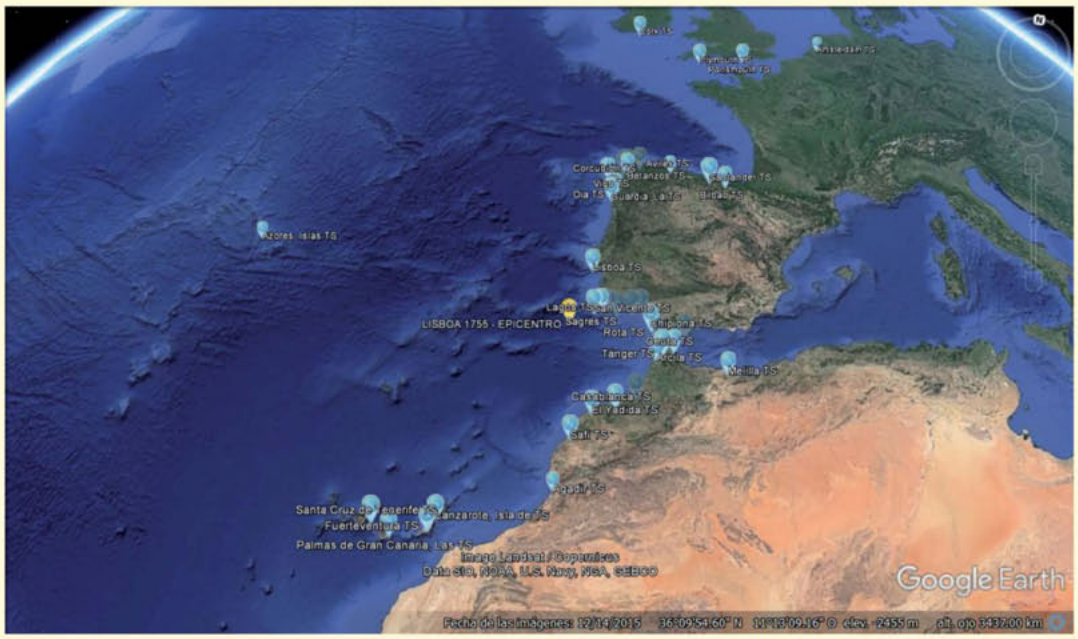


Fig. 5: Imagen del archivo digital (kmz) generado para la confección del presente catálogo mostrando la situación de las localidades más significativas afectadas por el tsunami de 1755 en la Península, Europa, Norte de África e islas atlánticas de Azores y Canarias (Gómez-Vicente, 2016).

4. Otros efectos secundarios

En muchos de los informes que se envían a la Corte en contestación a los requerimientos del Rey se recogen anotaciones sobre otros efectos que, o bien produjo el terremoto directamente, o bien ocurrieron de forma más o menos simultánea y que fueron relacionados con el suceso sísmico. Al analizar estos hechos vemos que muchos de ellos no guardan relación alguna con el terremoto y se deben a las creencias y supersticiones que existían en el siglo XVIII, aunque otros fenómenos sí están íntimamente asociados. Aun así se consideran de interés y se relacionan a continuación.

Uno de los episodios más profusamente referenciados es la percepción de un ***ruido subterráneo*** que se producía casi simultáneamente al movimiento del suelo. Este sonido, dentro de las frecuencias audibles por las personas, acompañaba al terremoto y era asociado al viento siguiendo las teorías de la época, siendo en algunos casos el causante del pánico más que la propia alteración del suelo. Sin embargo, se trata de un fenómeno muy conocido en la literatura sismológica y, a menudo, las referencias de grandes terremotos citan este efecto. En el año 1938 Davison propuso una escala de siete valores para definir los niveles de percepción de estas señales acústicas de una forma cualitativa, pero no es hasta la aparición de los modernos magnetófonos cuando se graba este sonido, y en 1974 Steinbrugge realiza un catálogo de estos registros. Se ha demostrado que no solamente se produce este fenómeno con terremotos grandes, pues se han obtenido registros simultáneos de ondas sonoras y ondas sísmicas de volumen para terremotos en California con magnitudes entre 2,0 y 2,8 (Hill *et al.*, 1976).

Inicialmente hemos de distinguir dos tipos de ruido; uno es el producido por el movimiento o ajetreo de los objetos o de las estructuras de los edificios y otro es el causado al emerger desde el interior de la Tierra a la superficie ondas sísmicas de volumen (P y SV) en las que una parte de su energía se trasmite a la atmósfera en forma de ondas acústicas, llamadas también ondas de aire (Aki y Richards, 1980). Aunque no parece fácil distinguir un tipo de ruido del otro cuando nos encontramos en el interior de un edificio, en cambio en el terremoto de 1755, en muy pocos casos podemos asociar que el origen del sonido sea debido a la vibración de las vigas, suelo, o demás estructuras, y en la inmensa mayoría de los casos lo identificamos al cambio de ondas sísmicas a acústicas. La forma de expresar cómo se percibió es muy variada; algunos lo definen como ruido subterráneo, o trueno, estrépito, estruendo, rumor, etc., y en muchos casos se asimila al paso de carruajes o de carretas por la calle. La intensidad decrece lógicamente con la distancia epicentral, por lo que en algunos lugares se señala como un ruido espantoso, mientras que en los más lejanos lo definen como un simple ruido de escopeta. En muchos escritos se aporta también la dirección, casi correcta, de la propagación de la onda sonora, en el sentido de levante a poniente, o viceversa.

Por otro lado, hemos comprobado que la percepción del sonido es siempre previa a la sacudida, aunque en algunos casos coinciden. La frase que se cita en un documento "*el rumor se fue aumentando hasta romper en un temblor de tierra*" pone perfectamente de manifiesto este hecho e indica que en

este terremoto el ruido estuvo originado seguramente por la transmisión de las ondas P a ondas acústicas, llegando posteriormente la sacudida asociada con las ondas S y superficiales.

En el mapa 21 de Martínez Solares (2001; pág. 751) se representan los 285 lugares en que fue percibido el sonido sísmico, poniéndose de manifiesto cómo los puntos cubren la totalidad de la España peninsular, exceptuando el norte y nordeste. Asimismo, la frontera entre las zonas que registraron el fenómeno y las que no, parece obedecer a una línea perfectamente delimitada si eliminamos unos pocos puntos aislados en Aragón, La Rioja y Vizcaya. Podemos establecer esa línea como la distancia máxima de percepción (835 km) que podría ser en teoría un arco de circunferencia cuyo centro sería el epicentro del terremoto, ya que los coeficientes de transmisión de las ondas P a ondas sonoras son función del ángulo de incidencia de la onda P (también de la SV) al llegar a la superficie (Hill *et al*., 1976) y este ángulo está determinado por la distancia recorrida por la onda. También esos coeficientes son función de los parámetros elásticos del medio de propagación por lo que al variar éstos, variarán las zonas de percepción de las señales acústicas. Asimismo, al no comportarse la estructura de la corteza como un medio perfectamente elástico, el factor de atenuación Q juega también un papel importante.

Otro efecto secundario denominado ondas visibles por Richter (1958), consistente en la percepción visual de la ***ondulación del terreno*** (ondas moviéndose sobre la superficie terrestre), fue registrado en dos pueblos de la provincia de Jaén próximos entre sí. La descripción en Andújar es "*... en la tierra rasa una mocion que venia a formar una especie de olas...*". En Bailén la cita, también muy expresiva, dice "*... que parecían las calles a el modo de olas de un rio grande...*". En otros pueblos se observaron movimientos anormales de árboles, circunstancia que puede estar relacionada también con este fenómeno. Aunque puede tratarse de un efecto psicológico, este tipo de ondas ha sido percibido en otros grandes terremotos. La causa física no está determinada, pues aunque podíamos pensar que fuesen ondas Rayleigh, éstas tienen una velocidad de algunos kilómetros por segundo que no serían apreciables por el ojo humano. Lomnitz (1970) sugiere que puedan ser ondas de gravedad. Según los registros de otros terremotos estas ondas sísmicas visibles de largo periodo suelen suceder en áreas de suelos blandos, lo cual coincide con Andújar que está ubicada sobre terrenos aluviales, o con Bailén, situada en suelo menos blando del Mioceno. En cualquier caso, existen muy pocas observaciones que permitan conocer su origen y hasta ahora no ha sido posible registrarlas ni diferenciarlas debido al insuficiente rango dinámico de los sismómetros de largo periodo.

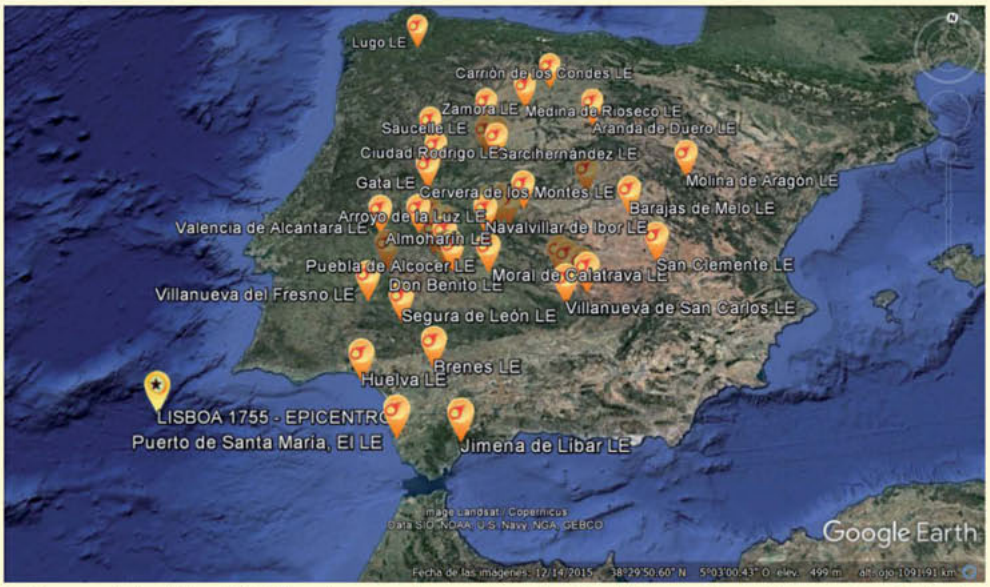


Fig. 6: Imagen del archivo digital (kmz) generado para la confección del presente catálogo mostrando la situación de las localidades en las que se advirtieron los fenómenos luminosos más significativos. Estos se pueden relacionar con el paso de un meteorito (o meteoro) en dirección NE – SO por la mitad occidental de la Península durante la madrugada anterior al terremoto (Tomado de Gómez-Vicente, 2016).

5. Efectos luminosos

Otro suceso asociado al terremoto que también llama la atención es la ocurrencia de ***efectos luminosos en el cielo***. Las ideas de la época alimentaban esta circunstancia, toda vez que los terremotos estarían producidos por el fuego subterráneo. Podríamos pensar que se trata también de un fenómeno no real ocasionado por el fuerte impacto emocional que produce un movimiento sísmico de este tamaño, no obstante, existe documentación reciente que pone de manifiesto que estos efectos se producen realmente. Richter (1958) recoge la opinión de un colega japonés que a partir de 1.500 registros de este tipo, absolutamente fiables, obtenidos durante el terremoto de Izu (Japón) de 1930, no llegaba a una conclusión determinante pero sí excluía como posible causa las tormentas o los

accidentes eléctricos. También en California han sido observadas estas "luces sísmicas" y Derr (1973) recoge algunos casos muy interesantes, incluidas fotografías del fenómeno, así como distintas teorías sobre su origen. En el terremoto de 1755 también se hace referencia a estos efectos luminosos e incluso Pereira de Sousa (pág. 733) presenta una hipótesis sobre su origen basada en el aumento de la ionización atmosférica. Aunque no vamos a entrar en discusiones sobre su posible origen físico, ya que en los documentos que hemos manejado se hacen muy pocas referencias y, en todo caso, muy extravagantes, en cambio sí se señalan efectos de luz ocurridos en la madrugada anterior al terremoto.

Los escritos del AHN indican el suceso como si se tratase de un ***cometa o exhalación de fuego*** que estuvo en el cielo durante algunos minutos. Aunque fue advertido por muy pocas personas, debido a que ocurrió antes del amanecer (aproximadamente las cinco horas), podemos considerarlo como cierto, puesto que si representamos las 33 localidades donde fue percibido (mapa 22 de Martínez Solares, 2001; pág.751) se observa que no fue un suceso puntual ya que afectó a una parte importante del occidente peninsular. Por las características, no parece tratarse de un fenómeno meteorológico y la distancia de los lugares de observación al epicentro hacen poco factible su justificación según las teorías planteadas por Derr (1973), por ello nos inclinamos por considerarlo como el paso de un cometa o el choque de un meteorito contra la atmósfera terrestre unas tres horas antes de que ocurriera el terremoto.

Análisis de los efectos geológicos (EEEs) del Terremoto del SW. Cabo San Vicente, 1755 AD. Datos resumidos de Pedro Gómez-Vicente (2016) mediante aplicación de la escala ESI-07.

En el análisis de los datos aportados por los diferentes informes estudiados, recogidos por Martínez Solares (2001), Amaré Tafalla *et al*. (2005) y Ces Fernández (2015), entre otros, en lo referido al territorio nacional, así como los diferentes trabajos elaborados a la postre y que tienen en cuenta diferentes descripciones de zonas como Marruecos o Portugal, como Moreira de Mendonça (1758), Galbis (1932) o Mendes-Victor *et al*. (2009), se han identificado numerosos efectos ambientales y geológicos (EEEs) producidos por el terremoto (Figura 7). La mayor parte de los EEEs documentados se refieren a anomalías hidrológicas, siendo estás más del 50% de los efectos catalogados y que recubren la práctica totalidad del territorio nacional. En cuanto a las zonas afectadas por distintos EEEs, cabe destacar que estos están dispersos por casi toda la geografía española, *in crescendo*, como es obvio, de norte a sur y de este a oeste, a medida que se reducen las distancias epicentrales. Del mismo modo, también aumenta la intensidad de estos a medida que las distancias se minimizan. Por tanto, la zona peninsular más afectada se corresponde con el suroeste del territorio, coincidiendo, como es de esperar, con las zonas más cercanas al epicentro del terremoto. En esta zona, concretamente en la parte baja de la Depresión del Guadalquivir se suceden notables efectos de licuefacción; también se cuantifica algún efecto aislado en la costa mediterránea. Los agrietamientos y los movimientos de ladera como caída de rocas o deslizamientos también son comunes en la zona andaluza.

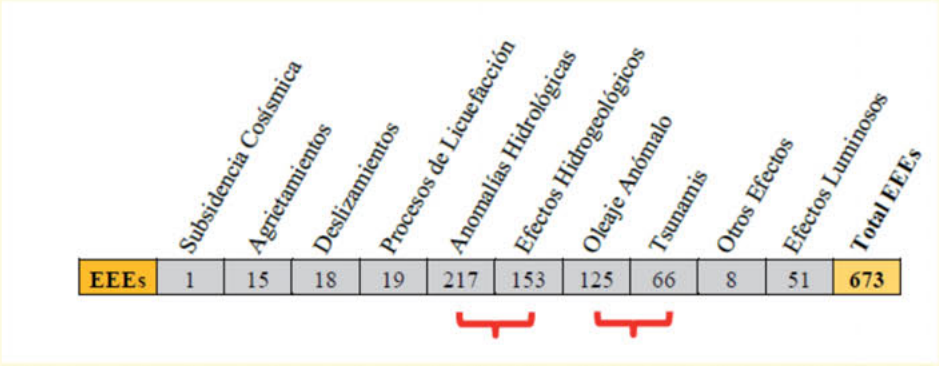


Fig. 7: Efectos catalogados en esta segunda edición del Catálogo de Efectos Geológicos de los Terremotos en España (Gómez-Vicente, 2016).

Con el gran número de datos catalogados que se incluyen en la información macrosísmica, se ha realizado un mapa de intensidades. No obstante, solo se han incluido las fichas de datos correspondientes a los EEEs más significativos contemplados por Martínez Solares (2001), que se listan en la Tabla 1. Así, de 19 licuefacciones documentadas se incluyen 12 fichas; de 18 Movimientos de ladera identificados se incluyen 11 fichas; de 15 agrietamientos del terreno se incluyen 8 fichas; de 66 casos de tsunami documentados solo se incluyen 14 fichas representativas; por último se incluye la única ficha correspondiente al único caso de subsidencia/elevación del terreno documentado. Todos los EEEs se han cuantificado en función de las descripciones históricas disponibles en Martínez Solares (2001) y otras fuentes adicionales consultadas. Para completar el mapa de intensidades, se han incluido datos referentes a otros efectos catalogados (ver información macrosísmica catalogada), de carácter significativo referentes a anomalías hidrológicas, hidrogeológicas y oleaje anómalo en ríos y lagos para diferentes niveles de intensidad ESI-07. Por último, para completar el mapa preliminar se han incluido datos referentes a las intensidades EMS-98 registradas en las capitales de provincia y/o localidades más significativas. De esta forma, siguiendo las líneas guía de la escala ESI-07 se ha confeccionado un mapa

de intensidades híbrido que completa los existentes y pone en relieve la ocurrencia y participación de fenómenos naturales en los niveles de daño registrados.

Esto último hace especialmente referencia a los daños ocasionados por el tsunami que acompañó al terremoto y que, en muchos lugares del litoral español, fue la fuente principal de daños. Esto, representa un dato fundamental a la hora de representar las zonas de intensidades, que al contrario de lo que ocurre en terremotos en zona continental (o submarinos no acompañados de tsunami) las zonas isosistas (igual intensidad) no presentan un patrón proporcional creciente/decreciente desde el foco sísmico. Por el contrario, en estos casos las zonas de intensidad máxima X ESI-07 (Algarve) y IX (Lisboa y litoral de Huelva) quedan definidas por estrechos cinturones paralelos al litoral, cuya anchura queda determinada por el poder de penetración (o run-up) del tsunami en las zonas de marisma y/o estuario (Guadiana, Tinto, Odiel, Guadalquivir, Guadalete, etc.) a veces de casi 10 km. En este sentido, se pretende ilustrar el hecho de que los tsunamis son procesos cosísmicos de ruptura de la superficie oceánica capaces de trasladar, incluso a cientos de kilómetros, la energía sísmica liberada en la zona epicentral sobre las zonas litorales más próximas (Lario *et al.*, 2016). Por tanto, zonas afectadas por intensidad propiamente sísmica VIII o IX (causada por la vibración del terreno) pueden experimentar niveles de destrucción relacionados con uno o dos grados de intensidad superior (IX o X) relacionados con el tsunami. Obviamente estas distribuciones de intensidades no reflejan la distribución real de las mismas desde el punto de vista puramente físico, pero sí en cuanto al grado de destrucción (o daños) ocasionado, que en definitiva es el objetivo de los estudios de peligrosidad y riesgo sísmico.

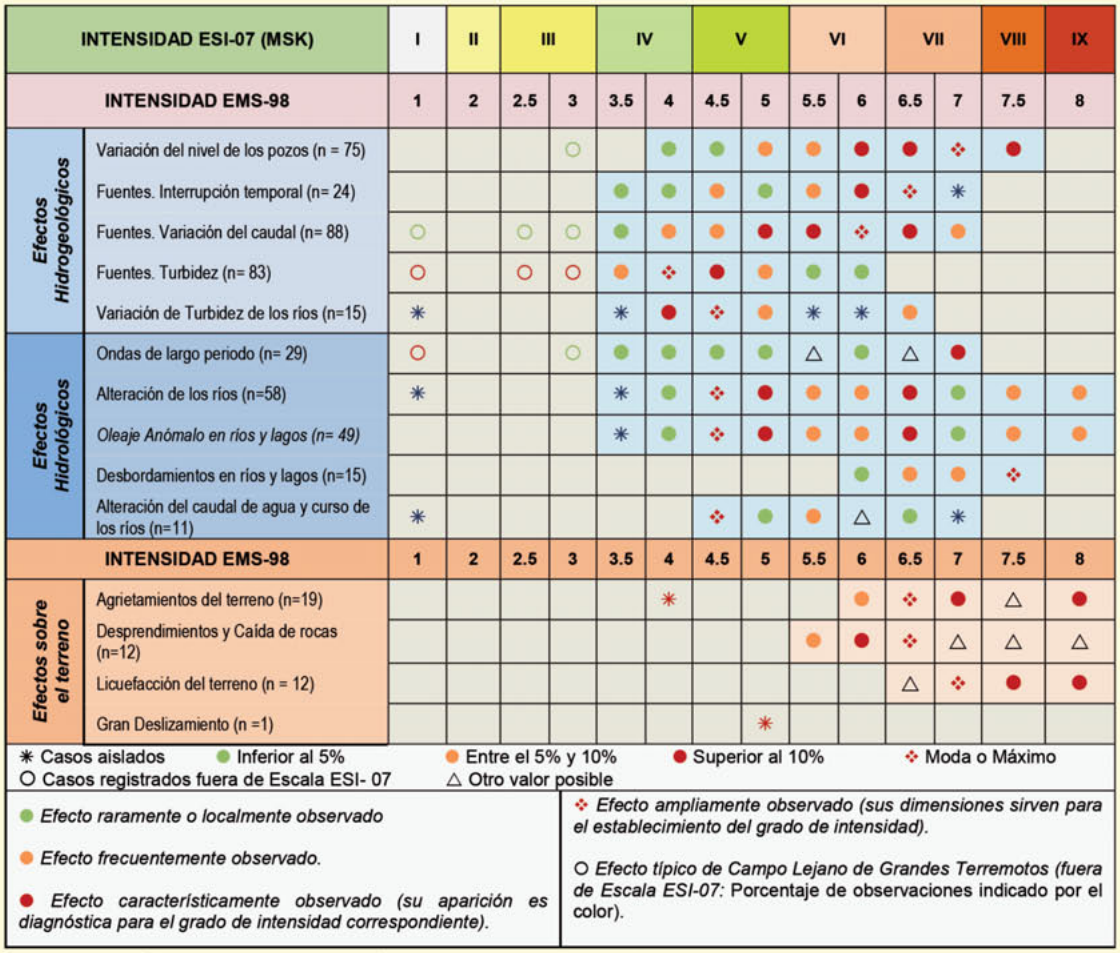


Fig. 8. Relación entre los efectos geológicos secundarios (EEEs) y los grados de intensidad EMS-98 y ESI-07 para el terremoto de Lisboa (1755 AD) en España. Porcentajes de observaciones en relación al número total de observaciones (n) de cada efecto analizado (basado en Martínez Solares, 2001 -pág.207; Silva y Rodríguez-Pascua, 2016 –pág. 99).

Por el contrario, y de acuerdo con los mapas de intensidades MSK-64 (Mezcua, 1980) y EMS-98 (Martínez Solares, 2001) existentes, en la mayor parte del litoral español del Golfo de Cádiz y sector sur de la Depresión del Guadalquivir (Huelva-Sevilla-Carmona) las intensidades y daños resultantes de la propia intensidad del terreno se encuentran en valores máximos de VIII EMS. Al contrario que en el caso anterior (el mapa que hemos diseñado) este tipo de mapas refleja fielmente los efectos producidos por el movimiento vibratorio del terreno, pero no refleja la peligrosidad combinada de un evento terremoto-tsunami (vibración + inundación + backwash + efectos secundarios). En cualquier caso, el mapa de distribución de intensidades obtenido es ligeramente diferente a los existentes, ya que los

efectos de agrietamientos del terreno y, fundamentalmente, los desprendimientos se extienden por todo el sistema frontal de la Cordillera Bética desde el Arco de Gibraltar (Sierras de Grazalema, Ronda, etc.) hasta la Sierra de Cazorla (al Norte de Jaén), delineando una zona de intensidad VII algo mayor que las consideradas hasta la fecha. Eventos importantes, condicionados por amplificación topográfica son los grandes desprendimientos registrados en el Yacimiento Arqueológico del Tolmo de Minateda en Albacete (Intensidad VII en zona VI), pero más importante aún es la importante destrucción de la localidad de Güevéjar en Granada (Intensidad IX-X en zona VI) como consecuencia de un deslizamiento complejo, que volvió a reproducirse durante el terremoto de Arenas del Rey (Granada) de 1884 (7.0 Mw).

Por último, indicar que los datos referentes a la zona portuguesa, entre Lisboa y el Algarve, son extremadamente escasos. Las líneas isosistas aquí se han recopilado fundamentalmente de la obra de Mendes Victor *et al*. (2009). Esta obra proporciona diferentes mapas de intensidades en función de las diferentes fuentes sísmicas que se consideran como el origen del terremoto de Lisboa de 1755. En el presente catálogo se han considerado las más apropiadas sin realizar un análisis pormenorizado de las mismas, que sin duda será necesario realizar para posteriores ediciones.

La Figura 8 representa el marco teórico comparativo entre intensidades EMS-98 y ESI-07 en base al cual se ha desarrollado el Mapa de intensidades que se presenta en la sección de distribución de daños.

A partir de la distribución de las intensidades obtenidas, se ha procedido a la elaboración de un escenario sísmico (ShakeMaps) siguiendo las directrices y ecuaciones del movimiento del terreno (GMPE) que habitualmente utiliza el Servicio Geológico de Estados Unidos en el USGS ShakeMap Program, adaptadas para el estudio de terremotos históricos en la Península Ibérica por Élez *et al*. (2015) y Silva *et al*. (2017; en prensa). Para más detalles consultar la sección correspondiente del presente catálogo. Para el desarrollo del escenario sísmico correspondiente a este terremoto-tsunami tan extraordinario en las costas europeas, se han tenido en cuenta las diferentes fuentes sísmicas que se mencionan como posibles en diversas publicaciones, tales como las obras de Mendes Victor *et al*. (2009), Gustcher *et al*. (2006; 2009), Zitellini *et al*. (2009) y Gardin *et al*. (2007) entre otras muchos. Las fuentes sísmicas generalmente consideradas quedan sumarizadas en la Figura 9 (Gardin *et al*., 2007): (***M) la Falla inversa de Marques de Pombal***, una (supuesta) zona de subducción incipiente por debajo de la zona Suroccidental de la Península Ibérica; ***(G) El Banco de Gorringe,*** una zona de fallas inversas y plegamiento de la corteza oceánica atlántica bastante compleja; y ***(C) la Zona de Subducción vergente al Este bajo el Golfo de Cádiz y Arco de Gibraltar*** propuesta por Zitellini *et al*. (2006). Todas las modelizaciones llevadas a cabo con las diferentes fuentes indican que las dimensiones individuales de cada una de estas fuentes son insuficientes como para explicar un terremoto del tamaño (8,5 – 8,7 Mw) que propone la comunidad científica (Gómez-Vicente, 2016).

Como muestra la Figura 9, todas las modelizaciones desarrolladas para las tres fuentes sísmicas no explican las distribuciones de intensidades, ni los valores de aceleración del terreno mínimos que puedan explicarlas, incluso disparando terremotos de magnitudes 9,0 y 9,5 Mw. Las dimensiones de las fuentes sísmicas modelizadas son insuficientes para generar valores de aceleración del terreno que expliquen los daños ambientales y estructurales en determinadas zonas, y cuando lo hacen en una zona (p. ej. Golfo de Cádiz), son insuficientes para explicar los daños en Lisboa y viceversa.

Utilizando relaciones empíricas Mw-Longitud de Ruptura o Mw-Área de Ruptura para terremotos generados en zonas de subducción obtenemos unos valores de entre 500 y 800 km de longitud y áreas en torno a los 80.000 o 100.000 km^2. Estos valores son muy superiores a las dimensiones de las fuentes modelizadas, pero sin embargo, son los que se relacionan con los terremotos tsunami de Sumatra 2004 y Japón 2011, es decir, con terremotos de zona de subducción. Tras diferentes ensayos, la única manera de conseguir reproducir la distribución de intensidades obtenida por datos EMS-98 y ESI-07, es la unión de todas las fuentes sísmicas consideradas y su proyección hacia la costa peninsular, suponiendo así una subducción incipiente bajo la península, al menos a lo largo del segmento de la falla de Marqués de Pombal al sur de Lisboa.

El escenario sísmico elaborado para el presente catálogo muestra la distribución de aceleraciones del terreno obtenidas mediante la utilización de la fuente sísmica compuesta mencionada anteriormente, con magnitud ligeramente superior a 9,0 Mw. Las aceleraciones máximas obtenidas en la zona de Sagres-Cabo de San Vicente y Algarve son de 0,86 g, que nos sitúa claramente en zona de intensidad IX y X. No obstante, en Lisboa se obtiene una máxima de 0,54 g y en la costa onubense (Ayamonte) de 0,46 g, que nos sitúa en intensidad VIII. En la Depresión del Guadalquivir (Sevilla) y Arco de Gibraltar (Cádiz) se registran valores entre 0,25 y 0,31 g, que nos sitúan en zona de intensidad VII y que concuerdan con las intensidades (nivel de destrucción) registradas en esas zonas. Estos valores se nos quedan un poco bajos para explicar las intensidades allí sentidas, por lo que o bien el tamaño de la fuente sísmica es algo mayor y situado netamente bajo la península, o bien el tamaño del terremoto fue mayor situándonos en un 9,3 o 9,5 Mw. En esta modelización se han tenido en cuenta los factores de amplificación geológica (efecto sitio) y topográfica introducidos en la GMPE del USGS por Élez *et al*. (2015) y Silva *et al*. (2017). Por tanto, los valores anómalamente bajos calculados para el Arco de Gibraltar y Depresión del Guadalquivir no están relacionados por valores defectuosos en estos aspectos.

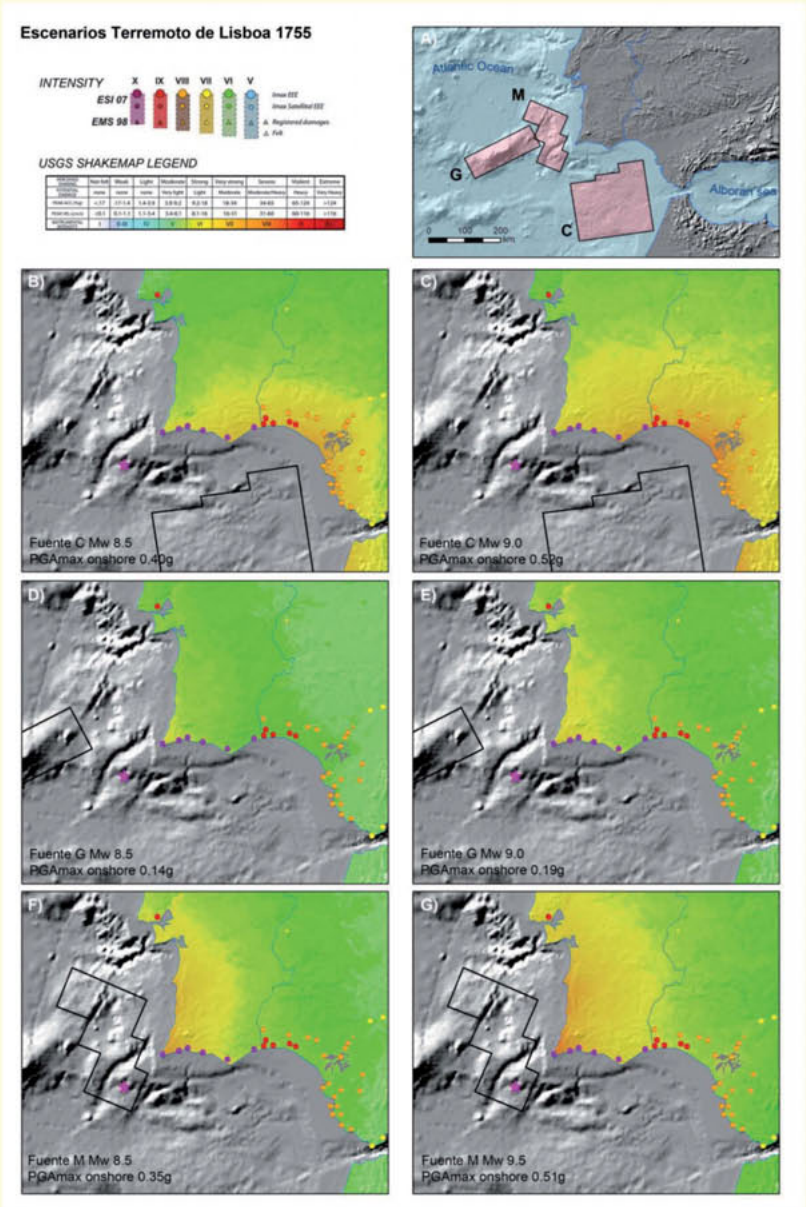
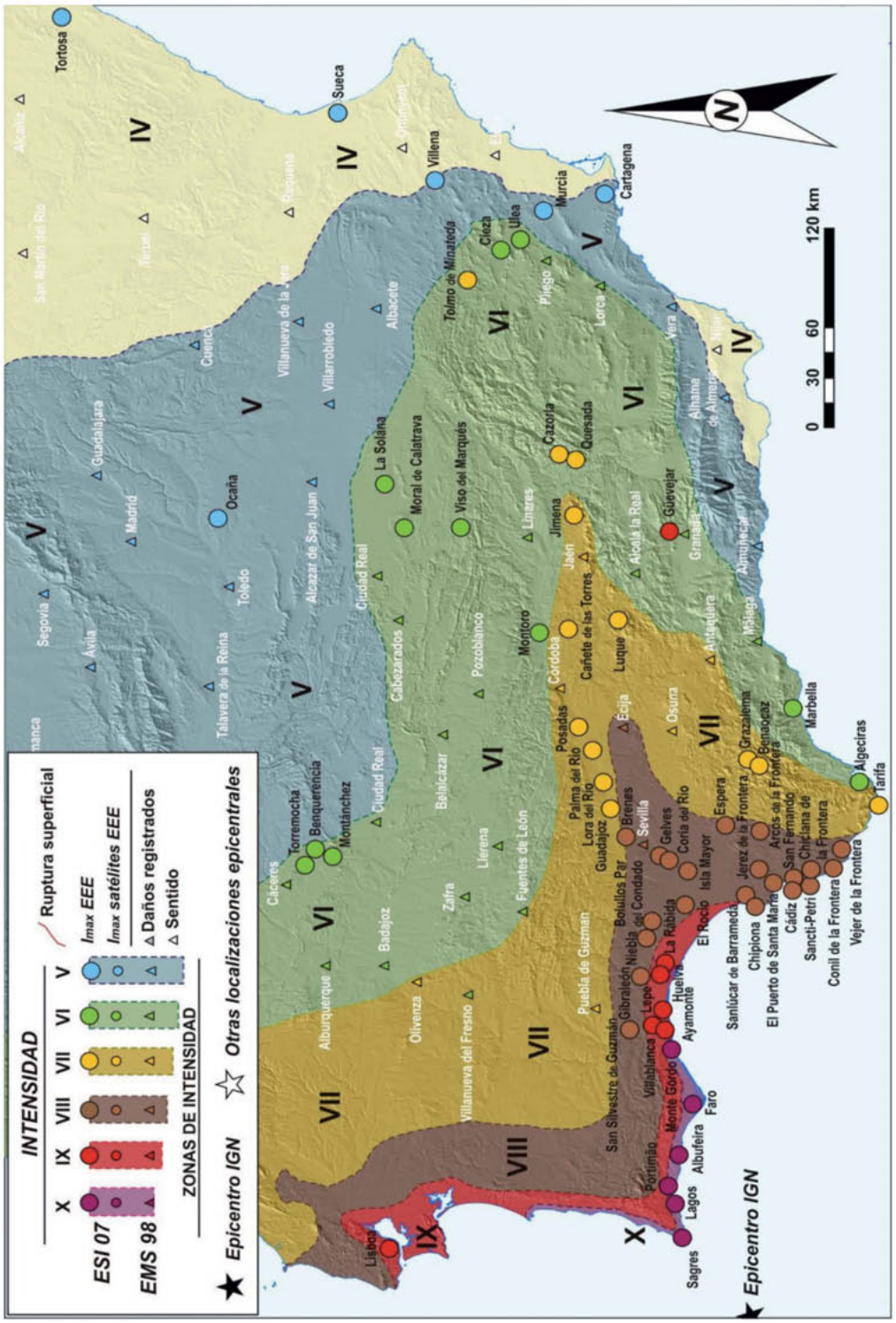


Fig. 9. Modelizaciones de las fuentes sísmicas propuestas por Gardin et al. *(2011) para el terremoto de Lisboa de 1755 (A), para diferentes magnitudes de 8,5 Mw (B, D y F) y 9,5 Mw (C, E y G). Gómez-Vicente (2016).*

EAE. Efectos Arqueosismológicos del Terremoto del SW. Cabo San Vicente, 1755 AD

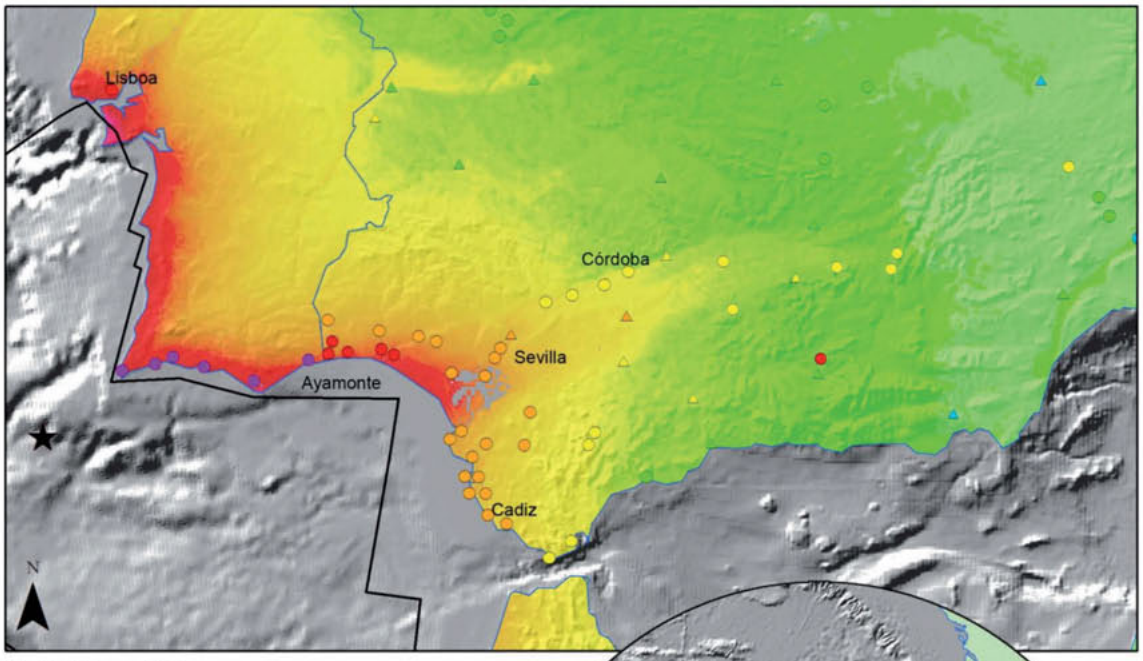
Existen numerosos datos relativos a efectos del terremoto de Lisboa sobre importantes elementos patrimoniales (Iglesias, Catedrales y otros Monumentos) en toda la mitad occidental de la Península Ibérica y, muy en especial, sobre su cuadrante suroccidental (Giner *et al.*, 2011). Aunque ya se han realizado estudios sobre elementos patrimoniales específicos en la ciudad de Sevilla (p. ej. Rodríguez-Pascua *et al.*, 2016), y menos específicos en la zona de Galicia (p. ej. De Ces *et al.*, 2005), los daños orientados de carácter arqueosismológico (EAEs) son muy numerosos, se encuentran en estudio y se irán incorporando al presente catálogo en ediciones posteriores.

DISTRIBUCIÓN DAÑOS ESI-07/EMS-98 HST 17551101: SW. CABO SAN VICENTE. (Océano Atlántico) 1755 AD										EFECTOS GEOLÓGICOS
EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
HST 17551101*AD*	10:16	10º00'O	36º30' N	8,5 M*	XI-XII(1)	XII(1)	XI(1)	D	A	A	SW. Cabo San Vicente. Océano Atlántico



SHAKE MAP ESI-07/EMS-98
HST 17551101: SW CABO S. VICENTE. (Océano Atlántico) 1755 AD
ACELERACIÓN DEL TERRENO

EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Qe	Qi	Qg	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
HST 17551101AD	10:16	10°00'O	36°30' N	8,5 M*	XI-XII(1)	XII(1)	XI(1)	D	A	A	SW. Cabo San Vicente. Océano Atlántico
Fuente sísmica modificada de: Duarte *et al.*, (2011), Cabral (2012) e IGME (2015)			Mw calculada: 9.3		Relación empírica: Strasser *et al.* (2010) y Blaser *et al.* (2010).			GMPE: Wald *et al.* (2005) modificada según Silva *et al.* (2017; en prensa).			

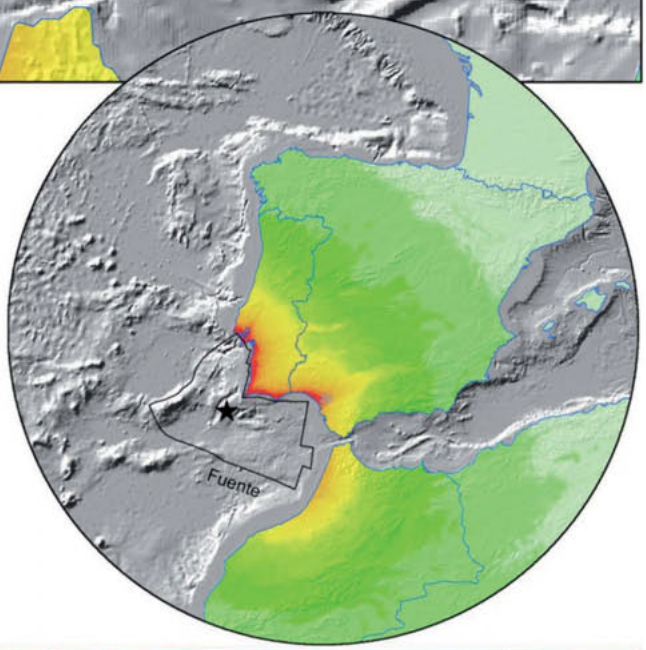


ESCENARIO

Datos del Modelo

Falla inversa en zona de subducción
Longitud de fuente en al zona adyacente al continente 730 km

PGAmax onshore 1,14g
PGA en Lisboa 0,79g
PGA en Ayamonte 0,61g
PGA en Cadiz 0,35g
PGA en Sevilla 0,33g



Efectos Edificaciones										
MMI (USGS)	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
SACUDIDA	Ligera	Moderada	Fuerte	Muy Fuerte	Severa	Violenta	Muy Violenta	Extrema	Extrema
DAÑO	Ninguno	Muy Ligero	Ligero	Moderado	Severo	Destructivo	Muy Destructivo	Devastador	Totalmente Devastador

PGA (g)	0,014	0,039	0,092	0,18	0,34	> 0,65

Efectos Geológicos										
EEE PRIMARIOS	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Muy raros	Raros	Apreciables	Significativos	Importantes	Muy Importantes
EEE SECUND.	Ligeros	Marginales	Moderados	Apreciables	Significativos	Importantes	Muy Importantes	Devastadores	Totalmente Devastadores
AREA AFECTADA			c. 1 km²	≤10 km²	≤100 km²	≤1000 km²	≤5000 km²	≤10.000 km²	≥50.000 km²
ESI-07	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII

REFERENCIAS **DATOS**
HST 17551101: SW. CABO S. VICENTE. (Océano Atlántico) 1755 AD **BIBLIOGRÁFICOS**

Autores: Pablo G. Silva, Pedro Gómez-Vicente, Javier Élez. Departamento de Geología, Universidad de Salamanca
Begoña Bautista Davila. Servicio de Bibliotecas, Universidad de Salamanca.

Bibliografía Terremoto del SW. Cabo San Vicente, 1755 AD

Abrantes, F., Alt-Epping, U., Lebreiro, S., Voelker, A., Schneider, R. (2008): Sedimentological record of tsunamis on shallow-shelf areas: The case of the 1969 AD and 1755 AD tsunamis on the Portuguese Shelf off Lisbon. Marine Geology 249, 283–293.

Amaré Tafalla, M.P., Orche García, E., Puche Riart, O. (2005): Efectos del terremoto de Lisboa de 1 de noviembre de 1755 en la antigua provincia de Tuy (Galicia).Cuadernos Dieciochistas, 6, USAL, Salamanca. 117-152.

Andrade, C., Borges, P., Freitas, M. C. (2006): Historical tsunami in the Azores archipielago (Portugal). Journal of Volcanology and Geothermal Research 156, 172–185.

Baptista, M. A., Miranda, J. M., Chierici, F., Zitellini, N. (2003): New study of the 1755 earthquake source based on multi-channel seismic survey data and tsunami modeling. Natural Hazards and Earth System Science, 3 (5), 333-340.

Baptista, M. A., Miranda, J. M. (2009): Revision of the Portuguese catalog of tsunamis, Natural Hazards and Earth System Sciences 9, 25–42.

Blanc, P. L. (2008): The tsunami in Cádiz on 1 November 1755: a critical analysis of reports by Antonio de Ulloa and by Louis Godin, Comptes Rendus Geoscience 340, 251–261.

Blanc, P. L. (2009): Earthquakes and tsunami in November 1755 in Morocco: a different reading of contemporaneous documentary sources. Natural Hazards of Earth System Sciences 9, 725–738.

Cabero, A., Lario, J., Zazo, C., Goy, J.L., Dabrio, C.J., Borja, F., Roquero, E., Silva, P.G., García-Blázquez, A., Bardají, T., Hillaire-Marcel, C. and Mercier, N. (2009): Geomorphic setting and 1755 Tsunami deposits at Cape Trafalgar In: (Lario et al*., 2009. Eds.) "Paleoseismicity and Quaternary Tectonics in the Gibraltar Strait (Betic Cordillera, South Spain)". Filed Trip Guide-Book 1st INQUA-IGCP 567 Workshop,* Baelo Claudia *(Cádiz). IGME-AEQUA, Madrid, pp. 74 – 86.*

Ces Fernández, B. (2015): Los efectos del seísmo de Lisboa de 1755 sobre el patrimonio monumental de Galicia. Tesis Doctoral. Universidade da Coruña. Vol. 1. 253 pp.

Cunha, P. P., Buylaert, J.-P., Murray, A. S., Andrade, C., Freitas, M. C., Fatela, F., Munhá, J. M., Martins, A. A., Sugisaki, S. (2010): Optical dating of clastic deposits generated by an extreme marine coastal flood: the 1755 tsunami deposits in the Algarve (Portugal). Quaternary Geochronology 5, 329–335.

Dabrio, C. J., Goy, J. L., Zazo, C. (1998): The record of the tsunami produced by the 1755 Lisbon Earthquake in Valdelagrana spit (Gulf of Cádiz, Southern Spain). Geogaceta 23, 31–34.

Dawson, A. G., Hindson, R., Andrade, C., Freitas, C., Parish, R., Bateman, M. (1995): Tsunami sedimentation associated with the Lisbon earthquake of 1 November AD 1755: Boca do Rio, Algarve, Portugal. The Holocene 5, 209–215.

Elez, J., Silva, P.G., Giner-Robles, J.L., Rodríguez-Pascua, M.A, Pérez-López, R., Roquero, E., Bardají, T., Huerta, P., Martínez-Graña, A. (2015): ESI-07 ShakeMaps for Instrumental and historical events in the Betic Cordillera (SE Spain): a preliminary approach applied to seismic hazard based on geological data. Miscellanea INGV, 27, 132 – 137.

Fonseca, J. F. B. D. (2005): The source of the Lisbon earthquake. Science 308, 50–51.

Galbis Rodríguez, J. (1932; 1940): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5º E y 20º W de Greenwich y los paralelos 45º y 25º Norte, Tomos I y II. Dirección General del Instituto Geográfico, Catastral y de Estadística, Madrid.

Gardin, R., Borges, J.F., Bezzeghoud, M., Caldeira, F., Carrilho, F. (2007): Simulations of strong ground motion in SW Iberia for the 1969 February 28 (MS= 8.0) and the 1755 November 1 (Mw 8.5) earthquakes–II. Strong ground motion simulations. Geophysical Journal International 171(2):807 – 822.

Gràcia E., Vizcaino, A., Escutia, C., Asioli, A., Rodés, A., Pallàs, R., Garcia-Orellana, J., Lebreiro, S., Goldfinger, C. (2010): Holocene earthquake record offshore Portugal (SW Iberia): testing turbidite paleoseismology in a slow-convergence margin. Quaternary Science Reviews 29, 1156–1172.

Giner-Robles, J.L., Silva, P.G., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Bardají, T., Garduño-Monroy, V.H., Lario, J. (2011): Evaluación del daño sísmico en edificios históricos y yacimientos arqueológicos. Aplicación al estudio del riesgo sísmico. Proyecto EDASI. Serie Investigación. Fundación MAPFRE, 96 pp.

Gracia, F. J., Alonso, C., Benavente, J., Anfuso, G., Del Río, L. (2006): The different coastal records of the 1755 tsunami waves along the South Atlantic Spanish coast. Zeitschrift für Geomorphologie Suppl. 146, 195–220.

Gutscher, M. A. (2004): What caused the Great Lisbon earthquake? Science 305, 1247–1248.

Gómez Diego, P.V. (2016): Análisis Geomático y Catalogación de los Efectos Geológicos y Ambientales del terremoto de Lisboa de 1755 AD. Trabajo Fin de Grado Geomática y Topografía, USAL. 319 pp.

Gutscher, M.A., Baptista, M.A., Miranda, J.M. (2006): The Gibraltar Arc seismogenic zone (part 2): Constraints on a shallow east dipping fault plane source for the 1755 Lisbon earthquake provided by tsunami modeling and seismic intensity. Tectonophysics, 426 (1-2), 153–166.

Hindson, R. A., Andrade, C., Dawson, A. G. (1996): Sedimentary processes associated with the tsunami generated by the 1755 Lisbon earthquake on the Algarve coast, Portugal. Physics and Chemistry of the Earth 21, 57–63.

Hutton, C., Shaw, G., Pearson, R. (1809): Philosophical transactions of the Royal Society of London 1750-1755. London. Vol. X. 646 – 656.

Lario, J., Luque, L., Zazo, C., Goy, J.L., Spencer, C., Cabero, A., Bardají, T., Borja, F., Dabrio, C.J., Civis, J., González-Delgado, J.A., Borja, C., Alonso-Azcárate, J. (2010): Tsunami vs. Storm surge deposits: a review of the sedimentological and geomorphological records of extreme wave events (EWE) during the Holocene in the gulf of Cadiz, Spain. Zeitschrift für Geomorphologie 54 (Suppl.3), 301e316.

Lario, J., Zazo, C., Plater, A. J., Goy, J. L., Dabrio, C. J., Borja, F., Sierro, F. J., Luque, L. (2001): Particle size and magnetic properties of Holocene estuarine deposits from the Doñana National Park (SW Iberia): evidence of gradual and abrupt coastal sedimentation. Zeitschrift für Geomorphologie 45, 33–54.

Lario, J., Bardají, T, Silva, P.G., Zazo, C., Goy, J.L. (2016): Improving the coastal record of tsunamis in the ESI-07 scale: Tsunami Environmental Effects Scale (TEE-16 scale). Geológica Acta, 14, 15-24.

Lebreiro, S.M., McCave, I.N., Weaver, P.P.E. (1997): Late Quaternary turbidite emplacement on the Horseshoe Abyssal Plain (Iberian margin). Journal of Sedimentary Research 67 (5), 856 - 870.

Levret, A. (1991): The effects of the November 1, 1755 'Lisbon' earthquake in Morocco, Tectonophysics 193, 83–94.

Luque, L., Lario, J., Zazo, C., Goy, J. L., Dabrio, C. J., Silva, P. G. (2001): Tsunami deposits as paleoseismic indicators: examples from the Spanish coast. Acta Geologica Hispanica 36, 197–211.

Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa (1 de noviembre de 1755). Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.

Martínez Solares J.M., López Arroyo, A. (2004): The great historical 1755 earthquake, effects and damage in Spain. Journal of Seismology, 8, 275-294.

Martínez Solares, J. A., López Arroyo, A., Mezcua, J. (1979): Isoseismal map of the 1755 Lisbon earthquake obtained from Spanish data. Tectonophysics 53, 301–313.

Mendonça, J. M. (1758): Historia Universal dos Terremotos que tem havido no mundo de que há noticia desde a sua criaçao até ao seculo presente. Biblioteca Nacional de Lisboa, Portugal, 272 pp.

Mendes-Victor, L., Oliveira, C., Azevedo, J., Ribeiro, A. (2010): The 1755 Lisbon Earthquake: Revisited. Springer., Berlin, Germany. 597 pp.

Mhammdi, N., Medina, F., Kelletat, D., Ahmamou, M., Aloussi, L. (2008): Large boulders along the Rabat coast (Morocco); possible emplacement by the November, 1st, 1755 AD tsunami. Science of Tsunami Hazards 27, 17–30.

Morales, J. A., Borrego, J., San Miguel, E. G., López-González, N., Carro, B. (2008): Sedimentary record of recent tsunamis in the Huelva Estuary (southwestern Spain), Quaternary Science Reviews 27, 734–746.

Rodríguez de la Torre, F. (2005): Documentos en el Archivo Histórico Nacional (Madrid) sobre el terremoto del 1 de noviembre de 1755. Cuadernos Dieciochistas, 6, USAL, Salamanca. 79-116.

Rodríguez-Pascua, M.A., Morales Manzanos, F.J., Perucha, M.A., Palomo Lozano, I., Silva, P.G., Giner, J.L. (2016): Los efectos orientados del terremoto de Lisboa (1755) en el patrimonio de Sevilla (Valle del Guadalquivir, España). Geotemas, 16 (2), 399 – 402.

Rodríguez-Vidal, J., Cáceres, L. M., Abad, M., Ruiz, F., González-Regalado, M. L., Finlayson, C., Finlayson, G., Fa, D., Rodríguez-Llanes, J. M., Bailey, G. (2011): The recorded evidence of AD 1755 Atlantic tsunami on the Gibraltar coast. Journal of Iberian Geology, 37 (2), 177-193.

Ruiz, F., Abad, M., Rodríguez-Vidal, J., Cáceres, L. M., González-Regalado, M. L., Carretero, M. I., Pozo, M., Gómez Toscano, F. (2008): The geological record of the oldest historical tsunamis in southwestern Spain. Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia 114, 147–156.

Santos, A., Koshimura, S. (2015): The Historical Review of the 1755 Lisbon Tsunami. Journal of Geodesy and Geomatics Engineering, 1. 38-52.

Silva, P.G., Rodríguez-Pascua, M.A. (2016): Peligrosidad y Riesgo Sísmico, Los Terremotos. En: Introducción a los Riesgos Geológicos (J. Lario, T. Bardají, Coords.). Colección Grado, UNED, Madrid. pp 227 -244.

Silva, P.G., Elez, J., Giner-Robles, J.L., Rodríguez-Pascua, M.A, Pérez-López, R., Roquero, E., Bardají, T., Huerta, P., Martínez-Graña, A. (2017): ESI-07 ShakeMaps for Instrumental and historical events in the Betic Cordillera (SE Spain): an approach based on geological data and applied to seismic hazard. Quaternary International. En prensa.

Terrinha, P., Pinheiro, L. M., Henriet, J. P., Matias, L., Ivanov, M. K., Monteiro, J. H., Akhmetzhanov, A., Volkonskaya, A., Cunha, T., Shaskin, P., Rovere, M. (2003): Tsunamigenic-seismogenic structures, neotectonics, sedimentary processes and slope instability on the southwest Portuguese Margin. Marine Geology 195, 55–73.

Zitellini, N., Chierici, F., Sartori, R., Torelli, L. (1999): The tectonic source of the 1755 Lisbon Earthquake. Annali di Geofisica 42, 1, 49–55.

Zitellini, N., Mendes Victor, L. A., Cordoba, J. D. (2001): Source of 1755 Lisbon Earthquake and tsunami Investigated. EOS 82 (26), 285.

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.06.01 *06.01. Tolmo de Minateda, Agramón (Albacete)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7 

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
06 / Agramón	1° 36' 21,52" O	38° 28' 31,08" N	503 m	4 ha	772 Km	SO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Cerro Testigo (Tolmo)	Pendiente del terreno	Cantil (>70%)
Descripción Geológica	El Tolmo de Minateda se encuentra entre las localidades de Cordovilla y Agramón, en el área más meridional de la provincia de Albacete (SE de España). El Tolmo constituye un importante yacimiento arqueológico con evidencias de ocupación Ibérica, Romana, Visigoda y Musulmana que registra terremotos antiguos relacionados con la actividad de las cercanas fallas prebéticas de Pozohondo y Liétor (Rodríguez-Pascua *et al.*, 2010). Constituye un pequeño cerro testigo (relieve estructural) sobre areniscas de edad Miocena que se alza a más de 20 m sobre la llanura circundante.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Areniscas	Biocalcarenitas	Estratificado / Fracturado	Consolidado / Semi-consolidado	Clase II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475} IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Mioceno Medio-Superior	Sin identificar	0,09	Histórica

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS / MSK
Yacimiento Arqueológico	Yacimiento Arqueológico	Sin datos	Sin datos	V-VI EMS / V MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas; con respecto a Agramón y sus proximidades se dispone de una reseña en el informe remitido desde Hellín, en la que se hace referencia a procesos de movimientos de ladera. Así, se cita que: *"Y en el de Agramón, distante dos leguas de esta villa, al tiempo de empezar el temblor en el mismo día y hora, se notó como un trueno espantoso, ya que de una montaña se desprendió mucha parte, sin causar daño a las haciendas vecinas, a las gentes y ganados."*

Interpretación: La zona se caracteriza por un terreno plano con estructuras aisladas en forma de motas (tolmos) que constituyen cerros testigos labrados sobre areniscas marinas miocenas como consecuencia de un proceso de erosión diferencial. El sitio de El Tolmo se encuentra en la parte superior de una de estas motas, delimitada por cantiles casi verticales de alrededor de 20 m de altura. El estudio realizado por Martínez-Pascua *et al.* (2010) hace referencia a que la montaña a la que se refiere la descripción transcrita por Martínez Solares (2001), y de la cual *"se desprendió mucha parte"* se corresponde con los desprendimientos ocurridos en la parte sur del Tolmo. Estos desprendimientos rocosos son de carácter reciente, ya que los bloques de arenisca colapsados aparecen débilmente erosionados y no se encuentran englobados en el material coluvial sobre el que yacen. Las cicatrices en el acantilado son escarpes frescos, con caras libres casi verticales mostrando una evolución de líquenes muy pobre. El movimiento de bloques pueden alcanzar volúmenes de cerca de 4000 m³, un gran bloque de 16 × 11,7 × 12 m (c. 2.200 m³) y 18 bloques menores. Análisis liquenométricos (Pérez-López *et al.*, 2010) en 21 superficies rocosas sobre el diámetro máximo de *Aspicilia radiosa*, arrojan la fecha de 1757± 4 AD, que permiten correlacionar fiablemente la caída de bloques con el Terremoto de Lisboa.

Cuantificación: Tras el estudio de eventos sísmicos recientes de la zona SE (región de Murcia), se demostró que intensidades de V-VI EMS a VI MSK son suficientes para desencadenar desprendimientos de grandes rocas (de 10 a 25 m³) a lo largo de escarpes rocosos similares desarrollados en relieves estructurales aislados de todo el área epicentral (cita). El volumen total de material movilizado (c. 4000 m³) y el tamaño de los bloques mayores (c. 2000 a 1500 m³) permite asignar una intensidad máxima de VII ESI-07. No obstante, el carácter aislado del proceso en la zona nos indica claramente que se trata de un proceso de amplificación topográfica local sobre los materiales rocosos afectados por importantes fracturas, generadas por los importantes terremotos antiguos que afectaron al Yacimiento Arqueológico del Tolmo de Minateda (Rodríguez-Pascua *et al.*, 2010).



Imagen de Google Earth del Tolmo de Minateda.



Fotografía de los bloques desprendidos. Zona sur.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras se detectan carencias importantes de información, exageraciones e imprecisiones. Pese a todo se dispone de un gran volumen de información.*

Referencias bibliográficas:

Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.

Rodríguez-Pascua, M.A. *et al.* (2010): Ancient earthquakes from archaeoseismic evidence during the Visigothic and Islamic periods in the archaeological site of "Tolmo de Minateda" (SE Spain). In: Sintubin, M. *et al.* (eds.). *Ancient Earthquakes*: Geological Society of America Special Paper 471: 171-184.

Pérez-López, R. *et al.* (2010): Determinación de la curva de crecimiento para *Aspicilia radiosa* aplicada en dataciones liquenométricas en caídas de bloques. Actas XI Reunión Nacional de Geomorfología, Solsona (Barcelona), SEG. pp 503 – 507.

Información Recopilada	*Pedro V. Gómez; Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.43.01 *43.01. Arcos de la Frontera (Cádiz)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
43 / Arcos de la Frontera	5°48' 23,67" O	36°44' 52,57" N	188 m	527,58 Km²	375 Km	O	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Escarpe de colina	Pendiente del terreno	Escarpada (50-70%)
Descripción Geológica	La localidad se enclava en la denominada "Peña de Arcos", formación geológica singular labrada sobre calcarenitas bioclásticas sub-horizontales del Mioceno Superior que tiene una longitud de algo más de kilómetro y medio en dirección NNO - SSE y una altura de alrededor de los 100 metros. La vertiente suroccidental de la Peña presenta un cantil muy pronunciado sobre la margen derecha del meandro del río Guadalete, cuyo encajamiento es el responsable del origen del cantil tan pronunciado sobre el que se ubica el casco histórico de la ciudad a lo largo de lo que podríamos denominar una cresta alargada de geometría tabular.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Areniscas	Areniscas calcáreas	Estratificado / Fracturado	Consolidado / Semi-Consolidado	Clase II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Mioceno Superior	Sin identificar	0,10	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Adobe, Mampostería y Sillería	Casas, Iglesias y Edificios Históricos	Múltiples (75%)	Grave	VII-VIII EMS / VII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO:GK/8

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas; con respecto a la localidad de Arcos de la Frontera se dispone de bastante información en cuanto a los daños ocasionados por el terremoto. Así, en cuanto a efectos de fracturación del terreno, se cita que: *"En el suelo de la Plaza pública se hizo una abertura profunda que la atraviesa toda, y el testero del lado de el Sureste, dejando a el lado de el tajo parte de dicho testero, y todo el de Sudoeste y sigue dicha abertura penetrando el suelo, paredes y techos de una casa, de la carnicería, matadero y tripería, de modo que el testero de la Plaza, la casa y las oficinas públicas, quedaron sin uso y ruinosas, porque están próximas de irse al tajo."* Además del citado informe enviado desde el propio municipio, existen otros que se refieren de esta manera: *"En Arcos [= Arcos de la Frontera], haberse dividido por medio de la Plaza todo el pueblo por una zanja."* Y otro que dice: *"Las vibraciones de la tierra en montes, edificios, y otros entes, han sido a proporción, particulares, pues el peñón sobre que se funda la ciudad de Arcos [= Arcos de la Frontera], distante cinco leguas de esta tierra adentro, está hendido con profunda cavidad."*

Interpretación: El Monumento Natural Peña de Arcos de la Frontera presenta una formación geológica de gran envergadura originada por la acción erosiva del río Guadalete, que al discurrir por una zona caliza realiza una erosión diferenciada que da lugar al modelado de varios meandros y dos tajos de gran envergadura. En cuanto al efecto, propiamente dicho, se trata de una de las descripciones más detalladas de las recogidas en otros municipios con los mismos efectos. A partir de las citadas descripciones, se puede intuir que el importante agrietamiento siguió una dirección SSE-NNO sub-paralela a la pared escarpada sobre la que se levanta la plaza pública de la ciudad partiéndola en dos mitades SE y SO. En cuanto a la longitud de la abertura, sí podemos suponer que sería de 50-80 m puesto que partió la plaza en dos y continuaba bajo las casas, y la anchura de la citada plaza, suponiendo que sea la misma que entonces, puesto que la parte testera está delimitada por la iglesia de San Pedro que ya estaba construida en aquella época, es de 50 metros. La mención que se hace de que las casas, incluidas las oficinas públicas (ayuntamiento), estaban a punto de irse al tajo, hace mención al peligro de su derrumbe por la ladera escarpada de la ciudad, no de caer en la grieta. Por tanto, se trataría de un importante agrietamiento sub-paralelo y muy próximo (< 20 m) al escarpe del Tajo del Guadalete, que si hubiera sido de mayores dimensiones podría haber provocado el derrumbe de parte de la zona sur de la ciudad.

Cuantificación: Pese a que se trata de una de las reseñas más completas y detalladas encontradas en cuanto a efectos de fracturación y agrietamiento, resulta complejo evaluar valores determinantes como la anchura o la profundidad para poder cuantificar dicho EEE. Pese a todo, se puede estimar que la longitud de esta en ningún caso sería inferior a los 80 metros. La profundidad sí se cree grande, y en cuanto a la anchura no se tienen datos, pero por las descripciones sería notoria, de al menos una decena de centímetros. Estas observaciones nos indicarían una intensidad VIII ESI-07, acorde a la destrucción de grado VIII MSK que sufrió la población (Castillo, Iglesias y Casas).

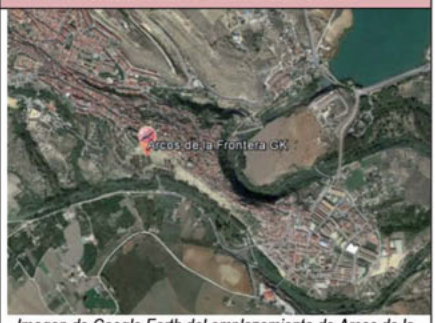


Imagen de Google Earth del emplazamiento de Arcos de la Frontera.



Fotografía aérea donde se observa la "Plaza pública" y la ladera escarpada en su situación actual. www.andalucia.org

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se detallan los efectos y las consecuencias del mismo, algunas veces se detectan carencias importantes de información, exageraciones e imprecisiones y otras de manera precisa, como es el caso.*

Referencias bibliográficas:	Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.		
Información Recopilada	*Pedro V. Gómez; Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.51.01 *51.01. Playa de Montegordo, Ayamonte (Huelva)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	ELEVACIÓN / SUBSIDENCIA COSÍSMICA: UP/9

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
51 / Ayamonte	7° 25' 17,75" O	37° 10' 24,15" N	1 m	-	241 Km	OSO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Zona litoral (Playa)	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	Desde la desembocadura del Guadiana a sus márgenes se extiende la barra litoral y sistemas playeros asociados. Todos ellos se encuentran constituidos por arenas blancas con restos fósiles y abundantes minerales negros, constituidos por sets de barras litorales de edad holocena reciente a histórica.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Arenas y gravas arcillosas rojas	Arenas blancas (playa)	Estratificada	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pliocuaternario	Cuaternario (Holoceno)	< 6000 BP	0,12	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Al hueso, Adobe, Mampostería y Sillería	Chozas, Casas, Iglesias y Castillo	Múltiples (75%)	Destructivo	VII EMS / VIII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Primario	Tipo de Efecto ESI-07	SUBSIDENCIA COSÍSMICA: UP/9

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas. Con respecto a la localidad de Ayamonte y sus proximidades se cita que: *"En la playa de Montegordo, Reino de Portugal, que nos divide sólo el río Guadiana, por estos naturales marítimos han observado que el mar se halla muy alta, o con más agua desde el día primero a acá, y que la tierra les parece se ha amudado, y está desconocida, y más baja.*
Asimismo, he hecho sondear o fondear el tránsito por donde salen las embarcaciones pequeñas a la pesca, y por donde no podía pasar una canoa pasa un jabeque, con que es regular suceda lo mismo a la Barra grande, o entrada del río de Guadiana."

Interpretación: De la descripción se extrae un posible efecto de subsidencia cosísmica a lo largo de esa zona del litoral, que se traduce en el hundimiento de los materiales de dicha zona, arenas blancas, que provoca no solo el aumento de los límites de la línea de pleamar sino también en el fondo del río Guadiana. Se trata de una interpretación extraída de los documentos recogidos por Martínez Solares (2001), a partir de los cuales podemos interpretar que la zona afectada se corresponde con la playa, que aún conserva el mismo nombre, de Montegordo, Portugal, inmediatamente contigua a la desembocadura del río Guadiana, frontera entre los dos países y muy próxima al municipio de Ayamonte. La localización del EEE sobre la propia playa de Montegordo es, por tanto, también interpretativa a partir de las descripciones estudiadas de la época.

Cuantificación: A partir de las descripciones de las que se disponen, resulta algo complicado poder realizar una cuantificación u otorgarle un valor de intensidad valorado de forma empírica a través de mediciones en el terreno de valores de subsidencia. La mención a que *por donde no podía pasar una canoa pasa ahora un jabeque* (embarcación de vela con quillas de unos 30 m y calados inferiores a los 5 m) indica que el proceso de subsidencia alcanzó unos pocos metros indicando una intensidad IX ESI-07, acorde con las intensidades MSK registradas en la zona. Además, el área afectada se podría cifrar en un mínimo de 13 km, longitud de la Playa de Montegordo, aunque las estimaciones históricas indican que el efecto pudo afectar al conjunto de la barra grande de la desembocadura del Guadiana, con lo que la longitud sería cerca de los 25 km.

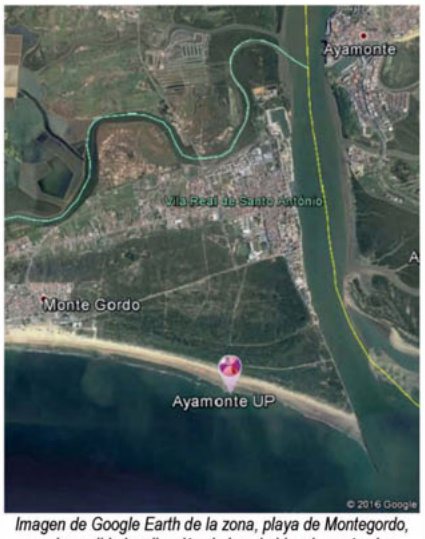


Imagen de Google Earth de la zona, playa de Montegordo, con la posible localización de la subsidencia cosísmica.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras se detectan carencias importantes de información, exageraciones e imprecisiones. Pese a todo se dispone de un gran volumen de información.*

Referencias bibliográficas:	Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.		
Información Recopilada	*Pedro V. Gómez; Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.51.02 *51.02. Marismas de Isla Cristina, Ayamonte (Huelva)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/9

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
51 / Ayamonte	7° 21' 35,74" O	37° 12' 23,33" N	1 - 2 m	21,45 Km²	247 Km	OSO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Zona litoral (marismas salobres).	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	Zona litoral de extensas áreas ocupadas por zonas pantanosas o marismas salobres. La sedimentación en estas zonas es en general de arcillas y fangos, con laminación paralela y algunas láminas de color muy oscuro, ricas en materia orgánica (sapropel).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Arenas y gravas arcillosas rojas	Limos, arcillas y arenas	Estratificada	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475} IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pliocuaternario	Cuaternario (Holoceno)	< 6000 BP	0,12	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Al hueso, Adobe, Mampostería y Sillería	Chozas, Casas, Iglesias y Castillo	Múltiples (75%)	Destructivo	VII EMS / VIII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/9

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas; con respecto a la localidad de Ayamonte y sus proximidades, en referencia a los procesos de licuefacción únicamente se cuenta con una sola descripción algo escueta. Así se cita que: *"En las Marismas se rompieron muchas bocas, por donde surtió agua y arena."*

Interpretación: A lo largo de la costa litoral atlántica andaluza se suceden numerosos efectos de licuefacción a consecuencia del terremoto, y la gran mayoría de ellos son en zonas de marismas, de limos, arcillas o arenas, como por ejemplo en Isla Mayor, en las Marismas de Doñana, o en Almonte, en la Marisma del Rocío. En el caso de Ayamonte, se trata de una zona pantanosa con terrenos poco consolidados y materiales blandos, arenas, arcillas y limos, todo ello unido a la proximidad al epicentro, hacen muy propicia la aparición de numerosos efectos de licuefacción. Descripción extraída de los documentos recogidos en Martínez Solares, 2001, a partir de los cuales podemos interpretar que la zona de marismas referidas es el actual Parque Natural Marismas de Isla Cristina, que se engloba entre los términos de Ayamonte e Isla Cristina. La aparición de estos efectos de licuefacción, como consecuencia del terremoto, es constante a lo largo del litoral de la costa andaluza, donde se repiten siguiendo un mismo patrón; siempre se suceden en zonas cuyo grado de consolidación es mínimo y en muchos casos en zonas de marismas compuestas por limos y arcillas, como por ejemplo en Almonte o en Isla Mayor, ambos municipios situados en las proximidades del Parque Nacional de Doñana. La localización del EEE es interpretativa, a partir de las descripciones estudiadas de la época y recogidas por Martínez Solares (2001) y las coordenadas que se le otorgan a dicho efecto son las que se recogen en el Nomenclátor Geográfico Básico de España, publicado por el Instituto Geográfico Nacional, al Parque Natural Marismas de Isla Cristina.

Cuantificación: Pese a la vaguedad en la reseña y la falta de detalle en cuanto a las dimensiones de las bocas, es bastante significativo el hecho de que hubiese "muchas" aberturas; de este modo, puesto que los procesos de licuefacción y eyección de agua son frecuentes y numerosos tal y como reza la descripción, además de la situación geográfica y del resto de efectos catalogados de intensidades similares, el grado de intensidad que se le otorga en función de estos parámetros es de IX en la escala ESI-07. El área afectada por este efecto, entendiendo por ello la totalidad de la dimensión del Parque Natural Marismas de Isla Cristina, se puede cuantificar, según la Junta de Andalucía, en 21,45 km², dimensiones estas, otorgadas por organismos oficiales, del actual Parque Natural Marismas de Isla Cristina.

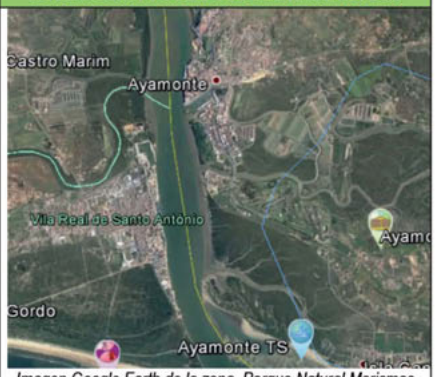


Imagen Google Earth de la zona, Parque Natural Marismas de Isla Cristina, con la ubicación interpretativa del EEE.



Fotografía del Parque Natural Marismas de Isla Cristina. www.andalucia.org

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras se detectan carencias importantes de información, exageraciones e imprecisiones. Pese a todo se dispone de un gran volumen de información.*

Referencias bibliográficas:	Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.		
Información Recopilada	*Pedro V. Gómez; Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.51.04 *51.04. Torre Canela, Ayamonte (Huelva)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	TSUNAMI: TS/9

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
51 / Ayamonte	7° 22' 49,12" O	37° 13' 27,74" N	3 m	-	246 Km	OSO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Zona litoral (marismas salobres).	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	Zona litoral de extensas áreas con barras litorales, playas, sistemas eólicos asociados y zonas pantanosas o marismas salobres, situadas en la margen izquierda de la desembocadura del Guadiana. Se trata de las Marismas de Isla Cristina, al Sur de Ayamonte, surcada por numerosos esteros y cauces y zonas inundables durante marea alta, que en esta zona es de unos 4 m.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Arenas y gravas arcillosas rojas	Limos, arcillas y arenas	Estratificado	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pliocuaternario	Cuaternario (Holoceno)	< 6000 BP	0,12	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Al hueso, Adobe, Mampostería y Sillería	Chozas, Casas, Iglesias y Castillo	Múltiples (75%)	Destructivo	VII EMS / VIII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	TSUNAMI: TS/9

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas; con respecto a la localidad de Ayamonte y sus proximidades se cita que: *"Lo cual tiene a todos en una confusa consternación por haber visto subir el mar de su natural curso por cinco veces,...".* En otra de ellas, evalúa con más detalle los daños: *"habiendo terminado la violencia del terremoto, se observó y vio salir impetuosamente el mar por cinco veces de su natural curso, de manera que con los escollos que fomentaba y agua que se introducía parece quería anegar el pueblo. De este flujo y reflujo que hizo inundó todas las playas de la Estojarra, la Tita, y demás adyacentes a esta ciudad, llevando de la primera más de trescientas chozas, en [donde] habitaban de cinco a seis mil personas naturales y forasteros en el beneficio y pesca de sardina, como, igualmente, sesenta o setenta artes, quedando sumergidas parte de ellas...de forma que todo quedó sumergido bajo de las aguas".* Además, se hace referencia a la crecida del río Guadiana, como consecuencia también del tsunami: *"El río Guadiana salió de madre exorbitantemente, causando bastantes daños en sus riberas, pero el principal se padeció en aquella costa, donde destruyó las Compañías catalanas, valencianas y de la tierra, anegando el mucho número de personas y caudales que se dice en el capítulo de Huelva."* Por último, Martínez Solares (2001) hace referencia a lo acontecido en Torre Canela del siguiente modo: *"Respecto a Ayamonte existe otra referencia (Díaz Santos,1990) en el que se cita que la venida del mar fue poco más de media hora después del terremoto y que la subida de las aguas llegó a la mitad de la Torre de Canela (de 17,9 m de altura) por cuanto deducimos que la ola debió de alcanzar casi los 13 metros si admitimos que la cota de la torre sobre el nivel del mar (4 m) no se ha modificado en estos casi 250 años."*

Interpretación: Inundación de las Marismas de Isla Cristina donde se ubica Torre Canela (+4 m) y desbordamiento lateral del río Guadiana (onda de Tsunami) hasta la zona de Ayamonte (+5 – 6 m) situada unos 4,5 km tierra adentro. El tsunami afectó a toda la zona litoral del sureste de la península ibérica (Santos y Koshimura, 2015). En Ayamonte fueron especialmente graves, tanto por las pérdidas materiales, como humanas. Las coordenadas que se le otorgan a dicho efecto son las que se recogen en el Nomenclátor Geográfico Básico de España, publicado por el Instituto Geográfico Nacional, para la Torre Isla Canela. La magnitud del tsunami fue muy importante ya que se estiman unos 1000 muertos.

Cuantificación: A partir de las descripciones se pueden extraer diferentes datos cuantitativos. La línea de inundación podemos situarla, cuanto menos, cercana al municipio de Ayamonte, donde el río salió de madre debido a la entrada de agua como consecuencia del tsunami. Resulta especialmente significativa la descripción de Torre Canela, Díaz Santos (1990), en función de la cual se puede estimar la altura de la ola, en ese punto de 13 metros a 1,9 km tierra adentro. Parece razonable, por tanto, que la línea de inundación llegase hasta las afueras de Ayamonte, entre 5,0 y 4,5 km tierra adentro inundando la totalidad de las marismas de Isla Cristina, dato que concuerda con la completa inundación de Castro-Marim situada a una cota de entre 6 a 13 m (Santos y Koshimura, 2015) en la margen portuguesa del Guadiana. Así, podemos estimar un *run-up* mínimo de unos 6-8 m, pero que pudo sobrepasar los 10 m localmente. Estos parámetros permiten asignar una intensidad mínima de IX ESI-07, e igualmente en la nueva escala de Tsunami Environmental Effects, TEE-16 (Lario *et al.*, 2016).



Imagen de Google Earth de la zona, Parque Natural Marismas de Isla Cristina, donde se ubica la Torre Canela.



Fotografía de la Torre Isla Canela, sobre la que su ubica el efecto y se cita en la descripción. www.infoayamonte.com

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX ESI-07 X TEE-16	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y sus consecuencias, algunas veces de manera exagerada o imprecisa.*

Referencias bibliográficas:

Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.
Díaz Santos, M. L. (1990). Ayamonte, Geografía e Historia. Diputación de Huelva. Huelva (Spain).
Santos, A. y Koshimura, S. (2015): Historical review of the 1755 Lisbon Tsunami. Journal of Geodesy and Geomatics Engineering, 1, 38-52.
Lario, J. *et al.* (2016): Improving the coastal record of tsunamis in the ESI-07 scale: Tsunami Environmental Effects Scale (TEE-16 scale). Geologica Acta, 14 (2).

Información Recopilada	*Pedro V. Gómez; Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.88.01 *88.01. La Montañina, Bollullos Par del Condado (Huelva)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/9

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
88 / Bollullos Par del Condado	6° 34' 54,26" O	37° 20' 45,39" N	121 m	300 Ha	318Km	OSO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Cuenca Neógena del Guadalquivir (Borde NO)	Pendiente del terreno	Muy suave (2-5%)
Descripción Geológica	Bollullos se ubica en la dehesa de Montañina. Se trata de una llanura aluvial de unas 300 ha de superficie que se encuadra en el borde NO de la Cuenca Neógena del Guadalquivir. La población se asienta sobre la formación pliocena de Arenas de Bonares, constituidas por arenas silíceas muy limpias de tonos versicolores o teñidas de rojo, consecuencia de la oxidación de materiales superiores.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calizas biogenéticas, arenas y conglomerados	Arenas versicolores	Estratificada	Semi-consolidada	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno Superior	Pliocuaternario	Sin identificar	0,10	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Adobe y Sillería	Iglesia y casas	Muchas (50%)	Grave	VI-VII EMS / VII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/9

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas; con respecto a la localidad de Bollullos Par del Condado y sus proximidades se cita que: *"Los efectos más particulares que de éste se han notado por este país, son haber quedado en la tierra varias bocas abiertas, de las cuales se mantienen algunas, y otros se han ido cerrando poco a poco, especialmente después que ha llovido. En la Dehesa de Montaniña, término de Bolullos [= Bollullos Par del Condado] se halla una como de veinte varas de circunferencia, que arrojó, a tiempo de abrirse, muchas aguas fétidas y arenas requemadas, que han desconocido los naturales que no sean propias de aquel término."* En otra de ellas se refleja algo similar: *"En varios sitios del término, se abrieron diferentes bocas en la tierra, por donde salió agua y arena. En la Dehesa de Montañina se rompió una abertura de más de 30 pasos de ancho, cuyo fondo se perdió de vista."* Además, también en la misma línea se refleja este hecho, aunque de manera más escueta, en el informe remitido desde Sevilla: *"En Bolullos del Condado [= Bolullos Par del Condado], abiértose varias cuevas arrojando gran porción de agua y arena."*

Interpretación: A lo largo de la costa litoral atlántica andaluza se suceden numerosos efectos de licuefacción a consecuencia del terremoto, y la gran mayoría de ellos se producen en zonas donde los materiales predominantes son arenas, limos y arcillas, y se localizan en la zona más litoral de la cuenca del Guadalquivir, como por ejemplo Bonares, Niebla, Almonte, Isla Mayor o Coria. Algo similar ocurre en la parte más litoral del cauce del río Guadiana, donde se repiten estos mismos efectos con las mismas características en los materiales, tal y como sucede en Ayamonte o La Redondela. La localización de estos efectos sigue un mismo patrón, en zonas con materiales arenosos poco consolidados. En el caso de Bollullos no se trata de una zona litoral o de marisma pero sí de terrenos donde predominan diferentes tipos de formaciones arenosas neógenas, tal y como la formación de Arenas de Bonares. Las bocas se suceden en varios sitios del término, pero la más característica de ellas se sucede en lo que se conoce como la dehesa de Montañina, con una superficie de aproximadamente 300 ha frente a las 4934 ha con las que cuenta el municipio, donde además se abrió una abertura de grandes dimensiones (tipo cráter). En las distintas imágenes aéreas y ortofotos de la zona se observan abundantes manchas blancas (arenosas) que resaltan en los terrenos labrados, que podrían interpretarse como algunas de las bocas que se abrieron en la zona, aunque se necesitarían estudios específicos al respecto.

Cuantificación: A diferencia de la mayoría de descripciones de las que se dispone de la época en las que se hace referencia a procesos de licuefacción, en esta se dispone de una información muy detallada de las dimensiones de la abertura, lo que permite una mejor cuantificación. Atendiendo al sistema de medidas antiguo castellano (pasos y varas), la abertura tendría un diámetro significativo de unos 17 m (varas) a 41 m (pasos) según las descripciones. Es bastante significativo, también, el hecho de que se abrieran varias de estas bocas en todo el término, indicando que los procesos de licuefacción y eyección de agua fueron frecuentes y numerosos en todo el entorno de la Dehesa tal y como se describe. En base a estos parámetros se le puede asignar una intensidad IX ESI-07, pese a que la intensidad general de la zona y del resto de efectos ambientales sea catalogada como VII MSK y VIII ESI-07.



Imagen de Google Earth de la zona, Coria del Río, con la ubicación interpretativa del EEE.



Imagen del Mapa Topográfico Nacional MNT 50

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras se detectan carencias importantes de información, exageraciones e imprecisiones. Pese a todo se dispone de un gran volumen de información.*

Referencias bibliográficas:	Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.		
Información Recopilada	*Pedro V. Gómez, Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.90.01 *90.01. Bonares (Huelva)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
90 / Bonares	6° 41' 02,30" O	37° 19' 15,96" N	72 m	65,23 Km²	Km	OSO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Depresión del Guadalquivir (Valle del Río Tinto)	Pendiente del terreno	Suave (5-10%)
Descripción Geológica	La zona se encuadra en el borde NO de la Depresión del Guadalquivir, en la margen izquierda del río Tinto. Se trata de una zona donde los materiales del terreno son en su mayoría de carácter arenoso. Destacan en la zona las formaciones neógenas de Arenas de Huelva y las Arenas de Bonares que constituyen el sustrato geológico sobre el que se asientan los materiales cuaternarios del valle del Río Tinto.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Limos arenosos	Arenas	Sin identificar	Semi-consolidado	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475} IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno Superior	Pliocuaternario	Sin identificar	0,10	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Adobe, Mampostería y Sillería	Casas, Iglesias y Edificios Históricos	Múltiples (75%)	Destructivo	VII-VIII EMS / VIII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/8

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas. Con respecto a Bonares y sus proximidades se dispone de información detallada en cuanto a los daños ocasionados por el terremoto, si bien en cuanto a los efectos ambientales ocasionados por el mismo, la información es más bien escueta. Así se cita que: *"En las arenas que distan de este lugar media legua se han visto diferentes bocas que arrojaron porción de agua dentro de las huertas que están en dicho sitio, dejándolas con porción de arena de color tostado fétidas y azufrosas."*

Interpretación: A lo largo de la costa litoral atlántica andaluza se suceden numerosos efectos de licuefacción a consecuencia del terremoto, y la gran mayoría de ellos se producen en zonas donde los materiales predominantes son arenas, limos y arcillas, y se localizan en la zona más litoral de la cuenca del Guadalquivir, como por ejemplo Niebla, Bollullos Par del Condado, Almonte, Isla Mayor o Coria. Algo similar ocurre en el curso bajo del río Guadiana, donde se repiten estos mismos efectos con las mismas características en los materiales, tal y como sucede en Ayamonte o La Redondela. La localización de estos efectos sigue un mismo patrón, se trata de materiales arenosos poco consolidados, que en el caso que nos ocupa responden a la formación pliocuaternaria de Arenas de Bonares. Dado que una legua equivale a 6.687 m, el proceso de licuefacción que nos ocupa ocurrió en un radio de c. 3.300 m alrededor de la localidad de Bonares. Dado que las descripciones indican que afectó a las huertas todo hace suponer que los procesos de licuefacción tuvieron lugar en el entorno del valle del Río Tinto, al Oeste de Bonares, en cuya vega baja se interpreta la localización del EEE catalogado en la presente ficha (próximo a la desembocadura del Arroyo Valperdío). Las características químicas de las aguas superficiales y subterráneas asociadas al río Tinto justifican las características fétidas y azufrosas del agua y arenas eyectadas en superficie.

Cuantificación: Pese a la vaguedad en la reseña y la falta de detalle en cuanto a las dimensiones de las bocas, es bastante significativo el hecho de que se abrieran *"diferentes bocas"*, de este modo, puesto que tal y como se describe, los procesos de licuefacción y eyección de agua fueron frecuentes y numerosos en la zona, puede consignarse una intensidad mínima de VIII ESI-07, que a juzgar por las intensidades EMS (VII-VIII) y MSK (VIII) asignadas a esta localidad es coherente con los datos.



Imagen de Google Earth de la zona, Bonares, con la ubicación del EEE sobre el núcleo urbano.



Mapa Topográfico Nacional MNT25. Bonares.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras se detectan carencias importantes de información, exageraciones e imprecisiones. Pese a todo se dispone de un gran volumen de información.*

Referencias bibliográficas:	Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.		
Información Recopilada	*Pedro V. Gómez, Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.108.01 *108.01 Cádiz*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	TSUNAMI: TS/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
108 / Cádiz	6° 17' 02,92" O	36° 31' 18,16" N	10 m	12,30 Km²	332 Km	O	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Zona litoral (tómbolo y antigua isla rocosa)	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	La ciudad de Cádiz se encuentra ubicada sobre un tómbolo compuesto por conglomerados cementados con ostras y Pectínidos, y que se une a través de un istmo con la Isla de León (San Fernando). Da nombre a la formación geológica de la zona, conocida como la Bahía de Cádiz, donde predominan los suelos arcillosos y salitrosos.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Conglomerados cementados con ostras	Conglomerados cementados con ostras	Sin identificar	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475} IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno Superior	Plioceno Superior	Sin identificar	0,10	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Adobe, Mampostería y Sillería	Casas, Iglesias, Muralla	Múltiples (25%)	Grave	VI EMS / VII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	TSUNAMI: TS/8

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas; con respecto a Cádiz y sus proximidades se cita que: *"... porque a la horade haber sucedido el terremoto, se advirtió que, con acelerado impulso, ascendieron las aguas del mar por todas partes, derribando por la de la Caleta gran parte de los parapetos de su muralla de piedra, que arrojó en desmedida pedazos a cuarenta varas de distancia, inundando el barrio de la Viña, que está al frente de la expresada muralla y por las Puertas de Sevilla y del Mar, entró éste, con tanta rapidez, que por la primera llegó a bañar las casas de su parte y por la segunda hasta la playa Real, habiendo maltratado muchas embarcaciones menores de las que se hallaban en la bahía y hecho otros daños en el muelle, siendo mucho mayor el que acaeció en la frente de Tierra de esta Plaza, que habiéndose juntado los dos mares de las playas que llaman Santa María y Puntales al Norte y Sur, arruinó muchas casillas de aquel sitio, quedando sumergida alguna gente. Destruyó esta inundación todo el Arrecife, hecho para comunicación desde esta ciudad a la población de la Isla de León, dejándola intransitable, de suerte y para poder hacer este viaje es forzoso esperar la bajamar y caminar por la citada playa de Santa María".* En otro informe se dice que: *"Las ruinas, y desgracias de las aguas no se han podido verificar enteramente, pero en la parte de la Caleta los tres golpes del agua arrancaron el pretil, o cenefa, de la muralla por diferentes partes, hasta la cantidad de 300 varas, y arrojó pedazos enteros de 6 y 7 varas, que cada uno pesará 100 quintales (antes más que menos) a distancia de 80 varas; de modo que se hará casi increible a quien no lo haya visto. Abrió toda la muralla de aquella parte, e hizo notables daños, pues en todo aquel barrio llamado la Viña, se inundaron de agua las casas, y se hallaron a poco rato, retrocedidas dichas aguas, algunos cadáveres y multitud de varios peces. Por la Puerta de la Mar entraron las aguas hasta la Plaza de San Juan de Dios; por la de Sevilla hasta la esquina dela de San Agustín, y casa del Correo, y por debajo de la Recova hasta mediados de la calle de Juan de las Andas."*

Interpretación: El tsunami afectó notablemente a toda la zona litoral del sureste de la Península Ibérica haciendo especial daño en localidades como Ayamonte, Huelva, Cádiz o Conil, entre otras. Destaca sobre manera la zona de la Bahía de Cádiz, donde se encuentra ubicada la propia ciudad de Cádiz. Se trata de una zona especialmente vulnerable ya que se sitúa en lo que se llama, geográficamente, un tómbolo (cuando se une una isla al continente por un istmo muy fino). Debido a esto, la fuerza y el ímpetu del mar se sobrevino sobre Cádiz por muchos puntos diferentes, inundando diversas zonas y provocando unos daños cuantiosos, como se recoge en las descripciones descritas por Martínez Solares (2001). Así, el barrio bajo de la Viña, frente a la Puerta de la Caleta (18) fue el peor parado ya que fue sobre este donde impactó la primera ola. Otros puntos de inundación fueron la Puerta del Mar (6) y la Puerta de Sevilla (8).

Cuantificación: A partir de las descripciones se pueden extraer diferentes datos cuantitativos. Así, la información que se aporta detalla que el nivel del agua inundó una zona de 200 m en todo su perímetro, de forma que aisló toda la ciudad cubriendo por completo el istmo que la une con la Isla de León. Se estima una altura de la ola mínima de en torno a los 6 metros y un *runup* de entre 18 y 14 m al menos a lo largo de la zona de La Caleta y del frente Atlántico de la Ciudad. En función de estos parámetros, se estima una intensidad mínima de grado VIII ESI-07 e igualmente en la nueva escala de Tsunami Environmental Effects, TEE-16 (Lario *et al.*, 2016).

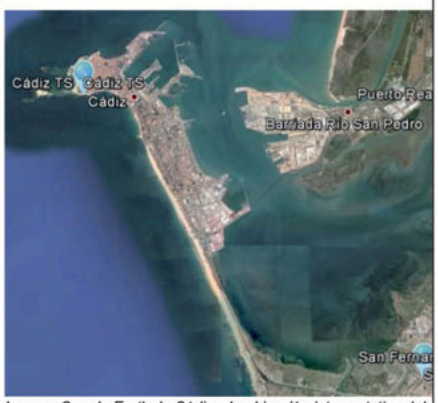
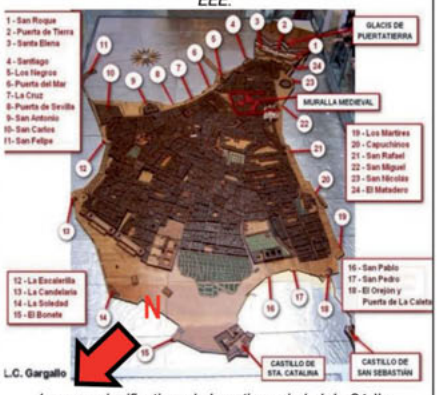


Imagen Google Earth de Cádiz y la ubicación interpretativa del EEE.



Lugares significativos de la antigua ciudad de Cádiz. www.castillosnet.org

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII ESI-07 VIII TEE-16	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras con exageraciones e imprecisiones.*

Referencias bibliográficas: Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.
Lario, J. *et al.* (2016): Improving the coastal record of tsunamis in the ESI-07 scale: Tsunami Environmental Effects Scale (TEE-16 scale). Geologica Acta, 14 (2).

Información Recopilada	*Pedro V. Gómez, Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.119.01 *119.01. Cañete de las Torres (Córdoba)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/6 GK

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
119 / Cañete de las Torres	4°19'03,82" O	37°52'02,28" N	319 m	103,52 Km²	525 Km	SO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Depresión del Guadalquivir	Pendiente del terreno	Muy suave (2-5%)
Descripción Geológica	El municipio de Cañete de las Torres se encuentra ubicado en la Depresión del Guadalquivir, en las cercanías de Bujalance (Córdoba). Se ubica sobre una unidad de conglomerados, arenas, limos rojos y caliches, que constituye la superficie pre-incisión del río Guadalquivir en la zona a c. +200 m en la margen derecha del valle. Estos aparecen en pequeños retazos siendo el sustrato dominante las alternancias de areniscas y margas del Mioceno Superior.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Areniscas y Margas	Conglomerados, areniscas y limos rojos	Sin determinar	Semi-Consolidado	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno Superior	Pliocuaternario	Sin determinar	0,10	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Adobe, Mampostería y Sillería	Casas, Iglesias y Ermitas	Varias (25%)	Moderado	VI-VII EMS / VII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO:GK/6

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas; con respecto a la localidad de Cañete de las Torres se dispone, en cuanto a efectos de fracturación del terreno, de una descripción en el informe remitido desde Cádiz en el que se cita que: *"En Luque se ha hecho una abertura en la tierra, y hay otra semejante en Cañete de las Torres, de la que se ha visto salir un humo maloliente."*

Interpretación: Como consecuencia del terremoto, son varios los efectos registrados de agrietamiento y fracturación en el terreno a lo largo de la Cordillera Bética como Luque, Quesada o Montoro. En cuanto a la geomorfología de la zona, el paisaje se encuentra suavemente ondulado, como corresponde a la naturaleza eminentemente margosa de los sedimentos, y a las areniscas poco consolidadas suprayacentes. El mapa geológico (Magna de Bujalance; Hoja 954) identifica un importante sistema de fracturación en el entorno de Cañete de dirección OSO-ENE y NNE-SSO. El primer sistema, de mayor longitud, condiciona el curso del arroyo sobre el que se ubica la localidad en su zona meridional, atravesando la población, donde se podría ubicar el efecto catalogado. Podría interpretarse que los cambios de esfuerzos provocados por el tránsito de las ondas sísmicas pudieran haber reactivado parcialmente alguna de esas fracturas, especialmente la mencionada anteriormente que atraviesa la localidad. Por otro lado, la reseña de "emisión de humo mal oliente" se interpreta como emanaciones de gases sulfurosos, efecto que es frecuente en terremotos que afectan a acuíferos algo profundos en contacto con materiales metamórficos pizarrosos o sedimentarios ricos en materia orgánica. Estos últimos podrían corresponder con las margas grisáceas-azules mesinienses que en la zona se sitúan a unos 400 m de profundidad. En cualquier caso, la ubicación del EEE se ha situado de forma interpretativa, y dado que no se dispone de información que permita una correcta ubicación del mismo, en el núcleo urbano de la citada localidad. Este punto viene definido por el Nomenclátor Geográfico de Municipios y Entidades de Población, publicado por el IGN (Instituto Geográfico Nacional), con sus correspondientes coordenadas.

Cuantificación: Pese a lo escueto de la reseña y la falta de detalle en cuanto a las dimensiones de la abertura, puede decirse que esta sería lo suficientemente notoria en longitud y anchura para que quedase reseñada en los informes, es decir, longitud métrica y apertura decimétrica, que en los materiales sedimentarios sobre los que se sitúa, puede catalogarse con una intensidad máxima VII ESI-07, por otro lado coherente con las intensidades MSK (VII) y EMS (VI-VII) asignadas a la zona. No obstante, la emisión de gases sulfurosos en procesos de agrietamiento se contempla en la escala ESI-07 a partir de intensidad mínima VIII. Descripciones más detalladas de estos efectos se encuentran en Montoro o Quesada.



Imagen de Google Earth de Cañete de las Torres, con la ubicación interpretativa del EEE.



Mapa Topográfico Nacional MNT25. Cañete de las Torres

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VI-VII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras se detectan carencias importantes de información, exageraciones e imprecisiones. Pese a todo se dispone de un gran volumen de información.*

Referencias bibliográficas:	Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.		
Información Recopilada	*Pedro V. Gómez; Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.127.01 *127.01. Cartagena (Murcia)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/6

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
127 / Cartagena	0° 58' 55,58" O	37° 36' 00,62" N	67 m	Km²	809 Km	OSO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Zona litoral (acantilada)	Pendiente del terreno	Suave (5-10%)
Descripción Geológica	Cartagena se encuentra situada junto a la línea de costa en el sureste de la Península Ibérica. En sus proximidades hay numerosos promontorios o elevaciones de terreno, incluso uno en torno al cual se fundó la ciudad y donde se ubica el Castillo de la Concepción. Se trata de una bahía protegida por relieves acantilados que da lugar al importante puerto natural, razón de la fundación de la antigua *Cartago Nova* cartaginesa.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentaria	Dolomías negras y calizas	Estratificada	Consolidado	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Triásico Medio-Superior	Sin identificar	0,11	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguno	IV EMS / IV MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO:GK/6

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas. Con respecto a la localidad de Cartagena se dispone, en cuanto a efectos de fracturación del terreno, de una descripción en el informe remitido desde Murcia en el que se cita que: *"...y sólo en el puerto que llaman de Cartajena [= Cartagena], distante de esta ciudad más de dos [sic; querrá decir «diez». FRT] leguas, se abrió un pedazo de monte peñascoso, cuya abertura me aseguran será de media vara y que su ruina amenaza sobre el propio camino."*

Interpretación: Como consecuencia del terremoto, son varios los efectos registrados de agrietamiento y fracturación en el terreno a lo largo de la Cordillera Bética como Luque, Cañete de las Torres, Quesada o Montoro. En Murcia, a 45 km, también se sucedieron efectos de fracturación en la antigua Plaza del Arenal. En cuanto a la ubicación del efecto, resulta complejo situar el punto concreto al que se refieren las descripciones, ya que el término de "*monte peñascoso*" resulta bastante ambiguo. Tal y como se muestra en las imágenes que acompañan al presente documento son muchas las colinas o promontorios de terreno que hay en Cartagena y sus alrededores, pero teniendo en cuenta que la mayoría de efectos catalogados de este tipo son en zonas donde antiguamente se residía o transitaba, parece claro que el efecto se sitúa en la proximidades del camino que unía la ciudad y el propio puerto de Cartagena donde se ubica el efecto. Se ha optado por situar el EEE en la vertiente meridional más escarpada de la colina sobre la que se fundó la ciudad, donde se ubica el Castillo de la Concepción. En cuanto a los materiales afectados de los que se componen esos promontorios de terreno, se trata mayoritariamente de dolomías negras y calizas del complejo Alpujárride inferior. En cualquier caso, y dada la gran distancia de esta zona al epicentro, tiene que tratarse de un efecto relacionado con un claro proceso de amplificación topográfica, es decir, un proceso de agrietamiento relacionado con el inicio de un proceso de desprendimiento que no fructificó.

Cuantificación: Pese a lo escueto de la reseña y la falta de detalle en cuanto a la abertura, podemos extraer algunas conclusiones que permitan realizar una cuantificación correcta del efecto. En cuanto a la anchura (abertura) de esta, según las descripciones, es de *"media vara"* (1 vara = 0,8359 m), por lo que sería de no más de 50 cm. No obstante, tendría una longitud significativa, ya que su derrumbe ocasionaría la ruina del camino del puerto de Cartagena. Dado estos parámetros, se puede catalogar con intensidad mínima VI ESI-07, aclarando que se trata de un efecto de amplificación topográfica local en la parte superior de la pared meridional del promontorio rocoso sobre el que se fundó *Cartago Nova*. La amplificación en este promontorio rocoso superó en dos grados la intensidad general que se le asigna a la zona de IV grados en las escalas MSK y EMS.



Imagen de Google Earth del emplazamiento de Cartagena, con la ubicación interpretativa del EEE.



Fotografía de la geomorfología del terreno desde los restos del Teatro romano de Cartagena.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VI	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras se detectan carencias importantes de información, exageraciones e imprecisiones. Pese a todo se dispone de un gran volumen de información.*

Referencias bibliográficas:	Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.		
Información Recopilada	*Pedro V. Gómez; Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.133.01 *133.01. Cazorla (Jaén)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7 

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
133 / Cazorla	2° 59' 29,35" O	37° 54' 39,93" N	1241 m	305,40 Km²	640 Km	OSO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Relieve en cuesta (escamas tectónicas)	Pendiente del terreno	Escarpada (50-70%)
Descripción Geológica	Cazorla (Jaén) se encuentra a caballo entre la zona Prebética, que se extienden al Oeste, y la depresión del Guadalquivir que lo hace hacia el Este. Sobre la localidad se alza la sierra que lleva su mismo nombre con cantiles muy elevados en todo el perímetro del valle de Cerezuelo (que atraviesa la localidad) en los que son comunes los procesos de caídas de rocas. Los relieves de la Sierra representan relieves estructurales (tipo cuesta) desarrollados sobre escamas tectónicas cabalgadas entre sí. A la base de los frentes de las mencionadas escamas se sitúa la localidad de Cazorla.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario	Dolomías masivas y calizas blancas	Masiva	Consolidados	I (1,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475} IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Jurásico	Jurásico	Sin identificar	0,08	Histórica

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	V-VI EMS / VI MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas. Con respecto a Cazorla y sus proximidades se dispone de una única reseña en uno de los documentos transcritos de la Real Academia de la Historia. Así, se cita que: *"Fue a las 9 y 3 cuartos con la permanencia de 6 a 7 minutos; no se libertaron los edificios de algún daño con especialidad los de más resistencia, corrieron turbias algunas fuentes, y se notó haberse roto algunos peñascos de las cercanías y aun desprendiéndose otros del lugar que ocupaban."*

Interpretación: Resulta compleja cualquier posible interpretación de los hechos ocurridos como consecuencia del terremoto a partir, únicamente, de la descripción anterior, por lo que consideramos que no se disponen de datos suficientes para poder catalogar el daño ocurrido. De ella se extrae que, además del citado efecto de movimientos de ladera, ocurren también efectos hidrogeológicos (HD) como turbidez en las fuentes *"corrieron turbias algunas fuentes"*. La caída rocas y el desprendimiento de materiales son comunes en otros municipios vecinos como Quesada, Segura de la Sierra o Jimena, entre otros; hay catalogados cerca de 10 efectos de este tipo entre las provincias de Córdoba, Jaén y Granada, por lo que son una constante en este área englobada en la Cordillera Bética. En el caso de Cazorla, lo más probable es que estos desprendimientos se produjeran en la parte frontal de las cuestas tectónicas a cuyo pie se sitúa la localidad. Estas presentan cantiles superiores muy verticales, con numerosos bloques desprendidos y grandes cicatrices (*scars*) de procesos de desprendimiento de gran entidad. Estas zonas propensas a fenómenos de desprendimiento necesitan poca excitación sísmica para dar lugar a los mismos. En concreto, la vertiente occidental de la Sierra de Cazorla, de dirección aproximada N 35° E, es donde se ha situado el EEE catalogado, interpretando que el efecto ocurrió en esa zona, cuyos bloques desprendidos pudieron llegar incluso hasta las inmediaciones de la localidad al rodar por las pronunciadas pendientes.

Cuantificación: Pese a lo escueto de la reseña y la falta de datos que permitan establecer el volumen de tierra o roca desplazado, así como detalles sobre el efecto tales como la orientación o áreas afectadas, el tipo de material afectado, etc., podemos generarnos una ligera idea de la magnitud del fenómeno. Parece así, que los efectos de desprendimiento de rocas y rotura de estas fueron frecuentes, dado que no se particulariza y se habla de rotura de *"algunos peñascos"* y *"desprendimientos de otros"*. Con todo ello, y ante la falta de datos más precisos, podemos asignar a este EEE una intensidad máxima de VII ESI-07, que como en otros casos similares catalogados se trataría de un caso de amplificación topográfica local a tener en cuenta.



Imagen de Google Earth de la localidad de Cazorla, con la ubicación interpretativa del EEE.



Fotografía de Cazorla con escarpados relieves a su espalda (Sierra de Cazorla), y la ubicación interpretativa del EEE. www.andalucia.org

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras se detectan carencias importantes de información, exageraciones e imprecisiones. Pese a todo se dispone de un gran volumen de información.*

Referencias bibliográficas:	Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.		
Información Recopilada	*Pedro V. Gómez, Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.137.02 *137.02. Chiclana de la Frontera (Cádiz)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	TSUNAMI: TS/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
137 / Chiclana de la Frontera	6° 08' 46,34" O	36° 25' 06,13" N	13 m	205,45Km²	344 Km	O	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Zona litoral (playa y marismas)	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	Zona litoral, de extensas áreas con barras litorales, playas, sistemas eólicos asociados y zonas pantanosas o marismas salobres, situadas la Bahía de Cádiz en la desembocadura del río Petri, marcando el comienzo del Paraje Natural Marismas de Sancti Petri. La zona es surcada por numerosos esteros y cauces y zonas inundables durante marea alta y los materiales que predominan son las arenas y las arcillas propias de marismas salobres, poco consolidadas, pertenecientes al Holoceno.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: arenas y arcillas	Arenas y arcillas	Sin identificar	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475} IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cuaternario	Cuaternario (Holoceno)	< 6000 BP	0,10	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Al hueso, Adobe, Mampostería y Sillería	Casas, Castillo y Barracas	Varias (25%)	Moderado	VI EMS / VII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	TSUNAMI: TS/8

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas; con respecto a Chiclana de la Frontera y sus proximidades se cita que: "*...se oyó por la parte del Sur, una espantosa armonía, o rugidos del mar, que venía a ocupar el espacio de la tierra, y a breves momentos de tiempo, se descubrió venía caminando por frente de la torre del castillo de Sancti Petri, una ola de agua o (según la vulgaridad de los naúticos) cáncamo de mar en forma de muro, de elevación otro tanto más de altura que la del citado Castillo, a la que seguía a corta distancia otro muro de agua más elevado, y a este otro de mucha más altura, los cuales acrecentando el ruido, se acercaron para tierra, y llegaron a la barra, chocando impetuosamente con las rocas de ella, y disponiéndose el agua se introdujo, ocupando toda la parte de tierra, y hueco del río de Sancti Petri, en cuya situación, como en toda la playa de término de la ciudad de Cádiz, sumergió y ahogó a cuantos cogió, sus bagajes y carruajes, haciendo por tres veces el mar impetuosas y dilatadas retiradas y salidas de sus límites, sin haber perdonado a su furia cuantas barracas y casas estaban situadas en la ribera de dicho río de Sancti Petri. Por el río de esta villa se entró un golpe de agua tan agitado y corpulento que, en un instante, se halló ocupado su vacío como en la plenamar de la más robusta cabeza de agua y marea viva, aunque con movimientos tan extraordinarios e irregulares, que no llevaba el agua el fijo recto por el canal, y sí culebreando de la ribera del Norte a la del Sur de dicho río, con extraordinario impulso por tres veces, y habiendo cesado este movimiento, sin detención, volvieron las aguas a retroceder, tomando su fijo recto y por el cual de dicho río hacia la bahía de esa ciudad, con mucha más presteza y precipitado ímpetu, que el que en los flujos y reflujos de la mar estamos hechos a ver en el mencionado río, que se alimenta de las aguas de él.*"

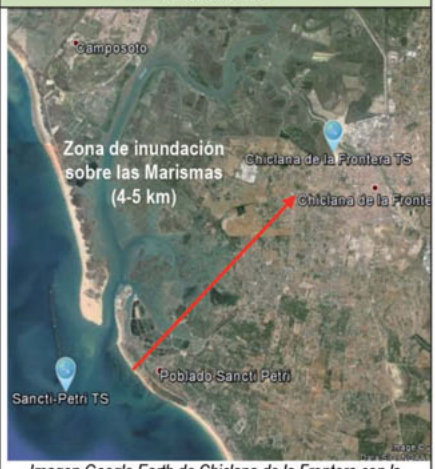


Imagen Google Earth de Chiclana de la Frontera con la ubicación de los EEEs sobre el Castillo de Sancti-Petri y sobre el límite al que llegó la inundación en Chiclana.

Interpretación: El tsunami afectó notablemente a toda la zona litoral del sureste de la Península Ibérica siendo los daños materiales y humanos más o menos elevados en función de la proximidad de construcciones a la zona costera, y haciendo especial daño en localidades como Ayamonte, Huelva, Cádiz o Conil, entre otras. La totalidad de la Bahía de Cádiz, donde se encuentra la localidad Chiclana de la Frontera, se vio afectada notablemente. Se trata de una zona muy vulnerable a cambios en las mareas dado que su nivel es ligeramente superior al de las pleamares de aguas vivas. En el caso de Chiclana, el agua anegó por completo las marismas asociadas al río Petri que separan a dicho municipio de la línea de costa (4-5 km). El tsunami no llegó a afectar a la población (13 m sobre el nivel del mar), pero la onda de crecida subió por el curso del río hasta sus inmediaciones, unos 8 km tierra adentro, por donde "*entró un golpe de agua agitado y corpulento*".



Fotografía del Castillo de Sancti-Petri. www.ines.es

Cuantificación: A partir de las descripciones se pueden extraer diferentes datos cuantitativos. Así, la información que se aporta detalla que la ola tenía una elevación "*otro tanto más que la del Castillo de Sancti-Petri*", lo que equivale a una altura de la ola, al menos, superior a 9 m (altura sobre el nivel del mar de la parte superior de la fortaleza). Además, se estima una zona de inundación de en torno a 4 km desde la línea de costa ya que "*(las olas) llegaron a la barra, chocando impetuosamente con las rocas de ella, y disponiéndose el agua se introdujo, ocupando toda la parte de tierra, y hueco del río de Sancti Petri*". Se puede estimar, por tanto, un *runup* de entre 5-6 m., ocupando una zona aproximada de 60 km² (Parque Natural Bahía de Cádiz y Marismas de Sancti-Petri). En función de estos parámetros se estima una intensidad mínima de grado VIII ESI-07 e igualmente en la nueva escala de Tsunami Environmental Effects, TEE-16 (Lario *et al.*, 2016).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII ESI-07 VIII TEE-16	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras con exageraciones.*

Referencias bibliográficas:	Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp. Lario, J. *et al.* (2016): Improving the coastal record of tsunamis in the ESI-07 scale: Tsunami Environmental Effects Scale (TEE-16 scale). Geologica Acta, 14 (2).

Información Recopilada	*Pedro V. Gómez, Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.139.01 *139.01. Santuario de Regla, Chipiona (Cádiz)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	TSUNAMI: TS/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
139 / Chipiona	6° 26' 19,16" O	36° 43' 46,77" N	7m	32,91 Km²	318Km	OSO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Zona litoral (playa)	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	El municipio de Chipiona se encuentra ubicada al sur de la desembocadura del río Guadalquivir, concretamente en el borde SO de la Depresión del Guadalquivir, ocupando la zona final de esta en su contacto con el mar. En cuanto a la geología del terreno, destacan las grandes llanuras cuaternarias, predominando en esta zona las arenas, con cantos y restos fósiles marinos como conchas en las áreas ocupadas por las playas (Holoceno) y materiales compuestos por arenas arcillosas con cantos de cuarzo sobre los que se ubica la población (Pleistoceno).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Arenas arcillosas	Arenas arcillosas	Sin identificar	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475} IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pleistoceno	Pleistoceno	Sin identificar	0,11	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Piedra	Corrales de Pesca	Algunas (5%)	Ligero	V EMS / VII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	TSUNAMI: TS/8

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas; con respecto a Chipiona y sus proximidades se cita que: "*..., se oyó un ruidoso estruendo hacia el mar, que llenó de pavor y miedo a los habitantes, los que solicitando la causa de este insulto, repararon haberse alterado el mar y salido de su curso con tal furia, que las olas o, por mejor decir, rollos de mar, que no sólo subieron por cima de los barrancos con bastante furia, inundando las calles y playa, sí también que arrancando quasi de cimientos todos los corrales de pesquería, sembró con sus piedras las calles que venían envueltas en el desordenado oleaje, cuya intespetuosa noticia alteró los ánimos de los fieles, de tal suerte que salieron los que en la Iglesia estaban. Y en sus casas y otros, pidiendo misericordia, y teniendo por el día fin del mundo, retirándose a los campos, del segundo asalto del mar, quedando solos en el pueblo parte de las Justicias y enfermos. Cuyo rigor no sólo vio el mar por la Puerta de la Mar de esta villa, sino que circunvalan toda la costa y montes grandes de arena que rodeaban el camino, y convento de Nuestra Señora Santa María de Regla, que por cima de dichos cerros entró el mar con tal furia que inundó todas o la mayor parte de las viñas que le enfrentaban,...*"

Interpretación: El tsunami afectó notablemente a toda la zona litoral del sureste de la Península Ibérica siendo los daños materiales y humanos más o menos elevados en función de la proximidad de construcciones a la zona costera, y haciendo especial daño en localidades como Ayamonte, Huelva, Cádiz o Conil, entre otras. En Chipiona, si bien los daños materiales no fueron muy elevados, a tenor de las descripciones e informes de la época, sí que tuvo efectos notables el tsunami desencadenado como consecuencia del terremoto. De estos informes no podemos extraer una estimación de la línea de inundación del terremoto, pero de ellos sí se aprecia que el mar se introdujo en el pueblo "*inundando las calles y playa, sí también que arrancando quasi de cimientos todos los corrales de pesquería, sembró con sus piedras las calles que venían envueltas en el desordenado oleaje*", y a tenor de los datos de poblaciones vecinas como Sanlúcar de Barrameda, en la que el agua llegó al menos 1000 metros tierra adentro, se estima que en Chipiona este dato puede ser cuanto menos similar.

Cuantificación: A partir de las descripciones se pueden extraer diferentes datos cuantitativos. Podemos estimar, el *runup* de al menos 6-7 m, cota a la que se encuentra el Santuario de Regla, siempre y cuando no haya variado desde 1755. Además, también podemos estimar la altura mínima de la ola del tsunami, puesto que en otro informe de la época se dice que: "*Y a la espalda del coro está un baluarte fundado sobre dichas barrancas, y tendrá de alto de 5 a 6 varas de la planicie de la plaza, y dicho baluarte está fundado sobre la misma arena, y por la muralla que mira al mar*". Más adelante se cita que: "*se vio que se elevaron tanto las olas, que arrojándose con violencia las aguas sobre el citado baluarte, y sobre las barrancas del convento, y cayeron sobre las paredes del convento, y corriendo por sus fosos inundaron la Iglesia y cercaron sus 2 costados hasta introducirse por la puerta principal de los Patios, que mira a el Levante.*" Así, puesto que 1 vara equivale a 0,8359, la altura mínima de la ola fue de 5 m. Por lo tanto, el grado de intensidad que se le otorga en función de estos parámetros es de, al menos, VIII en la escala ESI-07, pudiendo ser algún grado mayor a tenor de la definición de los grados. Según la nueva escala de Tsunami Environmental Effects, TEE-16 (Lario *et al.*, 2016), el grado que le corresponde es de VIII TEE-16.

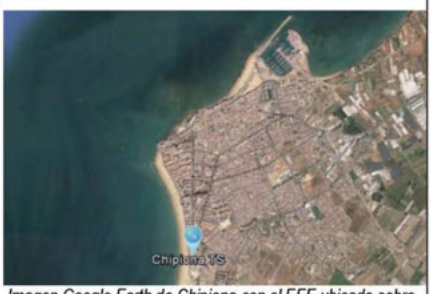


Imagen Google Earth de Chipiona con el EEE ubicado sobre el Santuario de Regla.



Postales antigua de Chipiona: Santuario y playa de Regla. www.libreriaraimundo.com

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII-IX ESI-07 VIII TEE-16	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras con exageraciones e imprecisiones.*

Referencias bibliográficas: Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.
Lario, J. *et al.* (2016): Improving the coastal record of tsunamis in the ESI-07 scale: Tsunami Environmental Effects Scale (TEE-16 scale). Geologica Acta, 14 (2).

Información Recopilada	*Pedro V. Gómez, Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.148.01 *148.01. Conil de la Frontera (Cádiz)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	TSUNAMI: TS/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
148 / Conil de la Frontera	6° 04' 46,76" O	36° 15' 14,50" N	4 m	88,50 Km²	352 Km	O	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Zona litoral (playas y barras litorales)	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	Zona litoral de extensas áreas con playas y barras litorales asociadas situada en la margen derecha, junto a la desembocadura del río Salado. Estas barras cierran una zona de antigua marisma, conocida como el Prado de Potros. Los materiales predominantes son de carácter sedimentario y están compuestos en su mayoría por arenas y arcillas.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: limos y arenas	Arenas y conchas	Sin identificar	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cuaternario	Cuaternario (Holoceno)	< 6000 BP	0,19	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Adobe, Mampostería y Sillería	Casas, Iglesias	Varias (25%)	Moderado	VEMS / VI MSK

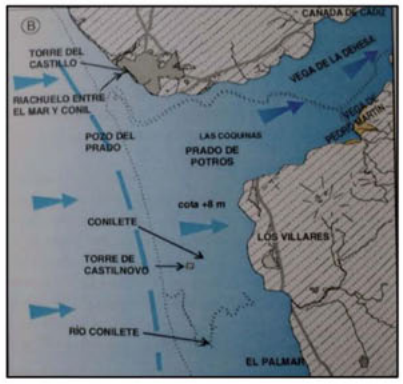
EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	TSUNAMI: TS/8

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas; con respecto a Sanlúcar de Barrameda y sus proximidades se cita que: *"Y en los mismos términos se retiró el mar (que estaba pacífico, sin novedad, y por sus regulares márgenes) y después se redujo a su sitio e instantáneamente el mar se levantó superiormente y cayó un gran golpe con sobrado estrépito esparciendo sus olas por entonces por lo dilatado de la playa, y aumentando del furor y extensión, arruinó la espaciosa fuerte Casa Charca, con la antigua que tenía en Castilnovo, sin que quedase de aquella de uso más que el almacén de la sal, cuatro de diferentes individuos, otras tantas casillas de campo, la torre en la costa llamada la Chica, fuente de el común, que habiéndose pocos días antes finalizado (aunque no su calzada) con bastante quebranto por falta de medios, no con poco dolor se miran sus fragmentos. Inundó el prado de Potros, y muchas sementeras de otros vecinos, inutilizando la tierra por ahora, y por algún tiempo. Subió a lo alto de la villa y se metió por partes legua y media dentro de tierra. Un hombre que anduvo mucho tiempo fluctuando entre las olas y, al fin, escapó, dijo que había sentido las aguas muy calientes. Arrancaron estas por el pie de la torre redonda, que llaman Chiquita, situada en la Dehesa del Palmar, y habiéndola hecho 3 trozos, caminaron con ellos a larga distancia de su asiento."*

Interpretación: El tsunami afectó notablemente a toda la zona litoral del sureste de la Península Ibérica siendo los daños materiales y humanos más o menos elevados en función de la proximidad de construcciones a la zona costera, y haciendo especial daño en localidades como Ayamonte, Huelva, Cádiz o Conil, entre otras. A tenor de las descripciones e informes de la época, se produjo una inundación en la costa de Conil de la Frontera y arrasó incluso un poblado en construcción junto a la Torre de Castilnovo, llamado Conilete, y del cual aún se conservan algunas ruinas. Los estudios llevados a cabo por De Luque Ripoll (2002) han servido para identificar dos abanicos de derrame (*washover fans*) asociados a dicho tsunami y situados entre Conil y la Torre de Castilnovo, en donde a través del estudio de sondeos llevados a cabo, De Luque interpreta la presencia secuencias deposicionales granodecrecientes que se repiten dentro de cada abanico. Así, asocia el significado de estas diferentes secuencias a las tres olas principales que llegaron a las costas de Cádiz, quedando registro geológico del evento.

Cuantificación: A partir de las descripciones se pueden extraer diferentes datos cuantitativos. Así, la información que se aporta detalla que el nivel del agua se introdujo *"legua y media dentro de tierra"*, lo que equivale a 8,3 km (1 legua = 5572,7 m) lo que parece un dato algo exagerado, pero sí se estima que al menos se introdujo entre 3 y 4 km. En función de esto podemos estimar como valor probable del *runup* de +8 m dado que como recoge De Luque (2002) la cota de la llanura es de +2 a +3 m, en la Vega llega desde +4 rn en las zonas bajas hasta +9 m cerca de la carretera de Cádiz. Una vez realizado el mapa de distribución de zonas inundadas, la cota del *runup* parece acercarse a los +8 m, siendo una de las más altas alcanzadas por el tsunami en la costa del sur de España, lo cual pudo verse favorecido por la orientación de la costa (N-S) sobre la cual el tsunami incidiría frontalmente. En total se inundaron unos 12 km de costa entre Conil y el Cabo de Trafalgar (donde también se registran EEEs; De Luque 2002). En función de estos parámetros se estima una intensidad mínima de grado VIII ESI-07 e igualmente en la nueva escala de Tsunami Environmental Effects, TEE-16 (Lario *et al.*, 2016).





Simulación de la inundación provocada por el tsunami (De Luque Ripoll, 2002)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII ESI-07 VIII TEE-16	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras con exageraciones e imprecisiones.*

Referencias bibliográficas:

Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.
De Luque Ripoll, L. (2002). Cambios en los paleoambientes costeros del sur de la península Ibérica (España) durante el Holoceno. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. 343 pp.
Lario, J. *et al.* (2016): Improving the coastal record of tsunamis in the ESI-07 scale: Tsunami Environmental Effects Scale (TEE-16 scale). Geologica Acta, 14 (2).

Información Recopilada	*Pedro V. Gómez, Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.150.01 *150.01. Coria del Río (Sevilla)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
150 / Coria del Río	6° 03' 04,01" O	37° 17' 01,82" N	7 m	61,99 Km²	361 Km	OSO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura de inundación(comienzo de las marismas del Guadalquivir)	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	Llanura de inundación del río Guadalquivir. El municipio de Coria del Río se ubica en la margen derecha de este y marca, a nivel geológico, el comienzo de los materiales holocenos de las marismas del Guadalquivir, formados por arenas y limos, que se extienden progresivamente hacia la costa. Hay que resaltar que hasta tiempos romanos (siglo I a.C.) la zona de Coria constituía la desembocadura del Guadalquivir en el antiguo "*Lacus Lingustinus*", por lo que los rellenos sedimentarios en la zona son muy recientes.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: arenas	Arenas y limos	Sin identificar	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pliocuaternario	Cuaternario (Holoceno)	≤ 2.000 BP	0,09	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Adobe, Mampostería y Sillería	Casas, Iglesias y Edificios Históricos	Múltiples (75%)	Destructivo	VIII EMS / VIII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/8

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas. Con respecto a Sevilla y sus proximidades se dispone de bastante información en cuanto a los daños ocasionados por el terremoto y a lo sucedido en los días anteriores y posteriores, en especial en todo lo que acontece a la ciudad de Sevilla. Si bien, a la hora de evaluar los diferentes efectos en las localidades vecinas las descripciones son más vagas y escuetas. Así se cita que: *"Dicen que en Coria [= Coria del Río] se abrió la tierra por distintas partes, echando agua inmunda, y a sus orillas delrío, copia de arenas plateadas."*

Interpretación: A lo largo de la costa litoral atlántica andaluza se suceden numerosos efectos de licuefacción a consecuencia del terremoto, y la gran mayoría de ellos son en zonas de marismas, de limos, arcillas o arenas, como por ejemplo en Ayamonte, en las Marismas de Isla Cristina, o en Almonte, en la Marisma del Rocío. Lo mismo ocurre en Isla Mayor, que sí está dentro de las denominadas Marismas de Doñana, se encuentra al igual que los efectos sucedidos en Coria del Río, muy próximos al cauce del río Guadalquivir, es decir, en ambos casos suceden en la zona inundable de las marismas en marea alta. El carácter de los materiales que se extienden a ambos márgenes del río Guadalquivir, arenas y limos, y un nivel freático muy superficial, hacen a esta zona especialmente propensa a sufrir procesos de licuefacción. En definitiva, se trata del punto más septentrional de las marismas del Guadalquivir donde se consignan procesos de licuefacción. Desde cierto punto de vista esto es lógico, ya que esta zona constituyó hasta época romana (siglo I a.C.) la desembocadura del Guadalquivir en el antiguo "*Lacus Ligustinus*" (actuales marismas) y los rellenos sedimentarios son muy recientes y escasamente consolidados (Silva *et al.*, 2015). Por las descripciones disponibles, se entiende que fueron procesos de licuefacción a favor de agrietamientos (lateral spreading) ocurridos a lo largo de las márgenes del río Guadalquivir, sub-paralelos al mismo, tal y como ejemplifican numerosos casos de las mismas características ocurridos en terremotos históricos y modernos a lo largo del globo. Similares efectos se consignan en Isla Mayor, unos 19 km al SSO de Coria. La localización del EEE es interpretativa, a partir de las descripciones de la época recogidas por Martínez Solares (2001).

Cuantificación: Pese a la vaguedad en la reseña y la falta de detalle en cuanto a las dimensiones de las grietas, es bastante significativo el hecho de que se abrieran grietas por diferentes partes a orillas del Guadalquivir; indicando que estos procesos fueron frecuentes y numerosos. Los procesos de licuefacción ligados a procesos de lateral spreading en las márgenes de los ríos son característicos a partir de intensidad VIII ESI-07, coincidiendo con las intensidades EMS y MSK (VIII) asignadas a esta localidad.



Imagen de Google Earth de la zona, Coria del Río, con la ubicación interpretativa del EEE.



Imagen de Google Earth de la llanura de inundación.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras se detectan carencias importantes de información, exageraciones e imprecisiones. Pese a todo se dispone de un gran volumen de información.*

Referencias bibliográficas:	Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp. Silva, P.G. *et al.* (2015): Seismic palaeogeography of coastal zones in the Iberian Peninsula: Understanding ancient and historic earthquakes in Spain. Cuaternario y Geomorfología, 29. 31 – 56.		
Información Recopilada	*Pedro V. Gómez, Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.187.01 *187.01. Gelves (Sevilla)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7 

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
187 / Gelves	6° 01' 37,99" O	37° 20' 18,51" N	55 m	8,18 Km²	365 Km	OSO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Cornisa natural (Valle del Guadalquivir)	Pendiente del terreno	Fuerte (15-30%)
Descripción Geológica	El término de Gélves se sitúa dentro de la Depresión del Guadalquivir al sur de la ciudad de Sevilla. Se enclava en la margen derecha del Guadalquivir al pie de la denominada Cornisa del Aznalfarache que domina el paisaje de esta zona del valle del Guadalquivir. La mencionada cornisa se encuentra labrada sobre materiales margosos del Mioceno superior, siendo en ella frecuentes los procesos de ladera, derrumbes y avalanchas de tierra.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario	Margas marrones y arenas	Sin identificar	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475} IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno Superior	Mesiniense	Sin identificar	0,09	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sin Datos	Sin Datos	Sin Datos	Sin Datos	VII EMS / VIII MSK (zona)

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoria de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas. Con respecto a Gelves y sus proximidades se dispone de una única reseña en uno de los informes remitido desde Sevilla, en la que se hace referencia a procesos de movimientos de ladera. Así, se cita que: *"En Gelves, haberse hundido un promontorio de tierra."*

Interpretación: Gelves se ubica en la margen derecha del Guadalquivir. El cuanto a la geología del término de Gélves, la zona más cercana al río destaca por la acumulación de materiales tales como cantos rodados, arenas y arcillas, en la zona más oriental de la localidad, que se corresponde con la llanura de inundación del río. A una profundidad de 20 a 30 m aparecen las margas azules tortonienses, que tal y como se ha dicho anteriormente, son el principal material de relleno del Valle del Guadalquivir en esta zona. Estas margas suelen ser gris-azuladas, pero al aflorar toman un color amarillento por oxidación de las sales de hierro que contienen. Por lo que se refiere a sus características morfológicas, presentan una superficie poco ondulada, a excepción de la Cornisa, que forma abarrancamientos en algunos puntos, y que se trata de escarpes con pendientes que llegan a ser superiores al 20% y que constituyen un escarpe natural como consecuencia del encajamiento del Guadalquivir. En cuanto a la ubicación del derrumbe del que se habla, resulta difícil su localización en base a la falta de detalles de la reseña histórica. Con ayuda de la geología del terreno, teniendo en cuenta que antiguamente Gelves no se expandía más allá de su cornisa, existe la posibilidad de que el promontorio de terreno al que hace referencia la descripción sean precisamente las cornisas características de la zona, que alcanzan una cota máxima de 50-60 m frente a los 5-10 m de la parte baja de la población a orillas del río. En cuanto a los daños ocasionados por el terremoto, no existe ninguna referencia o datos en los documentos recopilados por Martínez Solares (2001) ni en los buscados en diferentes archivos estatales; es posible que en algún archivo municipal de la provincia de Sevilla se encuentre algo de información que aporte luz sobre los daños ocasionados por el terremoto en la población catalogada con intensidad VII EMS y situada en la zona VIII MSK.

Cuantificación: Pese a que se trata de una zona que se engloba dentro de la zona de intensidad VIII MSK, debido a la falta de datos cuantitativos que permitan establecer el volumen de tierra o roca afectado, así como detalles sobre el efecto tales como la orientación o áreas afectadas, el tipo de material, la forma, etc., en ningún caso se podrá afirmar con rotundidad que el grado de este efecto sea mayor de VII en la escala de intensidades ESI-07. Además, la falta de efectos similares en la zona, que hacen parecer a este EEE un hecho aislado, posiblemente por un efecto de amplificación local (topográfico o geológico), reafirma esta hipótesis.



Imagen de Google Earth del emplazamiento de la localidad de Gelves, con la ubicación interpretativa del EEE sobre las cornisas naturales.



Fotografía de Gelves entre los años 1895-1899. Antigua Huerta del Algarrobo, con la Cornisa natural de fondo. larazonincorporea.blogspot.com.es

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras se detectan carencias importantes de información, exageraciones e imprecisiones. Pese a todo se dispone de un gran volumen de información.*

Referencias bibliográficas:	Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.		
Información Recopilada	*Pedro V. Gómez, Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.188.01 *188.01. Castillo de Gibraleón, Gibraleón (Huelva)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
188 / Gibraleón	6° 58' 27,10" O	37° 22' 36,79" N	27 m	-	286 Km	OSO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Depresión del Guadalquivir (Borde NO)	Pendiente del terreno	Fuerte (15-30%)
Descripción Geológica	El castillo de Gibraleón se encuentra en la localidad del mismo nombre (provincia de Huelva), en la margen izquierda del río Odiel, navegable en otros tiempos. Se sitúa en el extremo norte del casco urbano de Gibraleón, en una elevación de terreno (+15 m) labrada en los materiales metamórficos de la zona, de forma perpendicular al cauce del río Odiel. Esta constituye el remanente de un meandro abandonado relacionado con la terraza más baja del río Odiel.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Metamórfico; Pizarras	Pizarras y Grauwacas	Foliado	Consolidado	Clase II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475} IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Carbonífero	Carbonífero	Sin identificar	0,10	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Adobe y Sillería	Casas y Edificios Históricos	Varias (25%)	Moderado	VI-VII EMS / VIII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO:GK/8

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas. Con respecto a la localidad de Gibraleón y sus proximidades, y en cuanto a agrietamiento del terreno se cita que: *"En la Dehesa de Montañina se rompió una abertura de más de 30 pasos de ancho, cuyo fondo se perdió de vista, lo que igualmente aconteció con un patio del Palacio que tiene el Excelentísimo Señor Duque de Véjar en su villa de Gibraleón, aunque esta villa no recibió mucho daño."* Esta descripción se encuentra reflejada en el *'Compendio de las Relaciones que se han recibido de los Pueblos del Estado del Excelentísimo Señor Duque de Medina- Sidonia'* recogido en Martínez Solares (2001).

Interpretación: El efecto se localiza dentro del recinto amurallado del Castillo de Gibraleón. El conjunto se compone de, al menos, tres partes claramente diferenciadas: el sector del Palacio de los Duques de Béjar, situado en la zona más llana y alta del interior del perímetro amurallado, la zona oeste, intramuros, donde el terreno desciende progresivamente de cota, y la muralla exterior, que delimitaba el perímetro del recinto. Claramente, el agrietamiento se consigna en uno de los patios del Palacio, aunque las dimensiones consignadas se refieren a lo acontecido en Bollullos (Dehesa Montañina). Dada la descripción, se asumen unas dimensiones similares para el caso de Gibraleón.

Cuantificación: Pese a la vaguedad en la reseña y la falta de detalle en cuanto a las dimensiones de la abertura, es bastante significativo el hecho de que la equipare con la que sucedió en Bollullos, *"30 pasos de ancho"* por lo que podemos suponer que la sucedida en el recinto amurallado de Gibraleón fuera también de unas dimensiones importantes. De este modo, teniendo en cuenta la situación geográfica y el resto de efectos catalogados de intensidades similares, como los procesos de licuefacción y eyección a orillas del río Odiel a su paso por Gibraleón (ver ficha HST17551101.188.01), el grado de intensidad que se le otorga en función de estos parámetros es de un mínimo de VIII ESI-07 similar al consignado a esta localidad en las escalas EMS (VII-VIII) o MSK (VIII), pudiendo ser incluso de IX si tenemos en cuenta las intensidades de zonas vecinas de la costa onubense y la falta de detalle en las descripciones.



Imagen de Google Earth de los restos del recinto amurallado de Gibraleón, con la ubicación interpretativa del EEE.



Fotografía aérea de los restos del Castillo y el recinto amurallado de Gibraleón. es.globedia.com

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras se detectan carencias importantes de información, exageraciones e imprecisiones. Pese a todo se dispone de un gran volumen de información.*

Referencias bibliográficas:	Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.		
Información Recopilada	*Pedro V. Gómez; Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.188.02 *188.02. Gibraleón (Huelva)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
188 / Gibraleón	6° 58' 43,20" O	37° 22' 17,33" N	24 m	328,33 Km²	285 Km	OSO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Depresión del Guadalquivir (Valle del Río Odiel)	Pendiente del terreno	Suave (5-10%)
Descripción Geológica	Gibraleón (provincia de Huelva) se encuentra en la margen izquierda del río Odiel, navegable en otros tiempos. El casco urbano se sitúa de forma perpendicular al cauce del río Odiel, en una elevación de terreno (+15 m) labrada en los materiales metamórficos de la zona. Esta constituye el remanente de un meandro abandonado relacionado con la terraza más baja del río Odiel. Los efectos que aquí se describen tienen lugar en las terrazas bajas y llanura de inundación del río.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Metamórfico; Pizarras	Arenas, Gravas y Arcillas fluviales	Estratificado	No Consolidado	Clase IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Carbonífero	Holoceno	< 6.000 BP	0,10	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Adobe y Sillería	Casas y Edificios Históricos	Varias (25%)	Moderado	VI-VII EMS / VIII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/8

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas. Con respecto a la localidad de Gibraleón y sus proximidades, y en cuanto a procesos de licuefacción, se cita que: *"Con cuyo motivo se notó en las fuentes, en unas, el rebosar sus aguas, cuando otras secarse; habiendo hecho manantiales de sus aguas, a distancia de 20 y 40 pasos; siendo en igual conformidad el río [= Odiel], quien en los mismos términos, sintió la alteración de la tierra, pues por tres veces se dilató, y encogió, habiéndose puesto sus aguas de color de ladrillo, saliendo en sus proximidades, unas de a cien pasos, y otros, como de 200, brotar sus aguas, con más de ocho codos de elevación, cuando por otras, respirar tales y tan fuertes vejigas de aire, que parecía sumergirse enteramente, cuando se sufría sobre el firmamento de la tierra."*

Interpretación: Analizando la descripción se pueden apreciar no sólo procesos de licuefacción en el terreno sino turbación en el río Odiel y variación en el caudal de las fuentes, catalogados según la escala ESI-07 como anomalías hidrológicas (HA), y alteración en las aguas del río Odiel, catalogado según la misma escala como oleaje anómalo de masas de agua (AW). El oleaje anómalo en el Odiel llegó a inundar las riberas un máximo de 550 m (200 pasos) en el entorno de Gibraleón. Pero lo más significativo es la ocurrencia de "*water fountains*" con más de ocho codos de elevación (c. 3,3 metros). Por lo que se describe, todos estos efectos fueron significativos y frecuentes en los alrededores de Gibraleón, así como la descripción de la aparición de nuevos manantiales a 20 – 40 pasos de los existentes (c. 0,5 a 1,0 km).

Cuantificación: Pese a lo escueto de la reseña, hay detalles que permiten cuantificar el grado del EEE; como cuando se recoge que *"brotar sus aguas, con más de ocho codos de elevación"*. Los procesos de licuefacción y eyección de agua son frecuentes y numerosos, tal y como reza la descripción, y los chorros de agua verticales de unos 3 metros (8 codos; 1 codo ≈ 0,40m), además de la aparición de nuevos manantiales a distancias de 0,5 a 1,0 km respecto a los existentes. Todos estos efectos se interpretan en la escala ESI-07 a partir de intensidad VIII acorde a la intensidad VIII MSK asignada a la zona.

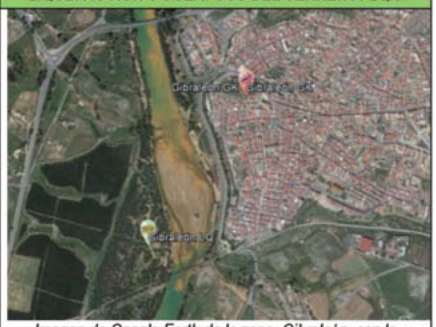


Imagen de Google Earth de la zona, Gibraleón, con la ubicación interpretativa del EEE.



Fotografía del río Odiel a su paso por Gibraleón con las arenas y fangos. www.mispueblos.es

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras se detectan carencias importantes de información, exageraciones e imprecisiones. Pese a todo se dispone de un gran volumen de información.*

Referencias bibliográficas:	Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.		
Información Recopilada	*Pedro V. Gómez, Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.190.01 *190.01. Pico de San Cristóbal, Grazalema (Cádiz)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7 

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
190 / Grazalema	5° 23' 53,35" O	36° 45' 51,03" N	1554m	122,41Km²	411Km	OSO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera rocosa	Pendiente del terreno	Escarpada (50-70%)
Descripción Geológica	El pico de San Cristóbal se engloba dentro de la Sierra del Pinar, de orientación E-O, que se extiende al NO de Grazalema, y que a su vez forma parte del Parque Natural Sierra de Grazalema (Cádiz). Se sitúa en las estribaciones de las zonas externas de la Cordillera Bética, encuadrándose dentro del Subbético Ultrainterno, compuesto en su mayoría por calizas y dolomías Jurásicas verticalizadas y karstificadas.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario	Calizas y Dolomías Brechoides	Estratificado /Fracturado	Consolidado	II (1,2)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Jurásico	Jurásico	Sin identificar	0,14	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguno	V-VIEMS / VI MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas. Con respecto a Grazalema y sus proximidades se cita que: *"Aunque habiendo tomado los informes correspondientes han asegurado algunas personas de verdad, que se hallaban pastoreando sus ganados en la Sierra eminente que llaman de San Cristóbal, que de ella, a el tiempo de moverse, como lo advirtieron, rodaron crecidas piedras que se desgajaron de dicha Sierra a el profundo de un valle que está inmediato, destrozando estas, con su peso y violencia que llevaban, cuantos árboles de encinas, pino y quejigos cogían, sin que de este destrozo resultase perjuicio a ninguno de los ganaderos que, a la sazón, se hallaban en aquella profundidad, guardando los ganados de cerda que en dichos parajes están montaneando."*

Interpretación: De la descripción de extraen datos de interés, tales como la localización del efecto o las dimensiones del mismos. En cuanto a la localización de este, en ella se dice que sucedió *"en la Sierra de San Cristóbal"*. Tras estudiar la orografía y las estructuras montañosas de la zona, se ha llegado a la conclusión de que dicha sierra se corresponde con la actual Sierra del Pinar, sobre la cual destacan dos picos fundamentalmente, el Torreón, de 1648 m de cota siendo el más alto de la provincia de Cádiz, y el pico de San Cristóbal, de 1554 m. Dicho pico, sobre el que se interpreta se sucedió el efecto, se encuentra próximo a la localidad de Grazalema (2,7 km al Oeste), y se desarrolla sobre Calizas muy verticalizadas y karstificadas como se observa en la imagen de la derecha. Se interpreta que los desprendimientos de rocas ocurrieron en su vertiente occidental a cuyo pie se desarrollan importantes formaciones de coluviones sobre los que se asienta una densa masa forestal, inexistente a día de hoy en su vertiente oriental más próxima a Grazalema. Este dato concuerda con la descripción de que durante su caída los bloques rocosos destrozaron cuantos árboles encontraron a su paso.

Cuantificación: Pese a lo escueto de las reseñas y la falta de datos que permitan establecer el volumen movilizado de roca, así como detalles sobre el efecto tales como el área afectada por el mismo, podemos generarnos una ligera idea de que la magnitud del fenómeno (tamaño y número de bloques) fue importante. Como mínimo tuvieron que movilizarse bloques de al menos 1 m³ para ocasionar los daños en la vegetación que se describen: *"destrozando con su peso y violencia, cuantos árboles de encinas, pino y quejigos cogían"*. Aunque no se tiene dato alguno sobre el número de bloques que se precipitaron ladera abajo, estos debieron ser numerosos por lo notorio de sus efectos. Numerosos bloques de las dimensiones reseñadas, y aún mayores, se encuentran en equilibrio inestable en la Cumbre del pico San Cristóbal como resultado de la intensa fracturación y karstificación de los materiales Jurásicos. Teniendo en cuenta estas apreciaciones paramétricas se puede asignar una intensidad mínima de VII ESI-07. Como en los demás casos de desprendimientos ocasionados por el terremoto en el entorno de la Cordillera Bética, se ha de suponer un importante proceso de amplificación topográfica local, ya que las intensidades máximas MSK y EMS asignadas son de VI grados.



Imagen de Google Earth de la ubicación interpretativa del EEE sobre el pico de San Cristóbal, Grazalema.



Fotografía del pico de San Cristóbal.
http://christianpau.blogspot.com.es

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo.*

Referencias bibliográficas:	Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.		
Información Recopilada	*Pedro V. Gómez, Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.194.01 *194.01. Güevéjar (Granada)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8 SM

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
194 / Güevéjar	3° 35' 10,02" O	37° 15' 28,03" N	1056 m	9,74 Km²	576 Km	OSO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera	Pendiente del terreno	Moderada (10-15%)
Descripción Geológica	El deslizamiento de Güevéjar se localiza sobre materiales neógeno-cuaternarios de la Cuenca de Granada sobre la falda occidental del macizo de Sierra Nevada en el sector central de la Cordillera Bética. Las litologías que afloran en el entorno de Güevéjar se corresponden con materiales blandos y con permeabilidades bajas en la mayor parte de los casos, lo que condiciona fuertemente el comportamiento inestable de las laderas situadas sobre ellos.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Margas	Arcillas, arenas, margas y bloques de travertino (coluviones)	Masiva	Sin consolidar	IV (1,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pleistoceno	Holoceno	Sin identificar	0,23	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Adobe, Sillería	Población completamente destruida	Múltiples (75%)	Ruina	V EMS / VI MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas. Con respecto a Güevéjar se dispone de extensas y detalladas descripciones en las que se cita que: *"Relación de lo que sucedió en Güevéjar, en el terremoto del día 1.o de noviembre de 1755: Güevéjar es un lugar a dos leguas de Granada, de unos 80 vecinos, situado en la falda de un cerro grande por cuyo pie pasa un pequeño río que llaman Bermejo. En este lugar se sintió el terremoto después de las diez de la mañana. Su duración, de 9 a 10 minutos; y su fuerza, poco más o menos la misma que en Granada, pero la disposición interior del terreno fue causa de que la tierra se abriese formando la abertura un [sic] especie de óvalo en cuyo centro vino a quedar el lugar; lo largo de este óvalo es casi demedia legua, y lo ancho sería de poco más de la mitad. El día del terremoto apenas se conocía la abertura de la tierra por algunas partes y, por la que más, no llegaba a pasar de media vara. Las gentes del lugar, consoladas con salir a tan poca costa de aquel susto, se quedaron quietas en sus casas, pues, espantados, al día siguiente de ver que la tierra se iba abriendo por otras partes, y que la abertura principal crecía por instantes, y aquella misma noche partiendo un molino que medio todavía hundido, temerosos de que sus casas, que ya empezaban también a abrirse, tuviesen la misma suerte, empezaron a despoblar el lugar, por no quedarse sepultados dentro de él.*

[Nota aquí del propio texto: «Con esta noticia salió el martes próximo de Granada, para reconocerlo todo, de ordend el Presidente [= de la Real Chancillería. FRT] el Ingeniero don Agustín Crame y Mañeras, actual Maestro de Matemáticas de la Academia de Barcelona, cuya es ésta relación»]. Yo estuve por dudar de lo que me decían, persuadido de que la aprehensión (y más en casos semejantes) abulta mucho los objetos, pero siendo este un hecho en que todos los del lugar convenían, me puso en alguna confusión el querer saber por qué se iba retirando la tierra de igual modo. Con este cuidado, empecé mi reconocimiento y, a cada paso que daba, encontraba nuevas cosas que admirar; porque en unas partes veía el terreno levantado; en otras, hundido; en las más, separado y como desprendido uno de otro formando grandes aberturas, y, finalmente, en otras se había comprimido y levantado hacia arriba. Todas estas observaciones, en vez de poderme servir de explicación, era menester buscar razones para explicarlas; la poca profundidad de las roturas en nada correspondiente a su anchura era otra dificultad que se añadía, y digna también de observación.

Los naturales estaban asombrados con razón, viendo que se les iban abriendo las calles y casas del lugar. Yo, tan deseoso de saber cuál causa había para esto. Como ello de que no la hubiese, lo iba registrando todo con tanta atención como si temiese que la causa se me quedase escondida en alguna de aquellas aberturas. La principal de que he hablado, que circundaba el lugar, formaba una especie de foso que, por partes, tenía 3 varas de ancho y de 4 a 5 de profundo; en uno de estos parajes más anchos reparé que en lo hondo había otro género de tierra que había sumamente fuerte y pegajosa, que se conocía seguía muy adentro y sobre la cual, por estar inclinada a el horizonte, se veía claramente que el terreno había resbalado. Esta descubierta empezó a disipar todas mis dudas, persuadiéndome que aquella cama de greda seguiría por todo el interior de la tierra, y que, estando inclinada, y resbaladiza, corrió sobre ella el terreno despegado, llevándose dentro de sí todo el lugar se había [sic] ido resbalando hacia el río. Poco tardé en asegurarme de lo que pensaba, porque siguiendo mi reconocimiento, por todas partes encontraba las mismas señales y la misma greda. Ya no me faltaba que reconocer más que la parte del río adonde era preciso que hubiese hecho grandes estragos el terrible empuje de toda la falda desprendida. La gente del lugar, atemorizada, ni aún había tenido valor para ir a ver. Yo, que quería satisfacer reconociéndolo todo, tomé dos hombres de aquellos que tenían más resolución y, empezando a saltar por la tierra que estaba abierta en infinitas bocas, pero !cuál fue el asombro de aquellos [sic] hombres! cuando vieron el río en unas partes hundido, en otras levantado y cegado en otras.

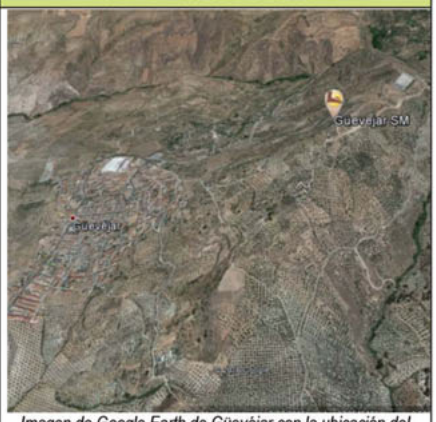
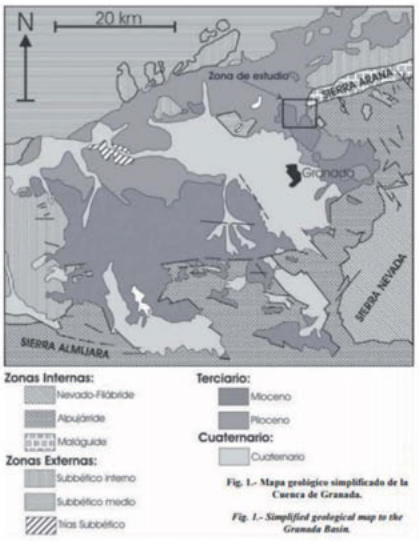


Imagen de Google Earth de Güevéjar con la ubicación del EEE sobre el cerro Castillejo.



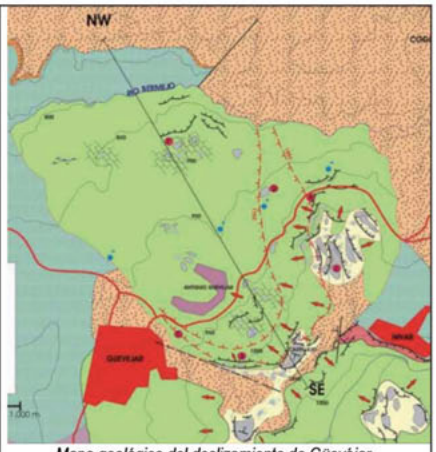
Mapa geológico simplificado de la Cuenca de Granada.
Jiménez Pintor y Azor (2006)

Yo confieso que, aunque no me asombró como a ellos la vista de lo que yo mismo había pronosticado, no dejó llenarme de admiración ver un pedazo de río de cerca de 100 varas de largo levantado con el agua que tenía, con altura de6 ó 7 varas, rompiendo la corriente por las aberturas de la tierra, quedarse a el lado de acá un pequeño cerro que estaba al otro lado. En fin, visto y reconocido todo, sólo me quedaba el averiguar si continuaba el movimiento de todo el terreno desprendido. Para esto puse mis señales aquel mismo día a las 5 de la tarde y volviendo el viernes en la misma hora, ví que había resbalado ya más de una vara; volví a señalar y al día siguiente a las 10 de la mañana ya estaba 9 pulgadas más abajo; ya las 5 de la tarde hice la misma observación y hallé que había bajado 3 pulgadas. Con estas observaciones conocí que el movimiento se mantenía casi uniforme y que si se había retardado era muy poco.

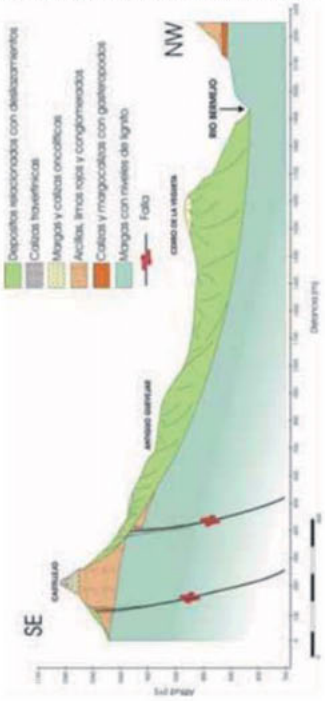
Las señales las puse en la parte de la abertura principal que corresponde al medio de la falda del cerro, en la profundidad de 3 varas sobre una especie de greda negra y más pegajosa que toda la demás. En ello hice cava para ver si continuaba muy adentro y, a pocos golpes, salieron infinitos caracoles; muchos tenían sus cáscaras enteras y todas estaban llenas de la misma greda. A más de la abertura principal se ha hecho por encima de ella, a cosa de 40 varas, otra que, aunque no es tan ancha como la primera es más profunda pero también tiene en lo hondo la misma greda sobre que se conoce que la parte de terreno que ha separado ha resbalado y va resbalando todavía. El lugar ha quedado despoblado porque están abiertas las más casas y algunas ya para caerse y, si continúa en andar algunos días, se puede temer con mucho fundamento el que se hunda todo."

Interpretación: Tal y como proponen Jiménez Pintor y Azor (2006), se trata de un gran deslizamiento complejo de carácter rotacional; el único de estas característica que tuvo lugar como consecuencia del Terremoto de Lisboa en territorio Español (Martínez Solares, 2001). El deslizamiento de Güevéjar se ubica unos 9 km al Norte de la ciudad de Granada, en una zona con un relieve relativamente alomado (amplitud del relieve del orden de 400 m y pendientes medias del orden de 10-15 %), que se sitúa al pie de Sierra Arana y marca la transición a la Depresión de Granada. El pueblo de Güevéjar ha sido destruido completamente en dos ocasiones, la primera coincidiendo con el terremoto de Lisboa (1755) que aquí nos ocupa y la segunda durante el terremoto de Arenas del Rey (1884). En ambas ocasiones, el fenómeno natural que destruyó el pueblo fue la activación de un gran deslizamiento complejo. Tras el terremoto de 1884, el pueblo se reconstruyó en 1887, en su actual ubicación situada fuera del perímetro del deslizamiento. La cabecera del deslizamiento de Güevéjar se sitúa al Oeste de la cumbre del cerro del Castillejo de Nívar, unos 1.000m al Este del actual pueblo de Güevéjar. El deslizamiento tiene una longitud de unos 1.900 m, un desnivel de unos 300 m y espesores de 10-20 m. En planta tiene forma parabólica con el eje orientado hacia el NO, donde se sitúa su pie coincidiendo con el trazado del río Bermejo, cuyo valle quedó obturado y deformado por el pie del deslizamiento. La velocidad de desplazamiento no fue uniforme, sino que se fue amortiguando durante esa primera semana tras el terremoto, oscilando entre 5,7 y 1,1 cm/hora. Por tanto, se trata de un deslizamiento rotacional complejo de carácter lento que se activó como consecuencia del terremoto, ya que se consigna que el mismo día ya se observaban algunos agrietamientos de unos 40 cm de anchura (media vara) en el terreno, que en días posteriores fueron agrandándose, profundizándose y multiplicándose, provocando el desplazamiento del terreno hacia el valle del río Bermejo.

Cuantificación: Pese a que no se dispone de una cifra exacta en cuanto al volumen movilizado, Pintor y Azor (2006) realizan una cartografía del mismo del que se pueden extraer algunos datos paramétricos. El volumen movilizado se encuentra en el rango de los $30x10^6$ m³, estando la superficie de despegue a una profundidad que oscila entre los 10 y los 20 m. El área afectada se puede estimar, según las cartografías mencionadas, en unos $1.500x10^3$ m² abriéndose en ellas numerosas grandes grietas de apertura métrica a decamétrica y provocando numerosas deformaciones (abombamientos y hundimientos). El conjunto de procesos acabaron por destruir casi en su totalidad la población, que en esta ocasión fue nuevamente reconstruida en aproximadamente su posición original. El desplazamiento acumulado en su pie llegó incluso a cortar el curso del río Bermejo y obturar su valle, formándose un pequeño embalse de unos 5-6 metros de profundidad. El curso del río Bermejo quedó desplazado varios centenares de metros hacia el NO. Con estos datos, puede asignarse a este efecto una intensidad mínima VIII ESI-07, pese a que se encuentra en la zona de intensidad VI MSK o V EMS del terremoto. Se trataría así de un efecto local de amplificación (geológica y topográfica) y algunos autores proponen para el lugar una aceleración horizontal (PGA) comprendida entre 0,092 y 0,085 g, considerando condiciones saturadas del terreno.



Mapa geológico del deslizamiento de Güevéjar.



Corte geológico esquemático del deslizamiento de Güevéjar. Jiménez Pintor y Azor (2006)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	**VIII**	**Calidad de los datos (Qg)**	**A**	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras se detectan carencias importantes de información, exageraciones e imprecisiones. Pese a todo se dispone de un gran volumen de información.*

Referencias bibliográficas:
Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.
Jiménez Pintor, J., y Azor, A. (2006). El Deslizamiento de Güevéjar (provincia de Granada): un casode inestabilidad de laderas inducida por sismos. Geogaceta, 40, 287-290.

Información Recopilada	*Pedro V. Gómez, Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.200.01 *200.01. Isla de Saltes, Huelva*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	LICUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/9

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
200 / Huelva	6° 57' 17,02" O	37° 11' 45,06" N	2m	8 Km²	281 Km	OSO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Zona litoral (marismas salobres).	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	Zona litoral de extensas áreas ocupadas por zonas pantanosas o marismas salobres. La sedimentación en estas zonas es, en general, de limos y arenas, y se encuadra en la desembocadura de los ríos Tinto y Odiel, que conforman el Paraje Natural Marismas del Odiel, siendo este el segundo humedal más grande de Andalucía. La Isla de Saltes es por tanto una isla fluvial que se ubica en la zona más meridional del humedal.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario	Limos y arenas	Estratificado	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cuaternario	Cuaternario (Holoceno)	< 6.000 BP	0,12	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Adobe, Mampostería y Sillería	Casas, Iglesias y Edificios Históricos	Múltiples (75%)	Destructivo	VIII EMS / VIII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LICUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/9

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas. Con respecto a Huelva y sus proximidades se dispone de una amplia información detallada en cuanto a los daños ocasionados por el terremoto. Del mismo modo, y a diferencia de la mayoría de descripciones de otros lugares, también hay una amplia y detallada descripción de los efectos ocurridos sobre la naturaleza. Así, respecto a procesos de licuefacción se cita que: *"Los efectos más particulares que de éste se han notado por este país, son haber quedado en la tierra varias bocas abiertas, de las cuales se mantienen algunas, y otros se han ido cerrando poco a poco, especialmente después que ha llovido. En la isla de Salte [= Saltes] o de Hércules, a la entrada de la barra de esta villa, y en la confluencia de los ríos Odiel y Tinto, se abrieron dos, tan profundas, que habiendo después inundado el mar aquel paraje, se desaguó por ellas y cerraron presas."*

Interpretación: Se trata de una zona pantanosa sobre terrenos poco consolidados y materiales blandos, arenas, arcillas y limos, todo ello unido a la proximidad al epicentro, hacen muy propicia la aparición de numerosos efectos de licuefacción. A lo largo de la costa litoral atlántica andaluza se suceden numerosos procesos de licuefacción a consecuencia del terremoto, y la gran mayoría de ellos en zonas de marisma, tal y como sucede en las Marismas de Isla Cristina (Ayamonte), o en las de Doñana (Isla Mayor). En el caso de Huelva se repiten estos efectos de licuefacción a lo largo y ancho de sus marismas, un claro ejemplo de ello es lo sucedido en La Rábida, que se encuentra en la margen izquierda del río Odiel, frente a la Isla de Saltes, en la margen derecha, separados apenas 2 km, donde se detalla, según lo recogido por Martínez Solares (2001): *"En el ángulo del convento de La Rábida, que hace frente al mar, reventó una columna o vejiga de aire, abriendo en la tierra una gran boca por la cual vio el Guardián y mucha parte de la Comunidad, que salió un grueso golpe de agua, elevándose más de ocho varas y dejando después muchas arenas y otros materiales."* La localización del EEE sobre la Isla de Saltes es interpretativa, a partir de las descripciones, y conviene recalcar que no es el único punto donde se suceden estos efectos de eyección de agua y arena en la zona.

Cuantificación: Pese a la falta de detalle en cuanto a las dimensiones de las bocas, es bastante significativo el hecho de que se abrieran varias bocas, dos de ellas muy profundas y supuestamente de grandes dimensiones, ya que según las descripciones durante la retirada del posterior tsunami sirvieron de zona de desagüe, tratándose quizás de grandes agrietamientos como consecuencia de la licuefacción del terreno. De este modo, puesto que los procesos de licuefacción y eyección de agua son frecuentes y numerosos tal y como se describe, además de la situación geográfica y del resto de efectos catalogados de intensidades similares en la zona, el grado de intensidad que se le otorga en función de estos parámetros es de IX en la escala ESI-07.



Imagen de Google Earth de la zona, Isla de Saltes, con la ubicación interpretativa del EEE.



Fotografía del Paraje Natural Marismas del Odiel. www.andalucia.org

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras se detectan carencias importantes de información, exageraciones e imprecisiones. Pese a todo se dispone de un gran volumen de información.*

Referencias bibliográficas:	Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.		
Información Recopilada	*Pedro V. Gómez, Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.200.04 *200.04. Huelva*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	TSUNAMI: TS/10

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
200 / Huelva	6° 57' 16,29" O	37° 15' 26,14" N	5 m	151,32 Km²	283 Km	OSO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Zona litoral (marismas salobres).	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	Zona litoral de extensas áreas ocupadas por zonas pantanosas o marismas salobres. La sedimentación en estas zonas es en general de limos y arenas y se encuadra en la desembocadura de los ríos Tinto y Odiel, que conforman el Paraje Natural Marismas del Odiel, protegidas por la barra litoral de Punta Umbría.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario	Limos y arenas	Sin identificar	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cuaternario	Cuaternario (Holoceno)	< 6.000 BP	0,12	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Adobe, Mampostería y Sillería	Casas, Iglesias y Edificios Históricos	Múltiples (75%)	Destructivo	VIII EMS / VIII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	TSUNAMI: TS/10

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas. Con respecto a Huelva y sus proximidades se cita que: *"Tres cuartos de hora después de terminar el terremoto, se conmovió furiosamente el mar, y empujó las aguas sobre las costas de manera que se creyó era preciso que quedase anegado todo el pueblo,..., se debe notar que aunque la situación de esta villa dista dos leguas de la barra, se vieron venir montañas de agua, y correr precipitadamente por las marismas. Que el río salió de su curso, entrando sus olas hasta las primeras calles, quedando inundados los llanos y muy averiadas las embarcaciones. Asimismo se notó que el primer movimiento del mar fue retirarse sobre sí mismo dejando descubierto más de un cuarto de legua de playa, y que después se precipitó, con mayor enojo, sobre la costa, arrancando y destruyendo cuanto le podía hacer resistencia. El orden regular y uniforme de la mar no se encontró hasta las veinte y cuatro horas, porque en todo este tiempo mantuvo el mar muy extraordinario movimiento. El violento sacudir incierto de las olas fue perdiendo por grados e impulso, y las costas se fueron descubriendo aunque con notable variación de su aspecto en muchas partes. El sitio llamado la Mojarra, ante esta villa y Ayamonte, que era el más conocido para la pesca de sardina, quedó inundado, de modo que apenas se descubre, y la barra del río de Terrón la cerró y trasladó su boca, a otra parte distante dos tiros de fusil de donde antes estaba. Aunque las aguas del mar entraron en el pueblo más de un tiro de fusil, hasta llegar a la parte que llaman la Plazeta, no causaron en él daño alguno; pero ha sido muy grave el que se ha seguido al vecindario por las inundaciones de la costa."*

Interpretación: La zona donde se encuentra ubicada la ciudad de Huelva es una zona estuarina situada en la confluencia de los ríos Tinto y Odiel, correspondiéndose con el actual Paraje Natural Marismas del Odiel. El tsunami afectó a toda la zona litoral del sureste de la Península Ibérica siendo los daños materiales y humanos más o menos elevados en función de la proximidad de construcciones a la zona costera. En Huelva, al igual que en Ayamonte, fueron especialmente graves, el tsunami penetró tierra adentro a través de las marismas y terrenos bajos aumentando de forma considerable el cauce de los ríos (onda de tsunami) y provocando que estos se desbordasen, llegando hasta la conocida antiguamente como La Placeta (intersección de las calles Gravina, Jesús Nazareno y Plus Ultra) sita a 500 metros del actual cauce del río Odiel, a 10 km de la línea de costa y a 5 m de cota sobre la línea de pleamar. Sería este, por tanto, el punto que marque el límite de inundación; es aquí donde se han establecido las coordenadas del efecto pese a que el EEE afectó a todas las marismas. La descripción incluye efectos graves del tsunami en la Punta de la Mojarra, junto a Isla Cristina y el río Terrón, junto a El Rompido. Este río trasladó su boca como consecuencia de la erosión producida por la entrada y retirada del tsunami sobre la barra de El Rompido.

Cuantificación: A partir de las descripciones se pueden extraer diferentes datos cuantitativos. El primero de ellos es que la línea de inundación podemos situarla cuanto menos a 10 km, punto del que tenemos referencias al que llegaron las aguas como consecuencia del desbordamiento del río Odiel en Huelva. Podemos estimar, también, el *runup* de aproximadamente 5 metros, cota máxima a la que llegó el agua y coincidente con la cota de La Placeta. Por lo tanto, el grado de intensidad que se le otorga en función de estos parámetros es de, al menos X en la escala ESI-07, pero tan solo de VIII en la nueva escala TEE-16 (Lario *et al*., 2016), con hechos destacables como que hay una importante erosión de las zonas costeras, provocando cambios significativos en su geometría (Barras de El Rompido y Punta Umbría).

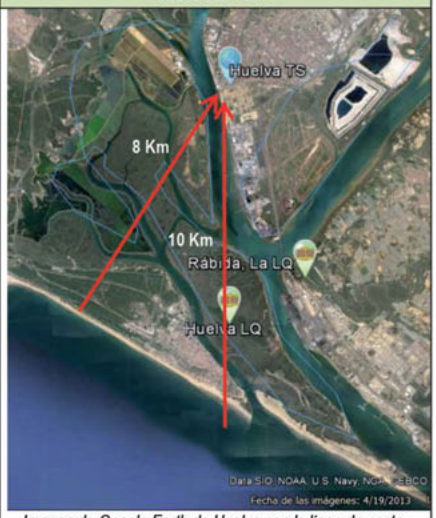


Imagen de Google Earth de Huelva con la línea de costa. EEE ubicado de forma interpretativa sobre La Placeta.



Imagen satelital (SPOT 5) de la costa de Huelva con la Barra del Terrón.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	X ESI-07 VIII TEE-16	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo.*

Referencias bibliográficas:
Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.
Lario, J. *et al.* (2016): Improving the coastal record of tsunamis in the ESI-07 scale: Tsunami Environmental Effects Scale (TEE-16 scale). Geologica Acta, 14 (2).

Información Recopilada	*Pedro V. Gómez, Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.212.01 *212.01. Sierra de San Cristóbal, Jerez de la Frontera (Cádiz)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7 

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
212 / Jerez de la Frontera	6° 09' 21,40" O	36° 38' 15,03" N	125m	1188,31Km²	343Km	O	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera escarpada	Pendiente del terreno	Fuerte (15-30%)
Descripción Geológica	La Sierra de San Cristóbal, ubicada en el límite de los términos municipales de Jerez de la Frontera y El Puerto de Santa María, constituye el máximo topográfico de la Bahía de Cádiz, con una cota máxima de 125 metros. Los materiales que predominan son las Calcarenitas ("Caliza tosca") y en la falda norte de esta se abre camino una extensión de terreno compuesta por Margas verdosas, margas arenosas y arenas.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentaria	Calcarenitas. "Caliza tosca"	Estratificada	Semi-consolidado	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475} IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno Superior	Mioceno Superior	Sin identificar	0,10	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Adobe, Sillería y Mampostería	Casas, Iglesias, Edificaciones Históricas	Múltiples (75%)	Destructivo	VI-VII EMS / VII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas. Con respecto a Jerez de la Frontera se cita que: *"En la ciudad de Xerez de la Frontera [= Jerez de la Frontera] duró 8 minutos, habiendo sido el principio a las 9 y 47 minutos. Postró en tierra muchos templos y casas, dejando las demás muy maltratadas, pero quiso Dios que no peligrase, sino una u dos personas. Pararon las fuentes por espacio de 4 horas, volviendo después a correr pero muy turbia y, algunas, habiéndoseles tapado la antigua salida, se les rompieron de nuevo por distinto sitio. Desgajáronse muchos peñones de aquella Sierra, entre cuyos anfractos y simas se oyeron resonar confusos rumores, semejantes a los que causa el disparato [sic] de la Artillería, estando algo lejana. A poco después tomó el río Guadalete un considerable aumento de agua, de la que le entró por la bahía de Cádiz, pero no hizo daño alguno."*

Interpretación: La caída rocas y el desprendimiento de materiales rocosos son comunes en la Cordillera Bética durante este terremoto, sobre todo en las provincias de Córdoba, Jaén y Granada, situadas en la Zona Prebética. En cuanto a localidades vecinas, únicamente en Grazalema hay catalogados efectos de este tipo. En la descripción se pueden apreciar no solo efectos de movimiento de laderas, *"Desgajáronse muchos peñones de aquella Sierra"* sino también efectos hidrogeológicos (HD), al apreciarse turbidez en las fuentes, y anomalías hidrológicas (HA), al observar la suspensión temporal del caudal de las fuentes. Del mismo modo, también se pueden apreciar efectos derivados de oleaje anómalo en cuerpos de agua y tsunami, ya que el caudal del río Guadalete, a su paso por las proximidades de Jerez de la Frontera, se vio incrementado notablemente como consecuencia del tsunami que arrasó las costas, y que en este caso entró por su desembocadura, 14 km aguas abajo de este punto, en El Puerto de Santa María. En cuanto a los movimientos de ladera, no hay más detalles en la reseña que *"desgajáronse muchos peñones"*, y tras estudiar la orografía del terreno, se ha llegado a la conclusión de que dicho efecto pudo tener lugar en la conocida como Sierra de San Cristóbal, sita a 4 km al Sur de la villa. Parece probable que se trate de este lugar puesto que en los alrededores de Jerez de la Frontera no se encuentran más zonas elevadas, además de que se sabe que era lugar transitado para la extracción de piedra utilizada en la construcción de numerosos edificios. La Sierra de San Cristóbal, ubicada en el límite de los términos municipales de Jerez de la Frontera y El Puerto de Santa María, constituye el máximo topográfico de la Bahía de Cádiz, con una cota de 125 metros y con pendientes que superan en algunos casos el 30%, los materiales que la constituyen son en su mayoría calcarenitas, también conocidas como "caliza tosca" del Mioceno Superior. Así, la localización del EEE es interpretativa, y se ha ubicado sobre la citada Sierra.

Cuantificación: Pese a lo escueto de la reseña y la falta de datos que permitan establecer el volumen de tierra o roca desplazado, así como detalles sobre el efecto tales como la orientación o áreas afectadas, etc., podemos generarnos una ligera idea de la magnitud del fenómeno. Parece así, que los efectos de desprendimiento de rocas y rotura de estas fueron frecuentes, dado que se habla de rotura de *"muchos peñones"*. Con todo ello, y ante la falta ya comentada de datos cuantitativos que nos permitan obtener o intuir el volumen de material afectado, se han tenido en cuenta los mismos efectos sucedidos en localidades vecinas, así como la zona de intensidad VII MSK en la que se encuadra dicha localidad, para otorgarle un hipotético grado de intensidad máximo VII ESI-07.



Imagen de Google Earth de la ubicación interpretativa del EEE sobre la Sierra de San Cristóbal. Jerez de la Frontera.



Fotografía de la Sierra de San Cristóbal, con Jerez de la Frontera al fondo.
http://naturalezasitiosygentes.blogspot.com.es

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo.*

Referencias bibliográficas:	Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.		
Información Recopilada	*Pedro V. Gómez, Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.213.01 *213.01. Sierra de Aznaitín, Jimena, (Jaén)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/6 

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
213 / Jimena	3° 29' 20,85" O	37° 48' 51,57" N	1669 m	48,04 Km²	595 Km	OSO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera escarpada (cerro)	Pendiente del terreno	Escarpada (50-70%)
Descripción Geológica	Jimena se sitúa al noroeste de la comarca de Sierra Mágina, situado en la falda noroeste del monte Aznaitín, con más de 1700 m de altura que forma parte del Parque Natural de Sierra Mágina (Jaén). En él destaca la presencia de numerosos cantiles y de vegetación básicamente arbustiva; se trata de una composición de varios cerros cuyos materiales son esencialmente Calizas y Dolomías del Cretácico Superior. En su piedemonte se pueden apreciar diferentes depósitos coluviales del Pleistoceno Superior - Holoceno.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentaria	Dolomías y Calizas	Sin identificar	Consolidado	I (1,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475} IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cretácico Superior	Cretácico Superior	Sin identificar	0,11	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería	Castillo	Única	Moderado	V EMS / VI MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/6

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas. Con respecto a Jimena y sus proximidades se dispone de una única reseña en la que se cita que: *"En lo alto de la Sierra de Asnatín [= Aznatín; 1740 m. FRT) se cayó una cueva."*

Interpretación: El monte Aznaitín, englobado dentro del Parque Natural Sierra Mágina, se ubica en la Zona Prebética en la que predominan las rocas sedimentarias depositadas en medios marinos o someros y costeros con algún episodio continental y algunas lagunas estratificadas. A priori se trata de la zona más meridional del Prebético, puesto que este se extiende hacia el Noreste (Sierras de Cazorla, Segura y las Villas). En él destaca la presencia de numerosos cantiles y de vegetación básicamente arbustiva; se trata de una composición de varios cerros cuyos materiales son esencialmente Calizas y Dolomías del Cretácico Superior intensamente karstificados. Emerge sobre la zona más deprimida del Guadalquivir, y sobre estos cerros se encuentran numerosas cuevas que conservan restos primitivos de pinturas rupestres. La caída rocas y el desprendimiento de materiales son comunes en otros municipios vecinos como Cazorla, Quesada o Segura de la Sierra, entre otros (ver fichas HST17551101.317.02 y HST17551101.133.01 y HST17551101.371.01) todos ellos ubicados sobre la Zona Prebética. Hay catalogados cerca de 10 efectos de este tipo entre las provincias de Córdoba, Jaén y Granada, por lo que son una constate en este área englobada en la Cordillera Bética. Para el caso que nos ocupa, la localización del efecto se ha ubicado, de forma interpretativa, sobre el pico del conocido como Cerro Aznaitín de Jimena, cuya cota es de 1669 metros, puesto que resulta imposible localizar exactamente el lugar donde se produjo el colapso de la cueva. Debido al modelado kárstico de galerías subterráneas, se han configurado numerosas cuevas prehistóricas. En la falda hacia Jimena se encuentra la famosa Cueva de la Granja, en otra estribación se encuentra la cueva de los esqueletos o la cueva del Curro, aunque ninguna de ellas es el objeto del presente efecto.

Cuantificación: Pese a lo escueto de la reseña y la falta de datos que permitan establecer el volumen de tierra o roca desplazado, así como detalles sobre el efecto tales como la orientación o áreas afectadas, etc., podemos generarnos una ligera idea de la magnitud del fenómeno. Parece así, que los efectos de desprendimiento de rocas y rotura de estas fueron frecuentes, pese a la particularización del efecto sobre una sola cueva; el carácter geológico de la zona la hace propensa a este tipo de desprendimientos. Con todo ello, y ante la falta ya comentada de datos cuantitativos que nos permitan obtener o intuir el volumen de material afectado, se han tenido en cuenta los mismos efectos sucedidos en localidades vecinas, así como la zona sobre el mapa de isosistas en la que se encuadra dicha localidad, para poder otorgarle un hipotético grado de intensidad, cuyo valor establecido es de VI en la escala de intensidades ESI-07, siempre teniendo en cuenta que se trata de una estimación, pudiendo llegar a ser de incluso VII grados ESI-07.



Imagen de Google Earth con la ubicación interpretativa del EEE sobre el cerro Aznaitín de Jimena.



Cueva del Tío Malverano. Cara este del monte Aznaitín. http://aznaitin99.blogspot.com.es

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VI	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras se detectan carencias importantes de información, exageraciones e imprecisiones. Pese a todo se dispone de un gran volumen de información.*

Referencias bibliográficas:	Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.		
Información Recopilada	*Pedro V. Gómez, Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.222.01 *222.01. Playa de la Antilla, Lepe (Huelva)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/9

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
222 / Lepe	7° 11' 44,63" O	37° 12' 22,11" N	1 m	-	261 Km	OSO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Zona litoral (Playa)	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	El municipio de Lepe se encuentra enclavado dentro de la cuenca del Guadalquivir a escasos 5 km de la línea de costa. Desde la desembocadura del Guadiana, en Ayamonte, a su margen izquierda se extiende la barrera costera y mantos asociados, constituidos por arenas blancas con restos fósiles y abundantes minerales negros.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: limos arenosos y arenas	Arenas blancas	Sin identificar	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno	Cuaternario	Sin identificar	0,12	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Al hueso, Adobe, Mampostería y Sillería	Casas, Edificios, Iglesias y Conventos	Múltiples (75%)	Destructivo	VIII EMS / VIII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO:GK/9

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativa. Con respecto a la localidad de Lepe y sus proximidades se dispone de bastante información en cuanto a los daños ocasionados por el terremoto, si bien a la hora de evaluar los diferentes efectos sucedidos en la naturaleza, las descripciones son más vagas y escuetas. Así, en cuanto a efectos de fracturación del terreno, se cita que: *"A el segundo dia, 2, se dio la providencia por las Justicias a reconocer dicha playa, que nombran las Antillas, que es del término y jurisdicción de esta villa. Y se vieron diferentes aberturas en la tierra, profundísimas, cuyo fin no se apercibía. Y distintas embarcaciones desmanteladas, y otras varadas en lo alto."*

Interpretación: A tenor de las descripciones resulta complejo hacerse una idea de la magnitud de estos efectos, si bien si realiza una vista global de los efectos más graves acaecidos como consecuencia del terremoto en la zona que nos ocupa, costa atlántica andaluza, parece claro que hay un patrón común, que no es otro que la estructura de los materiales. Son comunes los EEEs en materiales blandos y de poca resistencia cuyo terreno destaca por su falta de consolidación. Esto ayuda a potenciar los efectos y agravar las consecuencias de los mismos, puesto que se puede producir el denominado efecto de amplificación. En el caso de Lepe, se trata de una zona litoral de arenas blancas y mantos eólicos que no se encuentran consolidados. Además, si nos centramos en el efecto que nos atañe, de fracturación del terreno, podemos apreciar que un efecto muy similar sucede la localidad colindante de La Redondela distante apenas 6 km, también en su playa, contigua a la de la Antilla (ver ficha HST17551101.329.01). En ese caso, el efecto se catalogó como procesos de licuefacción del terreno (LQ), con ayuda de una descripción más detallada en la que indicaba que *"Y habiéndose, en muchas partes y sitios de esta jurisdicción, apartado de las playas y orillas de el mar, que la tierra había abierto bocas o resquicios, por donde había salido arena, de las que están en dichas playas y sus aguas negras y hediondas a azufre, que no había quien las pudiese oler."* Por ello, no se descarta que el efecto sucedido en la Playa de la Antilla fuese también un proceso de licuefacción en lugar de fracturación del terreno, puesto que el reconocimiento de dicha playa y el descubrimiento de las aberturas sucedió el día 2, cuando la hipotética eyección de agua y arena ya habría cesado. En el caso de La Redondela, y siempre a tenor de su informe, parece que los efectos se percibieron *in situ*, dado que parece que se apreció como se apartaba el mar y se producían las eyecciones de arena. La localización del efecto se ha realizado de forma interpretativa sobre un punto arbitrario de la playa.

Cuantificación: Pese a la vaguedad en la reseña y la falta de detalle en cuanto a las dimensiones de las aberturas, es bastante significativo el hecho de que se abrieran varias de estas bocas; de este modo, puesto que los procesos de fracturación y agrietamiento del terreno son frecuentes y numerosos, tal y como se describe, además de la situación geográfica y del resto de efectos catalogados de intensidades similares en la zona, el grado de intensidad que se le otorga en función de estos parámetros es de IX en la escala ESI-07.



Imagen de Google Earth de la zona, Lepe al Norte y Playa de las Antillas al Sur, con la ubicación interpretativa del EEE.



Imagen del Mapa Topográfico Nacional MNT25. Playa de la Antilla.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras se detectan carencias importantes de información, exageraciones e imprecisiones. Pese a todo se dispone de un gran volumen de información.*

Referencias bibliográficas:	Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.		

Información Recopilada	*Pedro V. Gómez; Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.222.02 *222.02. Playa de la Antilla, Lepe (Huelva)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	TSUNAMI: TS/9

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
222 / Lepe	7° 12' 20,63" O	37° 12' 48,25" N	31 m	-	260 Km	OSO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Zona litoral (Playa)	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	El municipio de Lepe se encuentra enclavado dentro de la cuenca del Guadalquivir a escasos 5 km de la línea de costa. Desde la desembocadura del Guadiana, en Ayamonte, a su margen izquierda se extiende la barrera costera y mantos asociados, constituidos por arenas blancas con restos fósiles y abundantes minerales negros.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: limos arenosos y arenas	Arenas blancas	Sin identificar	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno	Cuaternario (Holoceno)	Sin identificar	0,12	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Al hueso, Adobe, Mampostería y Sillería	Barracas, Casas, Edificios, Iglesias y Conventos	Múltiples (75%)	Destructivo	VIII EMS / VIII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	TSUNAMI: TS/9

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas. Con respecto a la localidad de Lepe y sus proximidades se dispone de bastante información. Así, en cuanto al tsunami que afectó aquella costa, se cita que: *"Siendo pasado el tiempo como de media hora de haber cesado el terremoto llegaron a esta villa que dista del mar poco más de media legua distintos hombres marineros huyendo de la plaza, quasi los quieros(?) diciendo haberse abierto la tierra por distintas partes, y que el mar había salido de su curso. Y que venía para la villa. Que todas las embarcaciones y artes de pesca de sardina, con la gente de su tripulación, habían perecido, cuya noticia causó más confusión en todos, con tal precipitación que se ejercitaron a los montes, amparándose de sus alturas, y encumbrados cerros, experimentándose graves perjuicios en hombres, niños y mujeres, que precipitados se lastimaron con crueles golpes y heridas, durando esta confusión más de dos horas, que pasados se avisó haber retrocedido el mara su curso natural, siendo tres avenidas con las que acometió a la tierra"*. Más adelante, refiriéndose a los efectos del tsunami se cita: *Y distintas embarcaciones desmanteladas, y otras varadas en lo alto. Y cumbres de las Barracas que llaman del Fraile, de donde no son posible sacar por arte ni industria alguna, por ser mucha la altura, y a distancia de más de cien cuerdas a la orilla del mar."*

Interpretación: El tsunami afectó sobremanera a toda la zona litoral del sureste de la Península Ibérica siendo los daños materiales y humanos más o menos elevados en función de la proximidad de construcciones a la zona costera. Se da la circunstancia de que dicha villa vivía principalmente de la pesca de la sardina, por lo tanto, los pescadores habitaban en chozas o barracas que fueron arrasadas por el tsunami, en lo que hoy se conoce como Playa de Antilla, provocando numerosas muertes entre los que estaban en las embarcaciones y a pie de playa faenando la pesca. Según los documentos de la época, hay certificadas 203 personas ahogadas, cifra que se estima pudiera ser mayor puesto que este dato corresponde a los cuerpos recuperados. La localización del EEE no es interpretativa y se ubica en la Playa de Antilla, que se cita textualmente en el informe al que pertenece la descripción expuesta líneas más arriba y remitida desde Lepe.

Cuantificación: A partir de las descripciones de la época estudiadas se pueden extraer diferentes datos cuantitativos. El primero de ellos es que la línea de inundación podemos situarla cuanto menos a 700 m de la línea de pleamar (100 cuerdas); teniendo en cuenta que una cuerda castellana equivale, según la RAE (Real Academia Española), a ocho varas y media (8,5), y que la vara castellana equivale a 0,8395 metros. Por lo tanto, los restos que arrastró el tsunami se sitúan al menos a 710 m tierra adentro, distancia llamativamente menor que en otras localidades vecinas pero lógica, puesto que a esta distancia se sucede aquí, y en paralelo con la línea de costa, una serie de promontorios de terreno cuya cota máxima alcanza hasta los 36 m en algún punto, y por donde circula un arroyo llamado "del Fraile" lo que concuerda con la descripción. Tomando como fiable estos datos podemos estimar un *runup* mínimo de12-15 metros, que es la cota de la base del promontorio del Fraile, situándonos en una intensidad IX ESI-07 y TEE-16 (Lario *et al.*, 2016).



Imagen de Google Earth de la zona, Lepe al Norte y Playa de La Antilla al Sur, con la ubicación del EEE.



Fotografía del estado actual de Playa de La Antilla, con edificaciones de reciente construcción. www.eltiempo.es

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras se detectan carencias de información, exageraciones e imprecisiones.*

Referencias bibliográficas:
Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.
Lario, J. *et al.* (2016): Improving the coastal record of tsunamis in the ESI-07 scale: Tsunami Environmental Effects Scale (TEE-16 scale). Geologica Acta, 14 (2).

Información Recopilada	*Pedro V. Gómez, Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.231.01 *231.01. Luque (Córdoba)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/6 GK

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
231 / Luque	4° 16' 39,57" O	37° 33' 34,45" N	663m	140,76Km²	521Km	SO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Zona de Piedemonte (Olistolito)	Pendiente del terreno	Fuerte (15-30%)
Descripción Geológica	El municipio de Luque, al sur de la provincia de Córdoba, se sitúa en una zona de pendiente moderada, en la ladera sureste del Cerro del Algarrobo que constituye un gran Olistolito Jurásico. Así, la localidad se encuentra situada en el olistostroma frontal de la Cordillera Bética (Subbético) constituido por margas blancas arenosas miocenas, que fosilizan el olistostroma que incluye gran variedad de materiales jurásicos y cretácicos incluidos en la matriz olistostrómica triásica (keuper, fundamentalmente).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Olistostroma Bético	Margas blancas arenosas	Sin determinar	Semi consolidadas	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Jurásico – Triásico	Mioceno	Sin determinar	0,12	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	VI EMS / VII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO:GK/6

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas; con respecto a la localidad de Luque se dispone de una sola referencia en el informe remitido desde Cádiz en el que se cita que: *"En Luque se ha hecho una abertura en la tierra, y hay otra semejante en Cañete de las Torres, de la que se ha visto salir un humo maloliente."*

Interpretación: Como consecuencia del terremoto, son varios los efectos registrados de agrietamiento y fracturación en el terreno a lo largo de la Cordillera Bética como Cañete de las Torres, Quesada o Montoro. En cuanto a la geomorfología de la zona, Luque se sitúa en una zona de pendiente moderada, en el piedemonte sureste de un cerro denominado como "Cerro del Algarrobo". Se trata de un olistolito Jurásico (dolomías y calizas) de dimensión kilométrica que sobresale del olistostroma subbético y que en la zona queda incluido en las margas blancas arenosas miocenas, tal y como se puede apreciar en el Mapa Geológico de España. Como en la mayor parte del resto de los casos de agrietamientos (GK) y desprendimientos (SM) producidos en el campo lejano de este terremoto, se ubica a lo largo de la zona más frontal de la Bética en su tránsito a la Depresión del Guadalquivir. La ubicación del EEE se ha situado de forma interpretativa, y dado que no se dispone de información que permita una correcta ubicación del mismo, en el núcleo urbano de la citada localidad. Este punto viene definido por el Nomenclátor Geográfico de Municipios y Entidades de Población, publicado por el IGN (Instituto Geográfico Nacional), en el centroide del municipio con sus correspondientes coordenadas.

Cuantificación: Pese a lo escueto de las reseña y la falta de detalle en cuanto a la abertura, con ayuda de las descripciones, además de la situación geográfica y del resto de efectos catalogados de intensidades similares en la zona, se le ha otorgado un grado de intensidad en función de estos parámetros de, al menos, VI en la escala ESI-07, aunque quedaría incluido dentro de la zona de intensidad VII ESI-07. Descripciones más detalladas de estos efectos se encuentran en Montoro o Quesada.



Imagen de Google Earth de Luque, con la ubicación interpretativa del EEE.



Imagen del Mapa Topográfico Nacional (MNT25). Luque.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VI-VII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras se detectan carencias importantes de información, exageraciones e imprecisiones. Pese a todo se dispone de un gran volumen de información.*

Referencias bibliográficas:	Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.		
Información Recopilada	*Pedro V. Gómez; Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.259.02 *259.02. Río Tinto, Moguer (Huelva)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	TSUNAMI: TS/9

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
259 / Moguer	6° 52' 27,61" O	37° 16' 40,83" N	2 m	203,45 Km²	291 Km	OSO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura de inundación (Cauce fluvial)	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	En la desembocadura del río Tinto, a su paso por los términos municipales de Huelva y Moguer, se extiende una zona de amplias áreas ocupadas por zonas de marisma salobre que se prolongan con la llanura de inundación del río. La sedimentación en estas zonas es en general de arenas, limos y arcillas y se encuentra a unos 14-15 km tierra adentro sobre la margen derecha del río Tinto.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Limos arenoso-arcillosos	Gravas, Arenas, Limos y Arcillas	Sin identificar	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno Superior	Cuaternario	Sin identificar	0,11	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Adobe, Mampostería y Sillería	Casas, Conventos, Iglesias, Ermitas y Molinos	Múltiples (75%)	Destructivo	VII-VIII EMS / VIII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	TSUNAMI: TS/9

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas. Con respecto a Huelva y sus proximidades se dispone de una amplia información detallada en cuanto a los daños ocasionados por el terremoto; del mismo modo, y a diferencia de la mayoría de descripciones de otros lugares, también hay una amplia y detallada descripción de los efectos ocurridos sobre la naturaleza. Así, en cuanto al tsunami que afectó aquella costa, se cita que: *"El movimiento del mar, que tanto estrago ha hecho en las costas, no le sentimos en esta ciudad, porque se halla situada sobre terreno elevado con cerros y árboles de por medio, y a 2 leguas distante de él, pero se anotó una grande avenida tumultuaria de aguas saladas en su ría, extendiéndose extraordinariamente por las marismas contiguas a su situación."*

Interpretación: La zona donde se ubicada el EEE es una zona de marisma con terrenos poco consolidados y materiales blandos, gravas, arenas, arcillas y limos, que responden a la llanura de inundación del río Tinto, donde hoy se ubica una zona de marismas. El tsunami afectó a toda la zona litoral del sureste de la Península Ibérica siendo los daños materiales y humanos más o menos elevados en función de la proximidad de construcciones a la zona costera. En Huelva, al igual que en Ayamonte, fueron especialmente graves, el tsunami penetró tierra adentro a través de las marismas y terrenos bajos aumentando de forma considerable el cauce de los ríos (onda de tsunami) y provocando que estos se desbordasen, llegando penetrar en las calles y casas de estas localidades. Esto no sucede en la villa de Moguer, puesto que a diferencia de Huelva (ambas se encuentran prácticamente a la misma latitud y a la misma distancia de la línea de costa), el núcleo urbano de Moguer se encuentra a una cota mucho mayor que la de Huelva que, pese a que tiene zonas que rondan los 60 m de altitud, tiene y tenía en la época amplias zonas edificadas colindantes con el curso del río Odiel, y cuya altitud era ligeramente superior a la cota este y, por lo tanto, propensas a ser inundadas en situaciones especiales (ver ficha HST17551101.200.04). Moguer, por el contrario, se encuentra ubicado a una cota media de 50 m sobre una colina de arenisca calcárea que hizo las veces de barrera natural para evitar la inundación provocada por el tsunami que penetró en las marismas, y que sí afectó a Huelva. Se ha localizado el EEE de manera interpretativa, con ayuda de los informes y descripciones de la época, sobre un punto arbitrario de las marismas del río Tinto.

Cuantificación: A partir de las descripciones se pueden extraer diferentes datos cuantitativos. El primero de ellos es que la línea de inundación podemos situarla en torno a los 14-15 km, punto del que tenemos referencias al que llegaron las aguas (onda de tsunami). Podemos estimar, de forma hipotética, un *runup* de aproximadamente 5 metros, similar al registrado en la ficha de Huelva. Por lo tanto, el grado de intensidad que se le otorga en función de estos parámetros es de, al menos IX en la escala ESI-07, pero tan solo de VIII en la nueva escala TEE-16 (Lario *et al.*, 2016), con hechos destacables como que hay una importante erosión de las zonas costeras, provocando cambios significativos en su geometría (Barras de El Rompido y Punta Umbría).

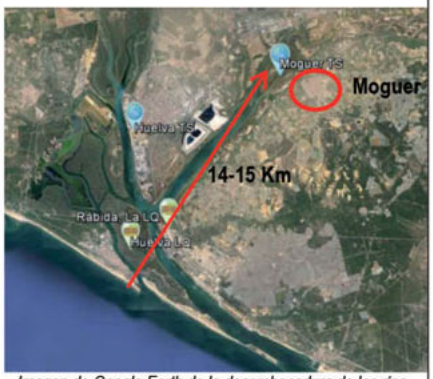


Imagen de Google Earth de la desembocadura de los ríos Odiel y Tinto, con los diferentes EEEs de la zona, incluido Moguer en la parte superior derecha, y las ubicaciones interpretativas de ellos.

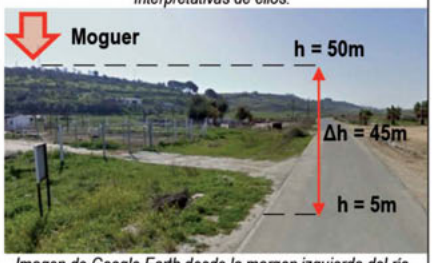


Imagen de Google Earth desde la margen izquierda del río Tinto. Sobre la colina de la izquierda se ubica Moguer, a la izquierda se extiende la zona de inundación del río.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX ESI07 VIII TEE16	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras se detectan carencias importantes de información, exageraciones e imprecisiones. Pese a todo se dispone de un gran volumen de información.*

Referencias bibliográficas:	Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp. Lario, J. *et al.* (2016): Improving the coastal record of tsunamis in the ESI-07 scale: Tsunami Environmental Effects Scale (TEE-16 scale). Geologica Acta, 14 (2).		

Información Recopilada	*Pedro V. Gómez, Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.269.02 *269.02. Montoro (Córdoba)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7 

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
269 / Montoro	4° 22' 54,87"	38° 01' 41,07" N	188 m	586,11 Km²	525 Km	SO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Cerro	Pendiente del terreno	Fuerte (15-30%)
Descripción Geológica	La población de Montoro y sus inmediaciones se sitúan sobre una cantera de piedra encarnada y de bastante consistencia, es la llamada piedra "molinaza", a partir de la cual se han construido muchas de las edificaciones de esta población. Se trata de una antigua cantera en la que a medida que se iba desmontando, se construían las viviendas. Se sitúa en la margen izquierda del río Guadalquivir.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario	Conglomerados y areniscas	Estratificado	Consolidado	I (1,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475} IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Triásico: Buntsandstein	Sin identificar	0,09	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería y mampostería	Casas, Ermita y Castillo	Algunas (5%)	Ligero	V-VIEMS / VI MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas. Con respecto a Montoro y sus proximidades en cuanto a efecto de movimientos de ladera, se cita que: *"En la cantera, que está sobre el Guadalquivir, y arranca del Norte hacia el Euro en distancia de más de quinientos pasos dobles romanos, despidió la violencia del terremoto un gran pedazo de aquella montaña de piedra hacia la parte del Nordeste, cuyos fragmentos, unos quedaron en la cuesta, y otros terminaron en el río. Asimismo todas las cuevas que hay en dichas canteras por esta parte están enormemente atormentadas, y en muchas partes cerrado el paso de sus conductos por los desgajes de la parte superior."*

Interpretación: De la descripción se extraen datos de interés que permiten elaborar una hipótesis sobre la localización del efecto. En ella, se localiza el desprendimiento de la montaña en una *"cantera, que está sobre el Guadalquivir"*. Montoro es, y ha sido, conocido por su particularidad geológica ya que se asienta sobre una gran roca de "molinaza". Hay referencias de que en tiempos anteriores eran comunes las canteras y explotaciones para extraer este material tan particular, por contra, hoy en día los canteros no extraen piedra de aquí, sino que van a buscar los lugares donde exista una mejor calidad de la piedra para su utilización. La piedra "molinaza" es una piedra rojiza, aunque su tonalidad varía de más claro a más oscuro según la zona de donde provenga, así en Montoro el color es más vivo que en otros lugares. Esta piedra tiene el grano muy suelto y es una piedra tierna debido al alto grado de humedad que soporta. Si observamos el Mapa Geológico Nacional, en su hoja nº 903 (Montoro) podemos encontrar uno de los datos que apoyan esta hipótesis, ya que el municipio de Montoro se ubica en la margen izquierda del río Guadalquivir, sobre un peñón cuyos materiales han sido clasificados en este como conglomerados y areniscas (color rosa en la segunda imagen que acompaña al texto), mientras que en la margen izquierda los materiales que se erigen más próximos al río son conglomerados y cuarcitas del Devónico Inferior (color naranja) y otros materiales como arenas y limos (en azul cielo). Cierto es que aparecen algunas bandas en la margen derecha del río, al NO de Montoro, pero se cree que la ubicación original del efecto es probable que se sitúe sobre el pronunciado cantil de la cara externa del meandro que se origina pocos cientos de metros aguas arriba de la población, que concordaría con la dirección NE de los desprendimientos y con su proximidad al río, donde acabaron finalmente alguno de los bloques rocosos. La caída rocas y el desprendimiento de materiales, como consecuencia del terremoto, son comunes en la Cordillera Bética, sobre todo en localidades como Cazorla, Quesada o Segura de la Sierra, entre otros, pertenecientes todos ellos a la Zona Prebética, y distantes de Montoro aproximadamente 100 km.

Cuantificación: Pese a lo escueto de la reseña y la falta de datos que permitan establecer el volumen de roca desplazada, disponemos de detalles tales como la orientación del derrumbe *"despidió la violencia del terremoto un gran pedazo de aquella montaña de piedra hacia la parte del Nordeste, cuyos fragmentos, unos quedaron en la cuesta, y otros terminaron en el río"*. Podemos generarnos una ligera idea de la magnitud del fenómeno; parece así, que los efectos de desprendimiento de rocas fueron bastante grandes, dado que se habla de *"un gran pedazo de aquella montaña"*. Con todo ello, se han tenido en cuenta los mismos efectos sucedidos en localidades vecinas, así como la zona sobre el mapa de isosistas en la que se encuadra dicha localidad, para poder otorgarle un hipotético grado de intensidad, cuyo valor establecido es de VII en la escala de intensidades ESI-07, pudiendo eso variar grado arriba o grado abajo.



Imagen de Google Earth de la ubicación interpretativa del EEE sobre Montoro.

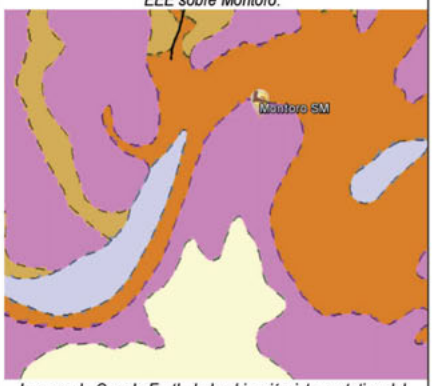


Imagen de Google Earth de la ubicación interpretativa del EEE sobre Montoro, con la capa del Mapa Geológico Nacional superpuesta (.kml)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo.*

Referencias bibliográficas:	Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.		
Información Recopilada	*Pedro V. Gómez, Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.27.01 *27.01. Algeciras (Cádiz)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	TSUNAMI: TS/6

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
27 / Algeciras	5° 26' 51,87" O	36° 07' 52,96" N	12 m	85,80 Km²	409 Km	NO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Zona litoral (Bahía)	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	La Bahía de Algeciras se sitúa en la parte dorsal del Arco de Gibraltar en su zona Mediterránea. Se trata de una gran bahía natural de orientación N-S enmarcada entre los relieves montañosos verticalizados de los Flysch béticos (al Oeste) y el Peñón de Gibraltar (al Este). Aunque el relleno sedimentario de la bahía es en su mayoría Plioceno (Calcarenitas), la zona afectada por el tsunami en el entorno portuario de la ciudad responde a terrazas marinas pleistocenas y sedimentos holocenos de naturaleza litoral y estuarina.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentarios: Calcarenitas	Arenas y Gravas	Estratificado	Semiconsolidado	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno	Pleistoceno-Holoceno	Sin Datos	0,009	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguno	V EMS / VI MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	TSUNAMI: TS/6

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas; con respecto a Algeciras y sus proximidades se cita que: "*Tres cuartos de hora posterior al terremoto se observó en el puerto de Alxeciras [= Algeciras] y en la costa, que se retiró el agua del mar como tres tantos más de su acostumbrado retiro de las mayores menguantes, no con mayor celeridad, y llegada a su término se avanzó a las orillas, y excediéndose sus límites ordinarios barbeó a algunas casas, cuya novedad puso en consternación a aquellos vecinos, pues muchos se prepararon a buscar las alturas durante este flujo y reflujo por todo el día, pero cada vez con menos ímpetu, de suerte que en la noche ya era quasi insensible*".

Interpretación: El tsunami afectó notablemente a toda la zona litoral del sureste de la península ibérica siendo los daños materiales y humanos más o menos elevados en función de la proximidad de construcciones a la zona costera, y haciendo especial daño en localidades como Ayamonte, Huelva, Cádiz o Conil, entre otras. Del mismo modo, también se notó en las localidades ubicadas en el denominado Arco de Gibraltar, como se refleja en el informe remitido desde Algeciras. El hecho de que la intensidad con la que fue sentida el tsunami fuese menor que en el resto del litoral oeste andaluz, responde a que el Arco de Gibraltar está situado geográficamente sobre la costa mediterránea andaluza, al este del Estrecho de Gibraltar, donde se ubica el cabo o punta de Tarifa, que hizo las veces de barrera natural y marca el límite de percepción del tsunami. En ese punto es en el último donde hay registro de olas de tsunami, a partir de ahí, y hacia el este, la percepción se limita al aumento de las aguas del mar, excediéndose estas de sus límites habituales. A tenor de las descripciones e informes de la época, parece que se produjo inundación generalizada en todo el entorno del Arco de Gibraltar, mucho menor, por los motivos anteriormente comentados, que la ocurrida en la Bahía de Cádiz donde las grandes olas tuvieron un efecto más devastador como se recoge en los informes de Cádiz o Puerto de Santa María (ver fichas HST17551101.108.01 y HST17551101.314.01). Así, parece que en el Arco de Gibraltar se produjo una "suave inundación" pero que generó gran alarma entre la población. El EEE se ubica sobre el propio municipio de Algeciras.

Cuantificación: A partir de la descripción recogida se pueden extraer diferentes datos cuantitativos. Así, la información que se aporta detalla que el nivel del agua excedió "*sus límites ordinarios barbeando algunas casas*", por lo que se puede interpretar una zona de inundación de en torno a 50-100 m. Además, se estima que el *runup* aquí no sería superior a 1-2 m. En función de estos parámetros se propone una intensidad mínima de grado VI, según la definición de los grados para la escala de intensidades ESI-07. En lo que respecta a la nueva escala de Tsunami Environmental Effects, TEE-16 (Lario *et al.*, 2016), le corresponde también un grado de intensidad VI TEE-16.

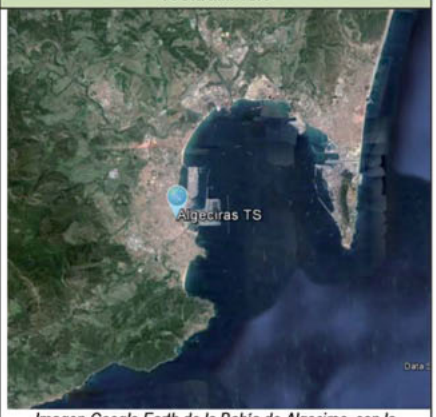


Imagen Google Earth de la Bahía de Algeciras, con la ubicación interpretativa del EEE.



Vista aérea de la Bahía de Algeciras

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VI ESI-07 VI TEE-16	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras se detectan carencias importantes de información, exageraciones e imprecisiones. Pese a todo se dispone de un gran volumen de información.*

Referencias bibliográficas:	Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp. Lario, J. *et al.* (2016): Improving the coastal record of tsunamis in the ESI-07 scale: Tsunami Environmental Effects Scale (TEE-16 scale). Geologica Acta, 14 (2).		
Información Recopilada	*Pedro V. Gómez; Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.271.01 *271.01. Moral de Calatrava (Ciudad Real)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/6 

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
271 / Moral de Calatrava	3° 34' 57,38" O	38° 50' 12,45" N	840 m	188,20 Km²	621 Km	SO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Cerro (relieve en cuesta)	Pendiente del terreno	Fuerte (15-30%)
Descripción Geológica	El municipio de Moral de Calatrava (Ciudad Real) se ubica a los pies de la Sierra del Moral, que se erige con una orientación SO-NE. Predominan los materiales como cuarcitas, areniscas y pizarras, del Ordovícico Inferior. Entre las diferentes cumbres se establecen una serie de coluviones y conos de deyección formados por gravas y cantos poligénicos de cuarcita y cuarzo, arenas, arcillas y carbonatos.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Metamórfico	Cuarcitas, Areniscas y Pizarras	Sin identificar	Consolidado	I (1,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Ordovícico	Ordovícico Inferior	Sin identificar	0,04	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Adobe y Sillería	Casas e Iglesia	Muchas (50%)	Grave	VI-VIIEMS / VI MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/6

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados y transcritos por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas. Con respecto a Moral de Calatrava y sus proximidades, se cuenta con un único informe remitido desde dicha villa, y en él en cuanto a movimientos de ladera se cita que: *"Los cerros y montes se notaron moverse como los edificios, viéndose algunas piedras que estaban asidas fuera de los sitios que ocupaban, y otras de las sueltas, rodadas."*

Interpretación: De la descripción de extraen datos de interés que permiten formar una ligera idea sobre la localización del efecto o las dimensiones del mismos. En cuanto a la localización del efecto es algo ambigua, ya que únicamente refiere que *"los cerros y montes se notaron moverse"* sin indicar más datos que permitan localizar el efecto. Tras estudiar la orografía y las estructuras montañosas de la zona, y dado que Moral de Calatrava se ubica a los pies de la Sierra del Moral, que se erige con una orientación SO-NE, y unos pequeños cerros que se localizan al Este del municipio a escasos 3 kilómetros, se ha supuesto que los desprendimientos referidos han tenido lugar sobre la denominada Sierra del Moral, que alcanza cotas superiores a los 850 m, frente a los 670 m de Molar de Calatrava. Por lo tanto, se ha interpretado en función de estos datos y de la descripción, que el efecto pudo tener lugar en esa zona. Constituye unos modestos relieves en cuesta cuyos frentes presentan laderas escarpadas y propensas a los fenómenos de caída de rocas y desprendimientos. Se trata de la localidad más septentrional de la Península donde se consignan este tipo de procesos a más de 600 km de distancia epicentral. Por tanto, como en otros casos catalogados, los efectos locales de amplificación (topográfica) han de tenerse en cuenta.

Cuantificación: Pese a lo escueto de la reseña y la falta de datos que permitan establecer el volumen de roca desplazado, así como detalles sobre el efecto tales como la orientación o áreas afectadas, etc., podemos generarnos una ligera idea de la magnitud del fenómeno. Parece así, que los efectos de desprendimiento de rocas y rotura no fueron un hecho aislado, y por el contrario sí fueron numerosos, dado que se habla de rotura de *"algunas piedras que estaban asidas fuera de los sitios"*, *"y otras de las sueltas"*. Con todo ello, se han tenido en cuenta los mismos efectos sucedidos en localidades vecinas, así como la zona sobre el mapa de intensidades en la que se encuadra dicha localidad (VI), para poder otorgarle un hipotético grado de intensidad, que se puede cuantificar en un mínimo de VI ESI-07.



Imagen de Google Earth de la zona, Moral de Calatrava, con la ubicación interpretativa del EEE sobre un punto de la Sierra del Moral.



Imagen del Mapa Topográfico Nacional (MNT50)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VI	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras se detectan carencias importantes de información, exageraciones e imprecisiones. Pese a todo se dispone de un gran volumen de información.*

Referencias bibliográficas:	Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.		
Información Recopilada	*Pedro V. Gómez, Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.277.01 *277.01. Niebla (Huelva)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	LICUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
277 / Niebla	6° 43' 29,28" O	37° 20' 04,24" N	43 m	223,62 Km²	305 Km	OSO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Valle fluvial (Río Tinto)	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	La zona sobre la que se localiza el EEE se encuadra en el valle del río Tinto, junto a su cauce, interpretada a través de las descripciones de la época. Se trata de una zona de terrazas fluviales del propio río. El camino sobre el que se refieren los efectos de licuefacción transcurre paralelo al cauce del río en el área de influencia de la llanura de inundación del río Tinto.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: arenas	Ruditas, arenas y fangolitas	Sin identificar	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Holoceno	Holoceno	< 6.000 BP	0,10	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Adobe, Mampostería y Sillería	Casas, Iglesias y Edificios Históricos	Múltiples (75%)	Grave	VII EMS / VIII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LICUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/8

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas. Con respecto a Niebla y sus proximidades se dispone de bastante información en cuanto a los daños ocasionados por el terremoto, si bien en cuanto a los efectos ambientales ocasionados por el mismo la información es más bien escueta. Así se cita que: *"En Niebla empezó después de las 10. Duró cerca de media hora. Maltrató mucho las Iglesias, las Casas Capitulares y otros edificios, derrocando media torre del Castillo, pero no hubo desgracia de personas, en el camino de esta villa a la ciudad de Moguer se abrieron también varias bocas, que arrojaron mucha agua, y una arena negra que olió a azufre, y puesta en la llama de una bujía chispeaba."*

Interpretación: A lo largo de la costa litoral atlántica andaluza se suceden numerosos efectos de licuefacción a consecuencia del terremoto, y la gran mayoría de ellos se producen en zonas donde los materiales predominantes son arenas, limos, arenas y arcillas, en zonas de marisma. No obstante, estos efectos también se documentan tierra adentro a lo largo de los valles fluviales de la zona (Guadiana, Odiel, Tinto, Guadalquivir, etc.), como son los casos de Moguer, Gibraleón, Bonares, Bollullos o Coria. La localización de estos efectos sigue un mismo patrón, se trata de materiales recientes poco consolidados en zonas de nivel freático alto (marismas, llanuras de inundación). Para el caso que nos atañe, se trata de ruditas, arenas y fangolitas de la llanura de inundación del río Tinto en la zona. En el caso de Niebla, y tras consultar diferentes escritos como el de Antequera Luengo (2008), se cree que el camino al que se hace referencia es el conocido como 'Antiguo Camino Real' que data del tiempo de los romanos y que ahí transcurre paralelo al curso del río Tinto. Los materiales donde se presupone que se asienta este camino, y sobre el que se produjeron las múltiples bocas, son arenas sin consolidar. La localización del EEE es interpretativa, situándolo sobre el mencionado camino unos 4 km al SO de la localidad de Niebla, coincidiendo con la zona denominada de las Balsas o Charcas de Balastrera, donde afloran múltiples cuerpos de agua próximas al mencionado camino, tal y como se menciona en la reseña recogida en Martínez Solares (2001).

Cuantificación: Pese a la vaguedad en la reseña y la falta de detalle en cuanto a las dimensiones de las bocas, es bastante significativo el hecho de que se abrieran varias de estas grietas, con emisión de abundante agua arena y gases: *"arena negra que olió a azufre, y puesta en la llama de una bujía chispeaba"*. Dado que los procesos de licuefacción y eyección de agua fueron frecuentes y numerosos, junto con la supuesta emisión de gases, nos situaría en una intensidad VIII ESI-07, acorde a las intensidades MSK y EMS asignadas a la zona (VIII).



Imagen de Google Earth de la zona, Niebla, con la ubicación interpretativa del EEE.



Detalle de Google Earth de la ubicación interpretativa del EEE sobre la margen derecha del curso del río Tinto.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras se detectan carencias importantes de información, exageraciones e imprecisiones. Pese a todo se dispone de un gran volumen de información.*

Referencias bibliográficas: Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.
Antequera Luengo, J.J. (2008). Principios de transmisibilidad en las heráldicas oficiales de Sevilla, Córdoba y Huelva. Facediciones. Sevilla (Spain), 946 pp.

Información Recopilada: *Pedro V. Gómez, Pablo G. Silva (USAL)*

Ficha Publicada: *Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España* | Número (Vol.): 2 | Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.314.01 *314.01. El Puerto de Santa María (Cádiz)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	TSUNAMI: TS/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
314 / El Puerto de Sta. María	6° 13' 44,96" O	36° 36' 00,45" N	4 m	159,34 Km²	337 Km	O	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Zona litoral (playa)	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	Zona litoral, de extensas áreas con barras litorales, playas, sistemas eólicos asociados y zonas pantanosas o marismas salobres, situadas en la margen derecha de desembocadura del río Guadalete, en lo que es conocido como el estuario del Guadalete y Bahía de Cádiz. Aquí predominan los suelos arcillosos y salitrosos, con juncos, eneas y otros materiales. Además, se distinguen grandes flechas litorales arenosas que cierran el estuario.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: limos y arenas	Arenas y conchas	Sin identificar	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475} IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cuaternario	Cuaternario (Holoceno)	< 6000 BP	0,10	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Adobe, Mampostería y Sillería	Casas, Iglesias	Varias (25%)	Moderado	VIIEMS / VII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	TSUNAMI: TS/8

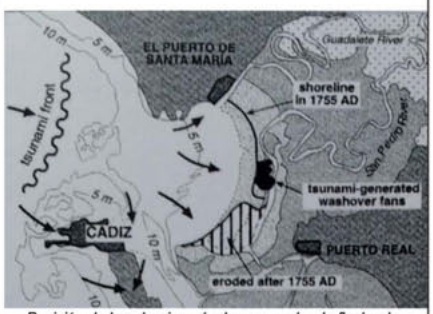
Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas. Con respecto a El Puerto de Santa María y sus proximidades se cita que: *"...,pues siendo las 11 y 10 minutos, se dejó ver un extraordinario movimiento en la mar, que levantando horrorosas olas se dejaba venir sobre la ciudad, cuyos vecinos avisados por la gente que huía de dicha Marina, hacia el centro del pueblo para tomar la altura,..., en la ribera de esta ciudad, en cuyo paraje, ya todo el largo por donde la baña el río, fueron inundadas todas las casas y almagacenes [= almacenes] en que recibieron los vecinos, sus edificios y mercaderías, crecidísimos daños. Con efecto, montó dicho golpe de mar hasta 5 brazas sobre la regular altura de las aguas, descuadernando por varias partes el Muelle principal y su escala, cuyas piedras arrojó a la parte de tierra más de 40 pasos, desapareciendo algunas otras. De las embarcaciones que se hallaban surtas en este río fueron muy pocas las que no arrojó, unas próximas de el mismo Muelle, y otras a distantes parajes de estos campos, de modo que las más de ellas no podrán volver a el agua, y una del bote que dio a una casa de la ribera arrasó no pequeña parte de ella. A el primer golpe del mar, siguieron otros extraordinarios, pero no tan crecidos".*

Interpretación: El tsunami afectó notablemente a toda la zona litoral del sureste de la Península Ibérica siendo los daños materiales y humanos más o menos elevados en función de la proximidad de construcciones a la zona costera, y haciendo especial daño en localidades como Ayamonte, Huelva, Cádiz o Conil, entre otras. Destaca sobre manera la zona de la Bahía de Cádiz, donde se encuentra la localidad del Puerto de Sta. María, que pese a estar más alejada del epicentro que las localidades costeras onubenses, también se vio afectada notablemente. Se trata de una zona muy vulnerable a cambios en las mareas dado que su nivel es ligeramente inferior al de las pleamares de aguas vivas, por lo que destacan las llanuras de mareas y los depósitos asociados a ellas (materiales blandos poco consolidados). A tenor de las descripciones e informes de la época, parece que se produjo inundación en toda la zona del estuario del Guadalete, afectando a la parte más cercana a este de la propia localidad, donde las olas rompieron las estructuras del puerto, dejando multitud de barcos encallados dentro de la ciudad y sobre los campos tierra adentro. Este hecho está en consonancia con los estudios llevados a cabo por De Luque Ripoll (2002) sobre la flecha litoral de Valdelagrana, que separa la zona estuarina del Guadalete de la línea de costa y en donde se identificaron cuatro abanicos de derrame (*washover fans*) asociados a dicho tsunami y situados en la margen oriental del cordón arenoso. A través del estudio de sondeos llevados a cabo, De Luque interpreta la presencia de tres o cuatro secuencias deposicionales granodecrecientes que se repiten dentro de cada abanico. Así, asocia el significado de estas diferentes secuencias a las tres olas principales que llegaron a las costas de Cádiz.

Cuantificación: A partir de las descripciones se pueden extraer diferentes datos cuantitativos. Así, la información que se aporta detalla que el nivel del agua excedió *"hasta 5 brazas sobre la regular altura de las aguas"*, lo que equivale a 8,35 metros (1 braza = 1,6718 m) de cota sobre el nivel del mar; cifra que se puede considerar como valor probable del *runup* y que está en consonancia con el valor estimado por Santos y Koshimura (2015). En función de estos parámetros, se estima una intensidad mínima de grado VIII ESI-07 e igualmente en la nueva escala de Tsunami Environmental Effects, TEE-16 (Lario *et al.*, 2016).



Imagen Google Earth del Puerto de Sta. María



Posición de los abanicos de derrame sobre la flecha de Valdelagrana. (De Luque Ripoll, 2002)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII ESI-07 VIII TEE-16	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras con exageraciones e imprecisiones.*

Referencias bibliográficas:

Lario, J. *et al.* (2016): Improving the coastal record of tsunamis in the ESI-07 scale: Tsunami Environmental Effects Scale (TEE-16 scale). Geologica Acta, 14 (2).

De Luque Ripoll, L. (2002). Cambios en los paleoambientes costeros del sur de la península Ibérica (España) durante el Holoceno. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. 343 pp.

Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.

Santos, A., Koshimura, S. (2015). The Historical Review of the 1755 Lisbon Tsunami. Journal of Geodesy and Geomatics Engineering. 38-52

Información Recopilada	*Pedro V. Gómez, Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.315.01 *315.01. Puerto Real (Cádiz)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	TSUNAMI: TS/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
315 / Puerto Real	6° 11' 24,58" O	36° 31' 44,09" N	4 m	195,96 Km²	340 Km	O	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Zona litoral (Marismas del Guadalete)	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	El municipio del Puerto Real se encuentra ubicado en el entorno de la Bahía de Cádiz, ocupada por las marismas del Río Guadalete, con llanuras de marea, flechas litorales y dunas. Esta comarca está rodeada por margas, arenas y conglomerados del Neógeno y Cuaternario, que reflejan la evolución reciente de la Bahía.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: limos y arenas	Arenas, limos y arcillas	Sin identificar	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cuaternario	Cuaternario (Holoceno)	< 6000 BP	0,10	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Adobe, Mampostería y Sillería	Casas, Iglesias	Varias (25%)	Moderado	V EMS / VI MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	TSUNAMI: TS/8

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas. Con respecto a Puerto Real y sus proximidades se cita que: *"En el flujo y reflujo del mar se experimentó haber excedido tres varas más de su curso natural, introduciéndose con suavidad esta distancia en las calles."*

Interpretación: El tsunami afectó notablemente a toda la zona litoral del sureste de la Península Ibérica siendo los daños materiales y humanos más o menos elevados en función de la proximidad de construcciones a la zona costera, y haciendo especial daño en localidades como Ayamonte, Huelva, Cádiz o Conil, entre otras. Destaca sobre manera la zona de la Bahía de Cádiz, donde se encuentra la localidad del Puerto Real ya que, pese a estar más alejada del epicentro que las localidades costeras onubenses, también se vio afectada notablemente. Se trata de una zona muy vulnerable a cambios en las mareas dado que su nivel es ligeramente inferior al de las pleamares de aguas vivas, por lo que destacan las llanuras de mareas y los depósitos asociados a ellas (materiales blandos poco consolidados). A tenor de las descripciones e informes de la época, parece que se produjo inundación generalizada en todo el entorno de la Bahía de Cádiz, que llegó incluso a destruir el arrecife que unía Cádiz y la Isla de León (actual San Fernando). En el caso particular de Puerto Real, se trata de un municipio que se encuentra más protegido de cara al mar, dado que se encuentra rodeado por diferentes barreras naturales como flechas litorales, lo que hizo que los efectos provocados por el tsunami fueran menores, no golpeando este tan de lleno como en Cádiz o Puerto de Santa María y produciéndose únicamente una "suave" inundación (ver fichas HST17551101.108.01 y HST17551101.314.01). El EEE se ubica sobre el propio municipio de Puerto Real.

Cuantificación: A partir de la descripción recogida en el Archivo Histórico Nacional se pueden extraer diferentes datos cuantitativos. Así, la información que se aporta detalla que el nivel del agua excedió "*tres varas más de su curso natural, introduciéndose con suavidad esta distancia en las calles*", lo que equivale a 2,5 metros (1 vara = 0,8359 m) de cota sobre el nivel del mar. En función de estos parámetros, se estima una intensidad mínima de grado VIII según la definición de los grados para la escala de intensidades ESI-07. En lo que respecta a la nueva escala de Tsunami Environmental Effects, TEE-16 (Lario *et al.*, 2016), le corresponde un grado de intensidad VII-TEE-16.

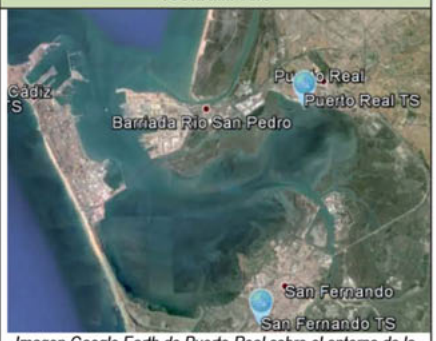


Imagen Google Earth de Puerto Real sobre el entorno de la Bahía de Cádiz.



Vista aérea de Puerto Real www.puertorealweb.es

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII ESI-07 VII TEE-16	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras se detectan carencias importantes de información, exageraciones e imprecisiones. Pese a todo se dispone de un gran volumen de información.*

Referencias bibliográficas:
Lario, J. *et al.* (2016): Improving the coastal record of tsunamis in the ESI-07 scale: Tsunami Environmental Effects Scale (TEE-16 scale). Geologica Acta, 14 (2).
Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.

Información Recopilada	*Pedro V. Gómez, Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.317.02 *317.02. Nacimiento del río Béjar, Quesada (Jaén)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7 

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
317 / Quesada	3° 01' 13,92" O	37° 49' 38,37" N	900 m	328,35 Km²	635Km	OSO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Cañón fluvial	Pendiente del terreno	Escarpada (50-70%)
Descripción Geológica	La zona afectada se encuentra en el nacimiento del río Béjar, un pequeño cañón fluvial situado a unos 6 km al sureste de la localidad de Quesada (Jaén). Las aguas brotan por varios puntos al pie de un resalte calizo de la Sierra de Cazorla junto a una formación tobácea de grandes dimensiones.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario	Dolomías masivas y calizas oolíticas	Sin identificar	Consolidado	I (1,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475} IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Jurásico	Jurásico	Sin identificar	0,09	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Adobe, Mampostería y Sillería	Casas, Edificios, Iglesias y Edificaciones Históricas	Varias (25%)	Moderado	VI-VII EMS / VI MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas; con respecto a Quesada y sus proximidades se dispone de una única reseña en la cual se dispone de bastante información. Así, se cita que: *"Y en un sitio, a distancia de un cuarto de legua de esta población, que llaman el Nacimiento, por nacer en él agua única de que se surte esta villa, a el mismo tiempo de el temblor de tierra, la gente que se hallaba en el campo, experimentó un gran ruido, y que se desgajaban de la tierra peñas, arrojando gran porción de humo como si fuera una calera que se quemaba y tanto que, al principio, advirtieron que las piedras subían hacia arriba, hasta que la abundancia de humo o vapor tapó todo el sitio y impidió la vista, habiéndose experimentado después falta en el manantial de agua."*

Interpretación: A partir de la descripción podemos interpretar que el *"Nacimiento"* al que se refiere, dado que son sus aguas las *"únicas que surten esta villa"*, es del nacimiento del río Béjar, que a día de hoy transcurre su curso por Quesada. La ubicación actual, y moderna, del punto exacto del nacimiento del río Béjar dista aproximadamente 5 km de la población de Quesada. En la descripción se señala que el lugar denominado como *"Nacimiento"* está *"a distancia de un cuarto de legua"* lo que equivale a menos de 2 km, teniendo en cuenta que una legua castellana de la época se corresponde con entre 5,5 y 6 kilómetros. Podemos entender así, y siempre según la descripción, que la ubicación del citado *"Nacimiento"* estaría en torno a 2 km alejado de la villa, distancia que se queda escasa sobre la localización actual del mismo nacimiento. Todo hace indicar que es un error de medición en la descripción, puesto que el terreno montañoso que forma la Sierra de Cazorla no comienza hasta los 4 kilómetros de distancia hacia el Este de la villa. En cuanto al humo o vapor, se entiende que correspondería a la nube de polvo que provocó el desprendimiento, que por las descripciones debió de ser bastante importante para impedir la vista del nacimiento del río, y que se extendería en una porción importante del pequeño cañón fluvial donde nace. Más difícil es interpretar la descripción de que *"al principio las piedras subían hacia arriba"*, que podría corresponder a un suceso de *"jumping stones"* que se considera en la categoría de otros efectos ambientales de la escala ESI-07. La caída rocas y el desprendimiento de materiales son comunes en otros municipios vecinos como Cazorla, Segura de la Sierra o Jimena, entre otro.; Hay catalogados cerca de 10 efectos de este tipo entre las provincias de Córdoba, Jaén y Granada, por lo que son una constate en esta área englobada en la Cordillera Bética.

Cuantificación: Pese a falta de detalles en la reseña que permitan establecer el volumen de tierra o roca desplazado podemos generamos una ligera idea de la magnitud del fenómeno. Parece así, que los desprendimientos de rocas y rotura de estas fueron bastante importantes, dado que levantó una gran nube de polvo que se extendió por el pequeño cañón fluvial. Asimismo, disminuyó notablemente el caudal del manantial que surte al río, que pudo haberse visto afectado por el desprendimiento. Puede atribuírsele una intensidad mínima de VI ESI-07, aunque la generación de nubes de polvo *y jumping stones* se considera en la mencionada escala a partir de grado VIII. Por tanto, se propone una intensidad intermedia de VII ESI-07, teniendo en cuenta que, como en otros casos de la Bética, se trata de un fenómeno de amplificación topográfica local.



Imagen de Google Earth con la ubicación interpretativa del EEE sobre el nacimiento del río Béjar.


Fotografía del Nacimiento del Béjar.
www.conocetusfuentes.com



Mapa Topográfico Nacional de la zona (MNT25)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras se detectan carencias importantes de información, exageraciones e imprecisiones. Pese a todo se dispone de un gran volumen de información.*

Referencias bibliográficas:	Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.		

Información Recopilada	*Pedro V. Gómez, Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.324.01 *324.01. Monasterio Sta. Mª de la Rábida, La Rábida (Huelva)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	LICUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/9

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
324 / La Rábida	6° 55' 49,22" O	37° 12' 28,08" N	4 m	-	284 Km	OSO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Zona litoral (marismas salobres).	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	Zona litoral de extensas áreas ocupadas por zonas pantanosas o marismas salobres. La sedimentación en estas zonas es en general de limos y arenas y se encuadra en la desembocadura de los ríos Tinto y Odiel, que conforman el Paraje Natural Marismas del Odiel, siendo este el segundo humedal más grande de Andalucía. En concreto, el Monasterio Sta. Mª de la Rábida se encuentra delimitado por el río Tinto y el Estero de Domingo Rubio.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario	Limos y arenas	Sin identificar	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475} IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cuaternario	Cuaternario	Sin identificar	0,12	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Adobe, Mampostería y Sillería	Casas, Iglesias y Edificios Históricos	Múltiples (75%)	Destructivo	VIII EMS / VIII MSK (Zona)

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LICUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/9

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas. Con respecto a Huelva y sus proximidades se dispone de una amplia información detallada en cuanto a los daños ocasionados por el terremoto; del mismo modo, y a diferencia de la mayoría de descripciones de otros lugares, también hay una amplia y detallada descripción de los efectos ocurridos sobre la naturaleza. Así, respecto a procesos de licuefacción se cita que: *"En el ángulo del convento de La Rábida, que hace frente al mar, reventó una columna o vejiga de aire, abriendo en la tierra una gran boca por la cual vio el Guardián y mucha parte de la Comunidad, que salió un grueso golpe de agua, elevándose más de ocho varas y dejando después muchas arenas y otros materiales."*

Interpretación: Se trata de una zona pantanosa con terrenos poco consolidados y materiales blandos, arenas, arcillas y limos, todo ello unido a la proximidad al epicentro, hacen muy propicia la aparición de numerosos efectos de licuefacción. A lo largo de la costa litoral atlántica andaluza se suceden numerosos procesos de licuefacción a consecuencia del terremoto, y la gran mayoría de ellos en zonas de marisma, tal y como sucede en las Marismas de Isla Cristina (Ayamonte), o en las de Doñana (Isla Mayor). En el caso de La Rábida se repiten estos efectos de licuefacción a lo largo y ancho de las marismas, un claro ejemplo de ello es lo sucedido en la Isla de Saltes, que se encuentra en la margen derecha del río Odiel, frente a la Punta del Convento, separados escasos 2 km, donde se detalla, según lo recogido por Martínez Solares (2001), *"En la isla de Salte [= Saltes] se abrieron dos, tan profundas, que habiendo después inundado el mar aquel paraje, se desaguó por ellas y cerraron presas."* Además, en el informe remitido desde Huelva hace una descripción generalizada de los efectos sobre esta zona. Hay que tener en cuenta que Huelva y La Rábida están a escasos 5 km por lo que podemos hacer extensiva la descripción que dice *"Los efectos más particulares que de éste se han notado por este país, son haber quedado en la tierra varias bocas abiertas, de las cuales se mantienen algunas, y otros se han ido cerrando poco a poco, especialmente después que ha llovido."* La localización que hace frente al mar (ángulo OSO) del EEE sobre la Punta del Convento hace caso a las descripciones. En referencia a la ocurrencia de que el *"terreno reventó y salió despedida una columna de agua de 8 varas de alto"*, hace referencia a un proceso de cráter de explosión y generación de una columna de agua (*water fountain*) de importantes dimensiones. En cuanto a los daños materiales, al no tener descripciones (es posible que por aquel entonces únicamente existiese el Convento) se han hecho extensivos los ocurridos en Huelva.

Cuantificación: Pese a la falta de detalle en cuanto a las dimensiones de las bocas, estas debieron de tener al menos dimensión métrica ya que se habla de "*una gran boca*", asociada en este caso a la generación de un chorro de agua de algo más de 6,5 m de altura (*"más de ocho varas"*), efectos diagnósticos de intensidad IX ESI-07. De este modo, puesto que los procesos de licuefacción y eyección de agua fueron frecuentes y numerosos en toda la zona incluyendo la Isla de Saltes, además de la situación geográfica y del resto de efectos catalogados de intensidades similares en la zona, el grado de intensidad que se le otorga en función de estos parámetros es de IX en la escala ESI-07.



Imagen de Google Earth de la zona, Punta del Convento de La Rábida, con la ubicación interpretativa del EEE.



Fotografía del Monasterio Sta. Mª de la Rábida, con las marismas en la parte superior de esta.
www.conocehuelva.com

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras se detectan carencias importantes de información, exageraciones e imprecisiones. Pese a todo se dispone de un gran volumen de información.*

Referencias bibliográficas: Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.

Información Recopilada: *Pedro V. Gómez, Pablo G. Silva (USAL)*

Ficha Publicada: *Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España* | Número (Vol.): 2 | Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.329.01 *329.01. La Redondela, Isla Cristina (Huelva)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	LICUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/9

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
329 / La Redondela	7° 15' 37,39" O	37° 12' 09,64" N	2 m	0 Km²	255 Km	OSO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Zona litoral (Marismas salobres)	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	La localidad de La Redondela se encuentra enclavada dentro de la Depresión del Guadalquivir a escasos 2 km de la línea de costa. Desde la desembocadura del Guadiana a lo largo de su margen izquierda se extiende su barra litoral delimitando una zona de marismas, Marismas de Isla Cristina, que se prolongan hasta las proximidades (c. 800 m) de la localidad aquí catalogada.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: limos arenosos y arenas	Limos y arenas	Estratificada	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno	Cuaternario(Holoceno)	< 6.000 BP	0,12	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Al hueso, Adobe, Mampostería y Sillería	Barracas, Casas, Iglesias y Puentes	Múltiples (75%)	Destructivo	VII-VIII EMS / VIII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LICUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/9

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas. Con respecto a la localidad de La Redondela y sus proximidades se dispone de bastante información en cuanto a los daños ocasionados por el terremoto, si bien a la hora de evaluar los diferentes efectos sucedidos en la naturaleza las descripciones son más vagas y escuetas. Así se cita que: *"Y habiéndose, en muchas partes y sitios de esta jurisdicción, apartado de las playas y orillas de el mar, que la tierra había abierto bocas o resquicios, por donde había salido arena, de las que están en dichas playas y sus aguas, negras y hediondas a azufre, que no había quien las pudiese oler."* Dicha reseña no permite ubicar los efectos de licuefacción con exactitud pero sí permite generar una ligera idea de lo que allí aconteció.

Interpretación: Como se ha comentado, a través de la descripción el lector puede hacerse una ligera idea de lo acontecido en la citada localidad, que en la actualidad se trata de una entidad local autónoma perteneciente al municipio de Isla Cristina. Al igual que sucede a lo largo de la costa atlántica andaluza, se reproducen los efectos de licuefacción en el terreno especialmente en zonas costeras y de materiales poco consolidados. Tal son así los casos de Ayamonte, Almonte, Huelva (en la Isla de Saltes) o en el ángulo del Convento de La Rábida, entre otros, todos ellos ubicados en zonas de marisma de similares características. En el caso de La Redondela y según se cita en la descripción recogida por Martínez Solares (2001), parece ser que los efectos se suceden en la prolongación de las Marismas de Isla Cristina que se prolongan hasta aproximadamente 800 m de esta localidad. La referencia a las arenas de las playas es en relación a la "sorpresa" de ver salir arenas de tipo playa en el interior de las zonas de marisma, donde no las hay. En la actualidad se observa que en la zona oriental de las Marismas de Isla Cristina, surcada por numerosos esteros, aparecen multitud de lucios (pequeñas charcas) de geometría subcircular y dimensiones de entre 6 – 4 m de diámetro, hasta otros más pequeños de apenas 1 - 2 m, ilustrados en la imagen de la derecha. Estos solo aparecen (en gran número) en esta zona oriental en las proximidades de Redondela, no observándose los mismos en el cuerpo principal de las marismas entorno a Isla Cristina, siendo solo frecuentes. Se interpreta que estos pequeños lucios, anómalamente subcirculares y alejados de los esteros principales, podrían reflejar los procesos de licuefacción (bocas o cráteres) que se documentan en la zona, y de este modo se ha localizado en esta zona el efecto catalogado.

Cuantificación: Pese a lo escueto de la reseña y la falta de detalle en cuanto a las dimensiones de las bocas, es bastante significativo el hecho de que se abrieran varias de estas bocas *"en muchas partes y sitios"*. Las observaciones realizadas permiten interpretar los pequeños lucios de dimensiones métricas (1 - 6 m) como las numerosas bocas que se mencionan en la reseña. Estas ocupan un área máxima de 480x10^3 m^2 y no se observan en el entorno de Isla Cristina. De este modo, estas dimensiones indican una intensidad mínima de IX ESI-07, acorde además con la de efectos catalogados de intensidades similares a lo largo del litoral del Golfo de Cádiz.



Imagen de Google Earth de la terminación oriental de las Marismas de Isla cristina en el entorno de La Redondela con la ubicación interpretativa del EEE catalogado.



Imagen de Google Earth del entorno de La Redondela con las ubicaciones interpretativas de diferentes EEE catalogados.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras se detectan carencias importantes de información, exageraciones e imprecisiones. Pese a todo se dispone de un gran volumen de información.*

Referencias bibliográficas:	Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.		
Información Recopilada	*Pedro V. Gómez, Grado en Ingeniería Geomática y Topografía (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2016

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.329.02 *329.02. La Redondela, Isla Cristina (Huelva)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	TSUNAMI: TS/9

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
329 / La Redondela	7° 16' 09,67" O	37° 12' 06,92" N	1 m	0 Km²	255 Km	OSO	**XI-XII EMS / 8,5 M***

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Zona litoral (Marismas salobres)	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	Zona litoral de extensas áreas con barras litorales, playas, sistemas eólicos asociados y zonas pantanosas o marismas salobres, situadas en la margen izquierda de la desembocadura del Guadiana. Se trata de la terminación oriental de las Marismas de Isla Cristina, que se prolongan unos 11 km hasta la localidad de La Redondela (situada) tierra adentro. La zona es surcada por numerosos esteros y cauces y zonas inundables durante marea alta, que en esta zona es de unos 4 m.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Arenas y gravas arcillosas rojas	Limos, arcillas y arenas	Estratificado	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pliocuaternario	Cuaternario (Holoceno)	< 6000 BP	0,13	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Al hueso, Adobe, Mampostería y Sillería	Barracas, Casas, Iglesias y Puentes	Múltiples (75%)	Destructivo	VII-VIII EMS / VIII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	TSUNAMI: TS/9

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas. Con respecto a la localidad de La Redondela y sus proximidades se dispone de bastante información en cuanto a los daños ocasionados por el terremoto, tanto humanos, como materiales. A la hora de evaluar los diferentes efectos sucedidos en la naturaleza las descripciones son más escuetas. Así se cita que: *" poco tiempo después [del temblor] vinieron muchas personas de las que se hallaban en las playas de la Tuta, de esta jurisdicción, ocupados las jábegas y tráfico de la pesca de la sardinas, vociferando y diciendo que el mar había salido de su curso, con tan formidable inundación que había llegado a más de media legua de tierra, llegando donde nunca se había conocido, llenándose más de ciento y cuarenta chozas o barracas de dichas artes, que estaban situadas en los más altos .....(?) de tierra, donde se imposibilitaba pudiese nunca llegar el agua."*

Interpretación: La Redondela se encuentra al sur, en la terminación occidental de las Marismas de Isla Cristina, protegidas por una extensa barra litoral con su alargada playa y mantos eólicos asociados. El tsunami afectó a toda la zona litoral del sureste de la Península Ibérica siendo los daños materiales y humanos más o menos elevados en función de la proximidad de construcciones a la zona costera. En el caso de La Redondela fueron especialmente graves, al igual que en Ayamonte (dichas localidades distan entre sí escasos 12 km) tanto por las pérdidas materiales como humanas. Se da la circunstancia de que ambas localidades vivían principalmente de la pesca de la sardina, por lo tanto en las cercanías de ambas los pescadores habitaban en chocas o barracas que fueron arrasadas por el tsunami, lo que incrementó sobremanera los daños humanos, provocando numerosas muertes de las cuales, y siempre según los documentos de la época, hay certificadas 276 personas ahogadas en esta zona, cifra que se estima mucho mayor puesto que este dato corresponde a los cuerpos recogidos. La localización del EEE es interpretativa a partir de las descripciones de la época.

Cuantificación: A partir de las descripciones se pueden extraer diferentes datos cuantitativos. El primero de ellos es que la línea de inundación podemos situarla unos 2,7 km tierra a dentro (una legua castellana equivale a 5.572 m), ya que en la reseña se cita que *"había llegado a más de media legua de tierra"*. Es decir, la inundación debió de llegar prácticamente hasta la misma localidad, situada a unos 2 km de la línea de costa inundando posiblemente la totalidad de las Marismas, sobrepasando el cordón eólico de la playa de una altura media de 6-5 m, que podría considerarse la altura de la ola. Este dato no se refleja en la descripción, pero a juzgar con lo descrito en Torre Canela (13 m), situada en la zona central de estas marismas, tenemos que intuir que el valor de 5-6 m sería la altura mínima. Tomando como fiables los datos que se ofrecen en la descripción, podemos estimar un *runup* de aproximadamente 5-8 metros si tenemos en cuenta la cota de La Redondela y alrededores, y asumiendo que esta no se ha modificado desde 1755. Estos parámetros permiten asignar una intensidad mínima de IX ESI-07 e igualmente en la nueva escala de Tsunami Environmental Effects, TEE-16 (Lario *et al.*, 2016).



Imagen de Google Earth de las playas de La Redondela con las ubicaciones interpretativas de los EEE.



Fotografía aérea de la playa de La Redondela, donde se ubican de forma interpretativa los EEEs. www.eltiempo.es

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo con mayor o menor detalle. Pese a todo se dispone de un gran volumen de información.*

Referencias bibliográficas:
Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.
Lario, J. *et al.* (2016): Improving the coastal record of tsunamis in the ESI-07 scale: Tsunami Environmental Effects Scale (TEE-16 scale). Geologica Acta, 14 (2).

Información Recopilada: *Pedro V. Gómez, Pablo G. Silva (USAL)*

Ficha Publicada: *Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España* | Número (Vol.): 2 | Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.336.01 *336.01. Ronda (Málaga)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	ANOMALÍA HIDROLÓGICA: HA/7

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
336 / Ronda	5° 09' 55,51" O	36° 44' 14,13" N	729 m	481,30 km²	432 km	SO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Relieve Estructural	Pendiente del terreno	Escarpada (50-70%)
Descripción Geológica	La localidad de Ronda se sitúa sobre las areniscas y conglomerados del Mioceno Superior que conforman el denominado Tajo de Ronda, de más de 100 metros de profundidad, por el que discurre el río Guadalevín. Este cañón fluvial divide la población que se extiende sobre dos relieves estructurales de tipo mesa, siendo el que posee el casco antiguo de la población el situado más al Sur, que también es el de menores dimensiones.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Areniscas y Conglomerados	Areniscas y Conglomerados	Estratificada	Consolidado	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475} IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno Superior	Mesiniense	Sin identificar	0,15	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Adobe, Mampostería y Sillería	Casas, Cortijos y Conventos	Algunas (5%)	Ligero	V EMS / VI MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	ANOMALÍA HIDROLÓGICA: HA/7

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas. Con respecto a la localidad de Ronda se dispone de bastante información en cuanto a los daños ocasionados por el terremoto. Así, en cuanto a otros efectos secundarios cosísmicos, se cita que: "*Los aljibes o cisternas que hay en algunos conventos, y en muchas casas para recoger las aguas llovedizas, por no haber pozos manantiales, se observó que dichas aguas se subían a los brocales, dando borbotones como si estuvieran hirviendo. Asimismo se notó que una mina manantial de un crecido caudal de aguas, que cae al tajo, y río que siempre echa y ha echado un golpe de agua grande muy clara, sin que hasta de presente se haya descubierto su nacimiento, arrojaba dicha agua con más aumento, muy turbia, gredosa, y de color de barro, y continuó así desde dicho terremoto por tres días siguientes. Y volvió a su antiguo ser y curso.*"

Interpretación: El Monumento Natural Tajo de Ronda presenta una formación geológica de gran envergadura originada por la acción erosiva del río Guadalevín, que al discurrir por una zona de areniscas y conglomerados calcáreos (Fm. Tajo) da lugar a una importante erosión diferencial que genera un cañón fluvial de gran envergadura. En cuanto al efecto propiamente dicho, se trata de una descripción detallada que recoge por un lado efectos de anomalías hidrológicas (HA), como es el aumento de caudal en la mina manantial, y por otro lado efectos hidrogeológicos (HD), como es la turbidez del agua: *"arrojaba dicha agua con más aumento, muy turbia, gredosa, y de color de barro"*. También se describe el movimiento anómalo de las aguas (WA) en los aljibes (borbotones y derramamiento). Los registros de dichos efectos a lo largo de la Península Ibérica son muy comunes y frecuentes, y también se reproducen, como no podía ser menos, en localidades vecinas como Benaocaz y Setenil de las Bodegas (Cádiz) o Coín, Casarabonela, El Burgo e Igualeja (Málaga). La ubicación del EEE se ha localizado, tal y como reza la descripción, sobre el mismo Tajo de Ronda, situándose el efecto ambiental (HD) sobre el núcleo de población para evitar el solape de ambos identificadores sobre la imagen.

Cuantificación: A partir de las descripciones recogidas por Martínez Solares (2001), podemos establecer diferentes datos que permitan otorgar un grado de intensidad ESI-07. De este modo, parece que se trata de un efecto común, y no aislado, que se repite con frecuencia en "*algunos conventos, y en muchas casas*", cuyas variaciones son significativas (WA). Este oleaje anómalo se registra en la zona antigua de Ronda, constituida por el cerro más pequeño en que el Tajo divide la población. Por tanto, hay que considerar una muy probable amplificación topográfica que explique este efecto. Por otro lado, las anomalías hidrogeológicas e hidrológicas (variaciones de caudal y turbidez en el agua) son notorias y persistentes (3 días). Con todo se puede estimar una intensidad de, al menos, grado VI ESI-07, que está en consonancia con la intensidad MSK otorgada, pudiendo llegar a ser los efectos HA y HD, incluso de intensidad VII ESI-07, a juzgar por lo común y significativo de las variaciones.

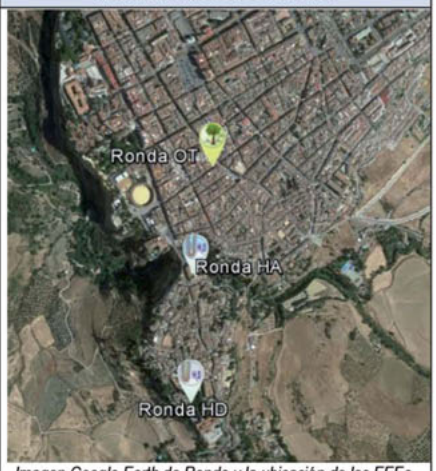


Imagen Google Earth de Ronda y la ubicación de los EEEs.


Imagen del Monumento Natural Tajo de Ronda.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se detallan los efectos y las consecuencias del mismo, algunas veces se detectan carencias importantes de información, exageraciones e imprecisiones y otras de manera precisa, como es el caso.*

Referencias bibliográficas:	Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.		
Información Recopilada	*Pedro V. Gómez; Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.336.03 *336.03 Ronda (Málaga)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	OTROS EFECTOS: OT/7

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
336 / Ronda	5° 09' 55,51" O	36° 44' 14,13" N	729 m	481,30 km²	432 km	SO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Relieve Estructural	Pendiente del terreno	Escarpada (50-70%)
Descripción Geológica	La localidad de Ronda se sitúa sobre las areniscas y conglomerados del Mioceno Superior que conforman el denominado Tajo de Ronda, de más de 100 metros de profundidad, por el que discurre el río Guadalevín. Este cañón fluvial divide la población que se extiende sobre dos relieves estructurales de tipo mesa, siendo el que posee el casco antiguo de la población el situado más al Sur, que también es el de menores dimensiones.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Litología Sustrato Rocoso
Areniscas y Conglomerados	Areniscas y Conglomerados	Estratificada	Consolidado	Areniscas y Conglomerados
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$ IGN 2012 (g)**	**Edad sustrato (MAGNA)**
Mioceno Superior	Mesiniense	Sin identificar	0,15	Mioceno Superior

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Adobe, Mampostería y Sillería	Casas, Cortijos y Conventos	Algunas (5%)	Ligero	V EMS / VI MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	OTROS EFECTOS: OT/7

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas. Con respecto a la localidad de Ronda se dispone de bastante información en cuanto a los daños ocasionados por el terremoto. Así, en cuanto a otros efectos secundarios cosísmicos, se cita que: *"Los árboles se movían a uno y otro lado, tocando con sus copas en la tierra."*

Interpretación: El Monumento Natural Tajo de Ronda presenta una formación geológica de gran envergadura originada por la acción erosiva del río Guadalevín, que al discurrir por una zona de areniscas y conglomerados calcáreos (Fm. Tajo) da lugar a una importante erosión diferencial que genera un cañón fluvial de gran envergadura. En cuanto al efecto propiamente dicho, se trata de una de las descripciones menos detalladas de las recogidas en otros municipios con los mismos efectos. A partir de las citadas descripciones, se puede identificar, dada la clasificación que recoge la escala ESI-07, como otros efectos secundarios cosísmicos sobre la naturaleza. Así, el movimiento y caída de árboles es recogido en otros informes de diferentes localidades como Chinchilla, Bogarra y Almansa (Albacete) o Ponteareas y Ribas de Miño (Pontevedra), entre otros. En algunos de ellos, las descripciones son más detalladas y especifican el hecho singular de que el movimiento de los árboles se producía sin haber en el ambiente síntomas de viento alguno. La ubicación del EEE se ha localizado de forma interpretativa sobre el actual casco urbano, si bien se cree que fue algo general en la zona de Ronda, cuya distancia epicentral es de 432 km, y en donde son muy numerosos los olivos y diferentes árboles frutales.

Cuantificación: Resulta complejo evaluar valores determinantes para poder cuantificar dicho EEE. Pese a todo, se puede estimar que se trata de uno de los efectos más relevantes de los que se tiene registro, puesto que como se detalla en la descripción, los árboles llegaron a tocar el suelo: *"tocando con sus copas en la tierra"*. Estas observaciones, obviamente algo exageradas, nos indicarían una intensidad mínima VI ESI-07. Como se indica en otra ficha correspondiente a esta localidad sobre anomalías hidrológicas y movimiento anómalo de cuerpos de agua (ver ficha HST17551101.336.01), es necesario considerar un efecto de amplificación topográfica en la zona superior de los dos pequeños cerros o mesas sobre las que se sitúa esta población, pudiéndose alcanzar incluso intensidad VII de forma local.



Imagen Google Earth de Ronda y la ubicación interpretativa del EEE.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se detallan los efectos y las consecuencias del mismo, algunas veces se detectan carencias importantes de información, exageraciones e imprecisiones y otras de manera precisa, como es el caso.*

Referencias bibliográficas:	Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.		
Información Recopilada	*Pedro V. Gómez; Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.358.01 *358.01. San Silvestre de Guzmán (Huelva)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
358 / San Silvestre de Guzmán	7° 21' 00,70" O	37° 23' 19,12" N	152 m	48,59 Km²	255 Km	OSO	**XI-XII EMS / 8,5 M***

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Penillanura	Pendiente del terreno	Suave (5-10%)
Descripción Geológica	El municipio de San Silvestre de Guzmán se encuentra en el límite comprendido por el extremo sur de la Faja Pirítica Hispano Portuguesa a un lado, y por la Depresión del Guadalquivir, al otro. Asentada sobre materiales del Carbonífero Inferior (pizarras y grauvacas fosilíferas), se ubica en la margen derecha del río Guadiana, que dista de dicha villa aproximadamente 8 km.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Metamórfica	Pizarras y grauvacas fosilíferas	Foliado	Consolidado /Meteorizado	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475} IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Carbonífero	Carbonífero inferior	Sin identificar	0,10	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Adobe	Casas y Edificios	Varias (25%)	Ligero	VI-VII EMS / VII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO:GK/8

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas; con respecto a los efectos que sobre la naturaleza causó dicho sismo en la localidad de San Silvestre del Guzmán y sus proximidades se cita que: *"En la tierra causó algunas grietas y aberturas, observándose una alteración muy sensible en fuentes y pozos, pues algunos se secaron enteramente; en otros se aumentó el agua y todos se enturbiaron considerablemente al tiempo del terremoto, corriendo algunos arroyos que estaban totalmente sin agua, y brotando ésta es muchas partes que nunca lo ha habido."*

Interpretación: A tenor de la descripción, resulta complicado cuantificar las dimensiones y consecuencias de las aberturas puesto que no se dispone de datos cuantitativos. En cuanto a la zona donde se produjeron dichos efectos, resulta complejo ubicarlos dado que no disponemos de más herramientas que del informe remitido desde San Silvestre de Guzmán y recogido por Martínez Solares (2001) tal y como se detalla líneas más arriba, en el que en ningún momento se detalla ninguna localización o dato que permita posicionar los EEE. En ella, lo que sí se aprecia, son la ocurrencia simultánea de otros EEEs como anomalías hidrológicas (HA: variación del caudal de fuentes y pozos y aparición de nuevas fuentes), efectos hidrogeológicos (HD: turbación en las aguas de fuentes y pozos) u oleaje anómalo en cuerpos de agua (WA: variación del caudal en ríos o arroyos). Por tanto, dado que con los datos que disponemos no se pueden ubicar con certeza los diferentes EEEs, se ha decidido emplazarlos, de forma interpretativa, sobre el núcleo de población de la citada villa con las coordenadas que se le asigna en el Nomenclátor Geográfico de Municipios y Entidades de Población. En cuanto a la geología de la zona, destacan los materiales englobados, tal y como recoge Donaire Romero, T. et *al.* (2008), como Grupo Culm comprende principalmente rocas sedimentarias del Carbonífero depositadas con posterioridad al magmatismo de la Faja Pirítica Ibérica. Está constituido fundamentalmente por una formación turbidítica de facies Culm s.s. que es la más característica de este Grupo y una de las de mayor superficie de afloramiento en la provincia de Huelva. Se trata de una secuencia formada fundamentalmente por pizarras y areniscas, aunque también se han descrito algunos conglomerados. Se trata de depósitos originados por corrientes de turbidez (en el antiguo fondo marino) caracterizados por la alternancia de areniscas y de pizarras. Sus rasgos estructurales permiten suponer que los agrietamientos se produjeron a favor de las diferentes discontinuidades (planos de fracturación y planos de foliación) que afectan a estos materiales de dirección general NO-SE en la zona.

Cuantificación: Pese a lo escueto y vago de la reseña y la falta de detalle en cuanto a las dimensiones de la abertura, es bastante significativo el hecho de que hubiese "algunas grietas y aberturas", dando por hecho que no fue un efecto aislado sino que se repitió en mayor o menor medida, además acompañados de una gran variedad de otros EEEs. Teniendo en cuenta la situación geográfica y el resto de efectos catalogados de intensidades similares, el grado de intensidad que se le otorga en función de estos parámetros es de VIII en la escala ESI-07.

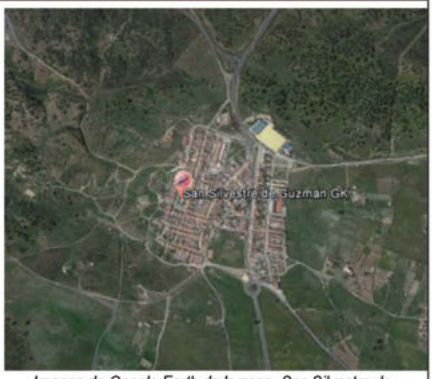


Imagen de Google Earth de la zona, San Silvestre de Guzmán, con la ubicación interpretativa del EEE.



Localización de la zona afectada y la comarca del Andévalo. Mapa Topográfico Nacional MNT500.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras se detectan carencias importantes de información, exageraciones e imprecisiones. Pese a todo se dispone de un gran volumen de información.*

Referencias bibliográficas:	Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp. Donaire Romero, T. *et al.* (2008). Geología de la Zona Surportuguesa (Andévalo). Universidad de Huelva, Huelva (Spain).
Información Recopilada	*Pedro V. Gómez; Pablo G. Silva (USAL)*
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España* — Número (Vol.): 2 — Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.36.01 *36.01. El Rocío, Almonte (Huelva)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
36 / Almonte	6° 28' 32,48" O	37° 07' 16,59" N	8m	-km²	321 Km	OSO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Marismas del río Guadalquivir (Límite Occidental).	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	La zona de Almonte está englobada regionalmente dentro de la Depresión Neógena del Guadalquivir. Se extienden materiales sedimentarios Miocenos, Pliocenos y Cuaternarios, que topográficamente van descendiendo suavemente hacia el sur, donde quedan recubiertos por las formaciones de marisma o sedimentos eólicos. La zona de El Rocío se ubica en la margen derecha del Arroyo de la Rocina, en el límite de la zona de marismas compuesta por limos y arcillas de edad Holocena.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: limos arenosos calcáreos	Arenas y limos	Sin identificar	Sin consolidar	Clase IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475} IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno Superior	Cuaternario (Holoceno)	< 6.000 BP	0,12	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Adobe y Mampostería	Casas, Iglesias y Palacio	Muchas (50%)	Grave	VI-VII EMS / VII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/8

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas; con respecto a la localidad de Almonte y sus proximidades se dispone únicamente de una mención, si bien algo escueta, permite evaluar los diferentes daños. Así se cita que: *"En Almonte duró un cuarto de hora. Hizo bastante daño en las Iglesias y casas, aunque no sucedió desgracia de viviente. El Palacio del Coto de Doña Ana, propio de dicho Excelentísimo Señor se sintió algo por la torre, aunque levemente. La venta inmediata quedó indemne, pero no así la ermita de Nuestra señora del Rocío, cuyo daño aprecian en 2.000 ducados. También aquí hizo la tierra varias erupciones de agua y arena"*. En cuanto a los efectos propiamente naturales, únicamente se hace mención en el último párrafo del informe que indica erupciones de agua y arena en la Aldea de El Rocío.

Interpretación: Tal y como se hace referencia anteriormente, únicamente en la última parte de la descripción se hace hincapié en los efectos de los que hay constancia que ocurrieron en dicha villa, siempre dando por buenas y otorgándoles veracidad a las descripciones que se detallaron en la época. De este modo, parece obvio que se pudieran dar los procesos de licuefacción dada la geología de la zona. Si bien la descripción es bastante vaga y escueta y no permite establecer una localización concreta, sí podemos entender que dichos efectos son más comunes en zonas de marismas, donde predominan limos y arcillas y el terreno no está consolidado. Así, la descripción relata lo sucedido en la Aldea del Rocío, donde se ubica la ermita, localizada unos 14 km al Sur de Almonte. Se sitúa al borde de la Marisma del Rocío (Charco de La Boca), limite occidental de las Marismas de Doñana. Tal y como reza la descripción, es ahí donde se produjeron estas *erupciones de agua y arena*. La aparición de estos efectos en zonas de marismas, como consecuencia del terremoto, es muy común a lo largo de todo el litoral, como también ocurrió en Ayamonte sobre el Parque Natural Marismas de Isla Cristina, o en Isla Mayor, zona pantanosa de la cuenca del Guadalquivir y también muy próxima al Parque Nacional de Doñana. La localización del EEE es interpretativa, a partir de las descripciones estudiadas de la época y recogidas por Martínez Solares (2001).

Cuantificación: Pese a la vaguedad en la reseña y la falta de detalle en cuanto a las dimensiones de las bocas, es bastante significativo el hecho de que hubiese "varias erupciones"; de este modo, puesto que los procesos de licuefacción y eyección de agua son frecuentes y numerosos tal y como se describe, además de la situación geográfica y del resto de efectos catalogados de intensidades similares en la zona, el grado de intensidad que se le otorga en función de estos parámetros es de VIII en la escala ESI-07.

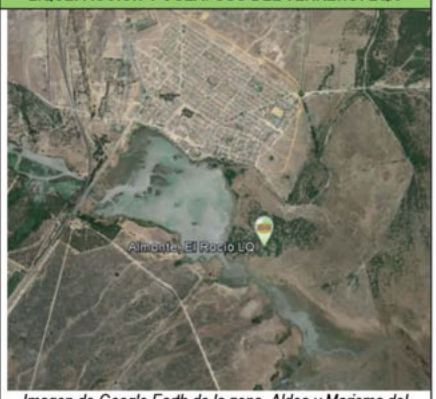


Imagen de Google Earth de la zona, Aldea y Marisma del Rocío, con la ubicación interpretativa del EEE.



Fotografía de la Marisma del Rocío con la ermita del mismo nombre al fondo. www.andalucia.org

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras se detectan carencias importantes de información, exageraciones e imprecisiones. Pese a todo se dispone de un gran volumen de información.*

Referencias bibliográficas:	Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.		
Información Recopilada	*Pedro V. Gómez; Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.362.01 *362.01. Sanlúcar de Barrameda (Cádiz)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	TSUNAMI: TS/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
362 / Sanlúcar de Barrameda	6° 21' 23,16" O	36° 46' 37,79" N	7m	170,93 Km²	326 Km	OSO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Zona litoral (Desembocadura del Guadalquivir)	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	Sanlúcar de Barrameda se encuentra ubicada en la margen izquierda del río Guadalquivir, concretamente en el borde SO de la Depresión del Guadalquivir, ocupando la zona final de esta en su contacto con el mar, desembocando este cauce en la actualidad entre la flecha litoral de Doñana y la ciudad de Sanlúcar. En cuanto a la geología del terreno, destacan las grandes llanuras cuaternarias, predominando en esta zona las arenas, en algún caso con cantos y restos fósiles marinos como conchas.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: arenas	Arenas	Sin identificar	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475} IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cuaternario	Cuaternario (Holoceno)	Sin identificar	0,11	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Adobe y Sillería	Casas y Castillo	Algunas (5%)	Ligero	V EMS / VII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	TSUNAMI: TS/8

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas. Con respecto a Sanlúcar de Barrameda y sus proximidades se cita que: *"...con asombro universal se vio levantar el mar con rápido movimiento de las olas y saliendo de los límites donde se alcanzan sus crecientes en el ordinario cursos de las mareas. por la infalible regla de las lunaciones, se encaminó a la ciudad baja, sus calles, en la longitud miran al Mediodía, y las que atraviesan el Noroeste, e inundó con increible rapidez la mayor parte de ellas con tanta abundancia de aguas, que en la calle de la Bolsa daba a los que transitaban a caballo en las lanchas, superando los grandes cerros de la playa, y dos arroyos que por lo mismo que dan salida a la ribera para las aguas llovedizas, abrieron la puerta a las del mar, que inundaron más de mil pasos, desde la orilla de él, hasta más adentro de la portería del Carmen descalzo, donde colocó una embarcación de veinte pasos de largo y otra igual en la calle de San Juan."* En otra reseña se dice que: *"En San Lucar [=Sanlúcar de Barrameda] se inundaron los dos barrios bajos, pero no se sabe el pormenor de desgracias."*

Interpretación: El tsunami afectó notablemente a toda la zona litoral del sureste de la Península Ibérica siendo los daños materiales y humanos más o menos elevados en función de la proximidad de construcciones a la zona costera, y haciendo especial daño en localidades como Ayamonte, Huelva, Chipiona, Cádiz o Conil, entre otras. En Sanlúcar, si bien los daños materiales no fueron muy elevados, a tenor de las descripciones e informes de la época, sí que tuvo efectos notables el tsunami desencadenado como consecuencia del terremoto. De estos informes podemos extraer una estimación de la línea de inundación del terremoto, puesto que en ellos se ofrecen datos de interés. Es el caso por ejemplo de *"abrieron la puerta a las del mar, que inundaron más de mil pasos, desde la orilla de él, hasta más adentro de la portería del Carmen descalzo, donde colocó una embarcación de veinte pasos de largo y otra igual en la calle de San Juan."*; de ella se desprende que el agua llegó más allá de los 1400 m, puesto que una milla equivalía a la distancia recorrida por mil pasos, y esta es equivalente a 1480 m. Pese a que en la descripción puede ser una medida arbitraria o poco fiable, se dispone en la misma de un dato cuya cuantificación puede resultar más veraz; la portería del Carmen descalzo y actual Iglesia del Carmen, tal y como se extrae de Cruz Isidoro (2006) (no confundir con el Convento de Carmelitas Descalzas), donde se ubica el EEE, en encuentra a una distancia de la línea de costa de aproximadamente 950 m, lo que marca de manera más fiable el límite de inundación del tsunami.

Cuantificación: A partir de las descripciones se pueden extraer diferentes datos cuantitativos. El primero de ellos es que la línea de inundación podemos situarla cuanto menos a 950-1000 m, punto del que tenemos referencias fiables al que llegaron las aguas. Podemos estimar también el *runup* de al menos 6-7 metros, cota de la Iglesia del Carmen, a la que sabemos que llegó el agua, teniendo en cuenta que esta no ha variado desde 1755. Por lo tanto, el grado de intensidad que se le otorga en función de estos parámetros es de VIII en la escala ESI-07; el mismo grado de intensidad es el que le corresponde según la nueva escala de Tsunami Environmental Effects, TEE-16 (Lario *et al.*, 2016).



Imagen Google Earth de Sanlúcar de Barrameda con el EEE ubicado de forma interpretativa sobre la Iglesia del Carmen.



Imagen del Mapa Topográfico Nacional (MNT50)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII ESI-07 VIII TEE-16	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras con exageraciones e imprecisiones.*

Referencias bibliográficas:
Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.
Cruz Isidoro, F. (2006). Arquitectura barroca de los carmelitas en Sanlúcar de Barrameda. Trocadero, 18, 249-262.
Lario, J. *et al.* (2016): Improving the coastal record of tsunamis in the ESI-07 scale: Tsunami Environmental Effects Scale (TEE-16 scale). Geologica Acta, 14 (2).

Información Recopilada	*Pedro V. Gómez, Grado en Ingeniería Geomática y Topografía (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2016

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.371.01 *371.01. Segura de la Sierra (Jaén)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/6 

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
371 / Segura de la Sierra	2° 39' 07,36" O	38° 17' 53,15" N	1108 m	225,02 Km²	678 Km	OSO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera escarpada	Pendiente del terreno	Muy fuerte (30-50%)
Descripción Geológica	Segura de la Sierra es un municipio situado en la zona central de la comarca de la Sierra de Segura, en la zona Noreste de la provincia de Jaén a unos 1240 metros de altitud; se enclava en la zona más externa de la Cordilleras Béticas, muy próxima a la Meseta. Concretamente pertenece a la Zona Prebética dentro de la cual se inserta a Sierra del Segura, constituida por materiales mesozoicos con facies marinas. El Cretácico aflora extensamente en la unidad de la Sierra del Segura.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Hornos-Siles	Margas dolomíticas y Dolomías	Sin identificar	Consolidado	I (1,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Cretácico Superior	Sin identificar	0,06	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería	Casas de Ayuntamiento	Única	Grave	V EMS / VI MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/6

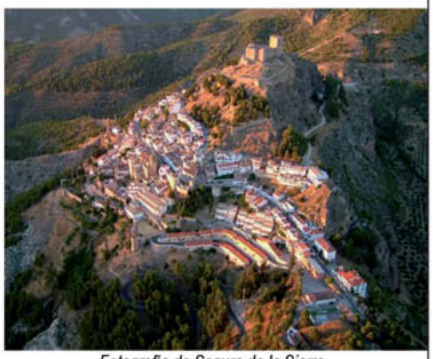
Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas. Con respecto a Segura de la Sierra y sus proximidades se dispone de una única reseña en la cual no se dispone de bastante información. Así, se cita que: *"En diferentes sitios de esta Sierra, al tiempo del terremoto, se cayeron algunos peñones, pero no han causado perjuicio alguno a personas ni animales."*

Interpretación: Resulta complejo poder establecer una interpretación de los hechos ocurridos a partir de una descripción tan vaga. La caída rocas y el desprendimiento de materiales son comunes en otros municipios vecinos como Cazorla, Quesada o Jimena, entre otros (ver fichas HST17551101.317.02 y HST17551101.133.01). Hay catalogados cerca de 10 efectos de este tipo entre las provincias de Córdoba, Jaén y Granada, por lo que son una constante en esta área englobada en las Cordilleras Béticas. En cuanto a la localización de los efectos, y según la transcripción recogida líneas más arriba, no podemos ubicar el efecto en ningún lugar concreto, puesto que la falta de detalles no nos permite realizar una ubicación ajustada del EEE. Tal y como se señala, las caídas y desprendimientos de rocas ocurrieron *"en diferentes sitios de esta Sierra"* la cual abarca un territorio muy amplio. Por lo tanto, a modo interpretativo se establece la ubicación del efecto en el propio núcleo urbano de Segura de la Sierra, ubicada sobre un pronunciado cerro sobre calizas jurásicas. Como se observa, su ladera occidental bajo el castillo es muy escarpada y muestra numerosas cicatrices de antiguos desprendimientos, y al pie del escarpe se observan numerosos bloques, y por cercanía al municipio debió de ser este uno de los sitios donde se observaron los desprendimientos.

Cuantificación: Pese a lo escueto de la reseña y la falta de datos que permitan establecer el volumen de tierra o roca desplazado, así como detalles sobre el efecto tales como la orientación o áreas afectadas, etc., podemos generarnos una ligera idea de la magnitud del fenómeno. Parece así, que los efectos de desprendimiento de rocas y rotura de estas fueron frecuentes en el entorno de esta localidad, dado que se habla de caídas de *"en diferentes sitios de esta Sierra"*. Con todo ello, y ante la falta ya comentada de datos cuantitativos, podemos interpretar una intensidad VI ESI-07, acorde a la intensidad VI MSK que se le otorga a tal localidad. En cualquier caso, y como en otras localidades de las zonas montañosas del Prebético tenemos que considerar un efecto de amplificación topográfica que multiplicaría los procesos de caída de rocas en este entorno.



Imagen de Google Earth con la ubicación interpretativa del EEE sobre Segura de la Sierra.



Fotografía de Segura de la Sierra www.loshuertosdesegura.com

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VI	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras se detectan carencias importantes de información, exageraciones e imprecisiones. Pese a todo se dispone de un gran volumen de información.*

Referencias bibliográficas:	Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.		
Información Recopilada	*Pedro V. Gómez, Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.376.01 *376.01. Isla Mayor, Sevilla*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	LICUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
376 / Sevilla	6° 09' 46,26" O	37° 08' 01,84" N	4 m	114,38 Km²	348 Km	OSO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Marismas del Guadalquivir (Doñana)	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	En las marismas que discurren sobre la llanura de inundación, en la margen derecha del río Guadalquivir se ubica el municipio de Isla Mayor, junto a un meandro abandonado de dicho río conocido como Madre Vieja del Brazo de los Jerónimos del Río Guadalquivir. Isla Mayor constituía una autentica isla en la antigua desembocadura del Guadalquivir en el *Lacus Lingustinus* durante época romana.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: arenas	Limos, arenas y arcillas	Estratificado	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pliocuaternario	Cuaternario (Holoceno)	< 6.000 BP	0,10	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Adobe, Mampostería y Sillería	Casas, Iglesias y Edificios Históricos	Múltiples (75%)	Destructivo	VIII EMS / VIII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LICUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/8

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas. Con respecto a Sevilla y sus proximidades se dispone de bastante información en cuanto a los daños ocasionados por el terremoto y a lo sucedido en los días anteriores y posteriores, en especial en todo lo que acontece a la ciudad de Sevilla. Si bien a la hora de evaluar los diferentes efectos en las localidades vecinas las descripciones son más vagas y escuetas. Así se cita que: *"En la Isla mayor del río de Guadalquivir abrió grietas arrojando aguas hediondas, y arena requemada. Según los autores físicos las islas son más expuestas."*

Interpretación: A lo largo de la costa litoral atlántica andaluza se suceden los efectos de licuefacción a consecuencia del terremoto, y la gran mayoría de ellos son en zonas de marismas, de limos, arcillas o arenas, como por ejemplo en Ayamonte, en las Marismas de Isla Cristina, o en Almonte, en la Marisma del Rocío. Se trata así de terrenos poco consolidados propensos a estos efectos puesto que el terreno además se encuentra con un nivel freático muy elevado. Es el caso de Isla Mayor, una zona pantanosa sin apenas desnivel (alrededor de los 3-4 m en toda su extensión), que se corresponde con una antigua isla del Guadalquivir (en el *Lacus Ligustinus* romano), actualmente zona de llanura de inundación sujeta a una agricultura intensiva que impide la observación de posibles rasgos de licuefacción. La población de Isla Mayor se encuentra sobre uno de los múltiples esteros, canales y brazos que desarrolla el río Guadalquivir en la zona, en su mayoría abandonados en la actualidad. Por la descripción del efecto, se intuye que en este caso las eyecciones de aguas y arenas se produjeron a lo largo de grandes grietas en el terreno, caso muy común en los procesos de licuefacción en llanuras de inundación de los ríos. Por lo general, estas se producen como consecuencia de procesos de expansión lateral (*lateral spreading*) en el entorno de las márgenes de los cauces, que en muchas ocasiones acaban por derrumbarse. Así, la localización del EEE es interpretativa, situándolo en la margen del brazo abandonado de la Madre Vieja, en el que se ubica la localidad. Sus coordenadas son las que se recogen en el Nomenclátor Geográfico de Municipios y Entidades de Población, publicado por el Instituto Geográfico Nacional, para el municipio de Isla Mayor.

Cuantificación: Pese a la vaguedad en la reseña y la falta de detalle en cuanto a las dimensiones de las grietas, es bastante significativo el hecho de que se abrieran varias de estas grietas. No obstante, sus dimensiones (anchura y longitud) no fueron lo suficientemente grandes como para provocar el derrumbe de las márgenes del brazo de Madre Vieja o del propio Guadalquivir. De este modo, puesto que los procesos de licuefacción y eyección de agua son frecuentes y numerosos, se asigna una intensidad VIII ESI-07, ya que es a partir de la cual los procesos de "*lateral spreading*" comienzan a aparecer, por otro lado, acorde a las intensidades EMS y MSK (VIII) que se consignan para la zona.



Imagen de Google Earth de la zona, Marismas de Doñana, con la ubicación interpretativa del EEE.

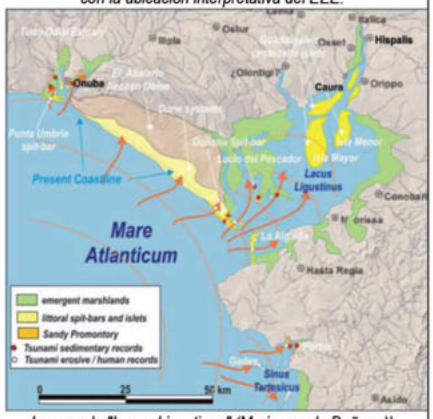


Imagen de "Lacus Ligustinus" (Marismas de Doñana)) durante el siglo I a.C. Silva et al. (2015b)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto.*

Referencias bibliográficas:	Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.		
Información Recopilada	*Pedro V. Gómez, Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.376.03 *376.03. Sevilla (Sevilla)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	ANOMALÍA EN CUERPOS DE AGUA: WA/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
376 / Sevilla	5° 59' 33,05" O	37° 23' 10,34" N	11 m	141,30 km²	369 km	OSO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Curso fluvial (Valle del Guadalquivir)	Pendiente del terreno	Suave (5-10%)
Descripción Geológica	La ciudad de Sevilla se encuentra situada el último tramo del valle del Guadalquivir y se extiende a ambos márgenes del río del mismo nombre. Los materiales sobre los que se ubica son en su mayoría materiales blandos propios del Cuaternario, de entre los que destacan las arenas, arcillas y cantos rodados.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: arenas y arcillas	Cantos rodados, arenas y arcillas	Estratificada	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cuaternario	Holoceno	< 6.000 BP	0,09	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Adobe, Mampostería, Sillería.	Casas, Iglesias, Conventos y Edificios Históricos	Múltiples (75%)	Grave	VIII EMS / VIII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	ANOMALÍA EN CUERPOS DE AGUA: WA/8

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas. Con respecto a la localidad de Sevilla y sus proximidades se cita que: *"Mucho padeció el Barrio de Triana, y aseguran personas de notable verdad que vieron dividirse las aguas del río, descubrirse su centro y quedar sobre la tierra de èste los peces, saltando en multitud, y de un color muy negro. En lo que no hay duda es haberse elevado sus aguas con extraordinaria agitación, quebrantarse los cables a las embarcaciones, chocar fuertemente unas con otras, y no pocas quedar en seco."* En otro informe se menciona también este mismo efecto: *"El río de Guadalquivir bajó a tiempo del terremoto una vara y media, pero no tuvo crecimiento notable después."*

Interpretación: Con motivo del terremoto acaecido el 1 de noviembre de 1755, se produjeron en la Península Ibérica numerosos efectos de oleaje anómalo en ríos, arroyos y charcas, de los cuales se han registrado 125 EEEs de este tipo, siendo 86 de ellos los referentes a ríos y arroyos. Así, se han registrado estos efectos en 49 ríos de toda la geografía, de entre los cuales sobresalen los efectos ocurridos en el curso del río Guadalquivir, en donde hay consignados 10 EEEs. Así, no solo se produce el desbordamiento del río en Sevilla, sino que aguas arriba de este se repite este mismo hecho con mayor o menor intensidad en otras localidades de las provincias de Sevilla, Córdoba y Jaén, de entre los cuales destaca lo descrito en el informe de Lora del Río: *"Al concluirse el temblor se asegura haber hecho tal movimiento el dicho río Guadalquivir, que salió de su madre, y se extendió ocho varas de distancia, y recogiéndose volvió a salir con menor violencia. Diferentes arroyos que hay en término de dicha villa, que bajan de Sierra Morena, que unos estaban secos, y otros con muy poca agua abundaron tanto en estas, que los molineros harineros pudieron moler, y continuaron sin represas"*. Por norma general, en los informes se refiere haber notado un aumento de las aguas, aunque en alguno se refiere lo contrario. De este modo, los datos recogidos están en consonancia con los resultados obtenidos que señalan al Valle de Guadalquivir como la zona interna de la Península Ibérica más afectada, y en donde se desarrollan los principales efectos secundarios como procesos de licuefacción (LQ), fracturación del terreno (GK) o movimientos de ladera (SM). Por último, conviene señalar que en el efecto consignado en Sevilla también se produce turbación en las aguas (HD): *"de un color muy negro"*.

Cuantificación: A partir de las diversas descripciones recogidas en los informes podemos extraer diversos datos cuantitativos que permitan establecer un grado de intensidad ESI-07 acorde a ellos. Así, parece claro que se producen desbordamientos violentos del río, arrastrando objetos y provocando el choque de diferentes barcos. Además, como se reseña en el informe de Lora del Río, las aguas del río excedieron sus límites *"ocho varas de distancia"* que equivalen más de 6,5 metros (1 vara = 0,8359 m). De este modo, se estima una intensidad de, al menos, grado VIII ESI-07, que está en consonancia con las intensidades otorgadas por diferentes escalas como la EMS-98 y la MSK-64, que también establecen una intensidad de grado VIII.

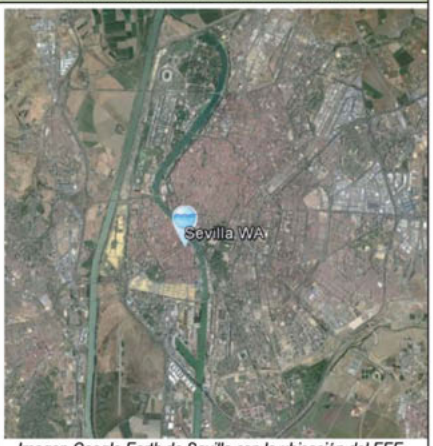


Imagen Google Earth de Sevilla con la ubicación del EEE.



Zona del Puente de Triana (Sevilla) fotografiada en 1871 por J. Laurent (Fuente: Los Puentes del Guadalquivir en Sevilla). sevilla-insolita.blogspot.com

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras se detectan carencias importantes de información, exageraciones e imprecisiones. Pese a todo se dispone de un gran volumen de información.*

Referencias bibliográficas:	Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.		
Información Recopilada	*Pedro V. Gómez; Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.422.03 *422.03. Marismas de Barbate, Vejer de la Frontera (Cádiz)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	TSUNAMI: TS/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
422 / Vejer de la Frontera	5° 58' 11,75" O	36° 12' 11,16" N	4 m	50,77 Km²	362 Km	NO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Zona litoral (Marismas salobres)	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	Zona litoral de extensas áreas con barras litorales, playas, sistemas eólicos asociados y zonas pantanosas o marismas salobres. Las Marismas de Barbate se desarrollan en el último tramo del río Barbate y poseen una longitud de unos 7 km. Dichas marismas están compuestas por materiales blandos poco consolidados, en su mayoría limos, arenas y arcillas de carácter estuarino, que quedan cerradas por la barra litoral de Barbate.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario.	Limos, arenas y arcillas	Sin identificar	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cuaternario	Cuaternario: Holoceno	< 6000 BP	0,09	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguno	V EMS / VI MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	TSUNAMI: TS/8

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas. Con respecto a la localidad de Vejer de la Frontera y sus proximidades se cita que: *"Asimismo se observó que las aguas del mar subieron por la marisma, o albinag [= albina], como legua y media, mirando hacia el pueblo, y que la barra de dicho río al retirarse se abrió en distrito de más de cien varas, en tal forma que si antes costaba dificultad entrar por ella, hoy, por su extensión es capaz de estar cualquier embarcación, sin algún recelo."*

Interpretación: El tsunami afectó notablemente a toda la zona litoral del sureste de la Península Ibérica siendo los daños materiales y humanos más o menos elevados en función de la proximidad de construcciones a la zona costera, y haciendo especial daño en localidades como Ayamonte, Huelva, Cádiz o Conil, entre otras. A tenor de las descripciones e informes de la época, parece que no se produjeron daños materiales ni humanos como consecuencia de la sacudida sísmica en esta zona del Arco de Gibraltar, pero sí se registró el tsunami que produjo una inundación de considerables dimensiones que anegó las marismas del río Barbate y que llegó a extenderse aguas arriba hasta la zona de la Barca de Vejer. La localidad de Vejer no sufrió inundación en sus calles como sí ocurriera en Conil de la Frontera, Cádiz o Chiclana de la Frontera, dado que se encuentra situado en un promontorio de terreno a una cota de 180 sobre el curso del río. De las descripciones también se extrae un proceso de erosión sobre la barra del río que cierra la marisma. La descripción en cuanto a la zona de inundación que alcanzó el agua es similar a los datos que se ofrecen en el informe de Conil de la Frontera (ver ficha HST17551101.148.01). La localización del EEE es interpretativa a partir de las descripciones de la época.

Cuantificación: A partir de las descripciones se pueden extraer diferentes datos cuantitativos. El primero de ellos es que la línea de inundación podemos situarla unos 8,3 km tierra a dentro (una legua castellana equivale a 5.572 m), ya que en la reseña se cita que *"había llegado a más de legua y media tierra adentro"*. Es decir, la inundación debió de llegar prácticamente hasta la zona de La Barca de Vejer situada a unos 8,5 km tierra adentro, inundando posiblemente la totalidad de las Marismas, sobrepasando el cordón eólico forman las playas del Carmen y del Cañillo. Tomando como fiable los datos que se ofrecen en la descripción podemos estimar un *runup* de un máximo de 5-6 metros, si tenemos en cuenta la cota del río Barbate a la altura de La Barca de Vejer. La altura de la ola se estima similar a la ocurrida en Cádiz o Conil de la frontera, en torno a los 8 metros. Estos parámetros permiten asignar una intensidad mínima de VIII ESI-07 e igualmente en la nueva escala de Tsunami Environmental Effects, TEE-16 (Lario et al., 2016).

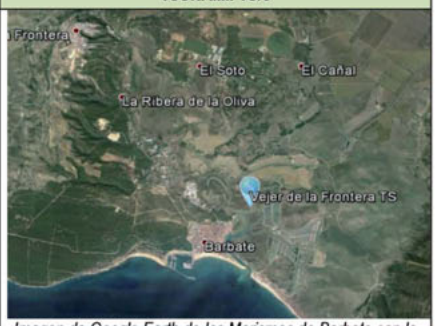


Imagen de Google Earth de las Marismas de Barbate con la ubicación interpretativa del EEE.



Imagen del Mapa Topográfico Nacional MNT25

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII ESI-07 VIII TEE-16	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo con mayor o menor detalle. Pese a todo se dispone de un gran volumen de información.*

Referencias bibliográficas:	Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp. Lario, J. *et al.* (2016). Improving the coastal record of tsunamis in the ESI-07 scale: Tsunami Environmental Effects Scale (TEE-16 scale). Geologica Acta, 14 (2).

Información Recopilada	*Pedro V. Gómez, Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.431.01 *431.01. Villablanca (Huelva)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
431 / Villablanca	7° 20' 27,50" O	37° 18' 08,32" N	88 m	98,31 Km²	252 Km	OSO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Zócalo Paleozoico (Superficie de Erosión)	Pendiente del terreno	Suave (5-10%)
Descripción Geológica	El municipio de Villablanca se encuentra en el límite comprendido por el extremo sur de la Faja Pirítica Hispano Portuguesa a un lado, y por la Cuenca del Guadalquivir, al otro. Asentada sobre materiales del Carbonífero Inferior (pizarras y grauvacas) fuertemente estructurados, foliados y plegados, en dirección predominante E-O. Esta misma dirección es la que lleva un importante sistema de fracturación que condiciona la red de drenaje en la zona, en alguna ocasión también ligada a la aparición de manantiales.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Metamórfico	Pizarras y grauvacas fosilíferas	Foliada / Fracturada	Consolidado	II (1,2)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475} IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Carbonífero	Carbonífero	Sin identificar	0,11	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Adobe y Sillería	Casas, Iglesia y Ermita	Varias (25%)	Ligero	VI-VII EMS / VII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO:GK/8

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas; con respecto a la localidad de Villablanca y sus proximidades se cita que: *"No se tiene noticia se hubiesen observado señales algunas que anunciasen el terremoto, el cual hizo en el campo y cerros la inmediación de esta villa diferentes aberturas, cuya simétrica disposición miraba desde Poniente a Levante."*

Interpretación: A tenor de la descripción, resulta complicado cuantificar las dimensiones y consecuencias de las aberturas puesto que no se dispone de datos cuantitativos. En cuanto a la zona donde se produjeron dichos efectos, resulta complejo ubicarlos dado que no disponemos de más herramientas que del informe remitido desde Villablanca y recogido por Martínez Solares (2001), tal y como se detalla líneas más arriba. En él sitúa estos efectos en el campo y cerros de las inmediaciones de la villa. No obstante, la orientación de las aberturas coincide plenamente con las direcciones predominantes de foliación y fracturación en la zona según la geología Magna (Hoja de Ayamonte Nº 998). Por otro lado, estudiando el terreno podemos apreciar como al noreste de la población se ubica una zona de mayor pendiente de la habitual en los alrededores del municipio. Además, se aprecia un cambio en la vegetación puesto que es ahí donde afloran los limos arenosos, las arenas y las arcillas rojas del pliocuaternario, materiales mucho menos estables y menos consolidados que las pizarras sobre las que se asienta Villablanca. Esto a priori podría beneficiar la aparición de grietas y fisuras en el terreno. En el mismo informe disponemos de la siguiente descripción: *"El mayor estrago que causó el temblor fue en la ermita de la imagen de Nuestra Señora la Blanca, extramuros de esta villa, distante de ella cuatrocientos pasos, a corta diferencia, en la cual se arruinó el pórtico, y entrada, que se componía de cuartos altos y bajos, y el campanario, con su campana. A la espalda de dicha ermita se arruinó también una hospedería de cuarto alto y bajo, con su cocina. La media naranja de la Capilla mayor y su pared de testeras se hendió considerablemente por diferentes partes, y la pared de la nave que mira al mar tiene una abertura que coge toda su longitud, de suerte que ha sido forzoso cerrar la ermita"*. Dicha ermita se ubica en la zona descrita y sobre los citados materiales, de este modo podemos llegar a la conclusión de que, por las características de estos y su falta de compactación, las ondas sísmicas pudieron amplificarse aumentando la intensidad y el daño en esa zona en la que no había más edificaciones que la ermita, y es posible también que fuese en esa zona donde se produjera la fracturación del terreno. Pese a todo, al no estar seguros de la ubicación exacta del EEE se ha decidido ubicarlo en el propio núcleo urbano.

Cuantificación: Pese a la vaguedad en la reseña y la falta de detalle en cuanto a las dimensiones de la abertura, es bastante significativo el hecho de que se abriesen "diferentes aberturas en disposición simétrica" (E-O), dando por hecho que no fue un efecto aislado sino que se repitió en mayor o menor medida en la inmediaciones del pueblo. Teniendo en cuenta las descripciones y el resto de efectos catalogados de intensidades similares en la zona, como los procesos de licuefacción registrados en el propio núcleo de la población (ver ficha HST17551101.431.02), se asigna una intensidad de VIII ESI-07.



Imagen de Google Earth de la zona, Villablanca, con la ubicación interpretativa del EEE.



Fotografía de la Ermita de Nª. Sª de la Blanca, en su estado actual donde se aprecia ligeramente el desnivel de terreno y los materiales arenosos. http://blog.guadalinfo.es

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras se detectan carencias importantes de información y exageraciones.*

Referencias bibliográficas:	Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.		
Información Recopilada	*Pedro V. Gómez, Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST17551101.431.02 *431.02. Villablanca (Huelva)*	EVENTO	HST17551101 SW. CABO SAN VICENTE. O. ATL.	EFECTO	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
431 / Villablanca	7° 20' 35,80" O	37° 18' 04,85" N	88 m	98,31 Km²	252 Km	OSO	XI-XII EMS / 8,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Zócalo Paleozoico (superficie de erosión)	Pendiente del terreno	Suave (5-10%)
Descripción Geológica	El municipio de Villablanca (Huelva) se encuentra en el límite comprendido por el extremo sur de la Faja Pirítica Hispano Portuguesa a un lado y por la Cuenca del Guadalquivir al otro. Asentada sobre materiales del Carbonífero Inferior (pizarras y grauvacas), inmediatamente al este de la localidad comienzan a aparecer los limos arenosos y las gravas arcillosas rojas del Pliocuaternario, en donde se aprecia claramente un cambio en la morfología y vegetación del terreno. El área se encuentra ubicada en la zona de divisoria entre las cuencas hidrográficas del Guadiana (Oeste) y del Odiel (Este) sobre zócalo Paleozoico arrasado.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Metamórfico	Pizarras y grauvacas fosilíferas	Foliado / Fracturado	Consolidado	II (1,2)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Metamórfico	Carbonífero	Sin identificar	0,11	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Adobe y Sillería	Casas, Iglesia y Ermita	Varias (25%)	Ligero	VI-VII EMS / VII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/8

Descripción: De los informes remitidos en la época sobre lo que aconteció a causa del terremoto, y recopilados por Martínez Solares (2001), se extraen descripciones bastantes significativas. Con respecto a la localidad de Villablanca y sus proximidades se cita que: *"En las aguas hubo una alteración violenta, pues a muchas fuentes, y pozos se la quitó enteramente, y en otros la aumentó en abundancia. En algunas calles de esta villa hizo reventón y brotar el agua tan considerablemente que se vio correr, y se han abierto algunas fuentecillas de donde se saca actualmente aguas."*

Interpretación: A lo largo de la costa litoral atlántica andaluza se suceden numerosos efectos de licuefacción a consecuencia del terremoto, y la gran mayoría de ellos se producen en zonas donde los materiales predominantes son arenas, limos, arenas y arcillas, en zonas de marisma. No obstante, estos efectos también se documentan tierra adentro a lo largo de los valles fluviales de la zona (Guadiana, Odiel, Tinto, Guadalquivir, etc.), como son los casos de Moguer, Gibraleón, Bonares, Bollullos o Coria. La localización de estos efectos sigue un mismo patrón, se trata de materiales recientes poco consolidados en zonas de nivel freático alto (marismas, llanuras de inundación). El caso de Villablanca es excepcional, puesto que estos efectos ocurren en zona de divisoria de aguas sobre los materiales metamórficos (pizarras verticalizadas) sobre los que se asiente esta villa. Es una zona con numerosas masas de agua, en especial al suroeste de Villablanca, por lo que el nivel freático aquí es elevado, pudiendo haber facilitado la aparición de estos efectos de licuefacción del terreno, algunos quizás de carácter explosivo, ya que se mencionan reventones en algunas calles de la villa. Además, en la descripción se citan otros EEEs, como anomalías hidrológicas (HA) con aparición de nuevas fuentes o la variación significativa en el caudal de las fuentes y pozos. La ubicación del EEE se sitúa en la población ya que se mencionan procesos de eyección de aguas en sus calles.

Cuantificación: Pese a lo escueto de las descripciones y la falta de detalle en cuanto a las dimensiones de las bocas, es bastante significativo el hecho de los reventones se sucedieran *"en algunas calles"* brotando abundante agua, abriéndose además varias fuentecillas (bocas) nuevas por la que seguía brotando agua días después del terremoto. Por otro lado, se cita que la variación de caudales y alteraciones hidrológicas fueron violentas, que interpretamos como repentinas y notorias para la población en general. Todo ello permite catalogar una intensidad VIII ESI-07, ya que en grado VII estos efectos son aislados. Por otro lado, las descripciones históricas también indican que "*el terremoto, hizo en el campo y cerros la inmediación de esta villa diferentes aberturas, cuya simétrica disposición miraba desde Poniente a Levante*" (ver ficha HST17551101.431.01), lo que concuerda con procesos de agrietamiento que también pueden atribuirse a grado VIII ESI-07.



Imagen de Google Earth de la zona, Villablanca, con la ubicación interpretativa del EEE.



Fotografía de pizarras y grauvacas del Viseiense Sup. Carbonífero Inferior. Norte de Villablanca.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos extensamente documentados, en la mayoría de los casos a partir de una encuesta que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla solicitando información sobre lo acaecido en España a causa del terremoto. Se describen y se detallan los efectos y las consecuencias que tuvo el mismo, unas veces de manera precisa y en otras se detectan carencias importantes de información, exageraciones e imprecisiones. Pese a todo se dispone de un gran volumen de información.*

Referencias bibliográficas:	Martínez Solares, J.M. (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa. Monografías IGN, 19. IGN, Madrid (Spain), 756 pp.		
Información Recopilada	*Pedro V. Gómez, Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

9.10. HST 18040825 DALÍAS (Almería) 1804 AD
Terremoto de Campo Dalías (Histórico Reciente, Siglo XIX)

HST 18040825: DALÍAS – BERJA (Almería). 1804 AD											HISTÓRICO	
FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO	
18040825*AD*	08:25	2°50' O	36°46' N	6,4 M*	VIII-IX	IX	IX	B	A	B	Dalías. AL	
Método de datación:		CATALOGADO Ref. Bibliográfica: De Prado (1863); Galbis (1932)									**Tipo Evento:**	HST
Prof. km	-	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**Mo**	-	**Eventos asociados**		RÉPLICAS	**Agencia:**	IGN
EEE Primarios		NO	**Longitud Falla**		-			**Desplazamiento**		-	**Tipo Desp.:**	SIN DATOS
EEE Secundarios		SÍ	**Categoría ESI07**		☒GK ☒SM ☒LQ ☐HD ☒HA ☐WA ☐TS						**Área afectada:**	1000 km²
Otros EEE Ambientales		SÍ	☒ OTROS EFECTOS (OT): Ruido sísmico en la zona epicentral.									
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ	☒ EAEs: Colapsos parciales y totales en las torres y muchas casas de Dalías, Berja, Albuñol, Roquetas y Turón. Entre éstas, la Casa Consistorial de Berja. En Albuñol se registraron caídas de claves en los arcos.									

Documentación IGN 2002: 29, 60, 87, 165, 166, 185, 222, 231, 263, 267, 273, 280, 309, 312, 315, 317, 335, 405, 421, 426, 431, 504, 522, 545, 571, 583, 600, 623, 681, 687, 784, 785, 791, 800, 1039

Referencias bibliográficas básicas:

Galbis, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5ºE y 20ºW de Greenwich y los paralelos 45° y 25° Norte, Tomo I. Instituto Geográfico Catastral y Estadística, Madrid.
López Marinas, J.M. (1977): Estudio de periodo sísmico de 1804 en Almería. Hidroeléctrica Española, Informe interno, p. 30.
Martínez Solares, J.M., Mezcua, J. (2002): Catálogo Sísmico de la Península Ibérica (880 a. C. – 1900). Monografías IGN, 18. IGN, Madrid (Spain), 253 pp
Martínez Díaz, J.J. (2000): Neotectónica y Tectónica Activa del sector centro-occidental de Murcia y Sur de Almería, Cordillera Bética (España). PhD Thesis, Universidad Complutense de Madrid 466 pp.
Prado, C. (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. Rev. Minera, t. XIV, núms. 322 a 325, pp. 549-562, 581-597, 613-630, 657-661, 178-180, 378-380.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 18040825 Dalías - Berja. AL	2°50' W	36°46' N	6.4 M*	VIII-IX	IX	IX	B	**Eastern Betic Cordillera (Zone 55)**
EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: De Prado (1863); Galbis (1932); Espinar Moreno (1998)							**Event Type:**	**HISTORIC**

GENERAL DAMAGE: Severe damage in churches and houses with partial and total collapses in the epicentral area (Dalías, Berja) and more than 407 deaths. 267 persons died in Dalías (IX EMS) during the earthquake. In Berja (VIII-IX EMS) the houses located in the floodplain suffered more damages than those located in the Cerro Plomero and other hills close to Berja. 45 persons died. In Roquetas de Mar (VII EMS), 60 houses were destroyed, 120 had to be demolished after the earthquake and 162 deaths. The village of Canjáyar (VIII-IX EMS) several houses collapsed and much more were demolished. 4 persons died. Several houses were destroyed in Adra (VIII EMS) and the upper sections of the church towers were demolished because of their important damages. In Almería (VII EMS) the Santa María Magdalena hospital, the prison and several houses suffered moderate damage. The village of Cherín was totally destroyed and Turón (VIII EMS) suffered important damages in houses. In Albuñol (VI EMS) the key stone of the church fell of and the towers cracked.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Earthquake secondary effects cover an area of 1000 km² within the intensity zone VIII ESI-07, but most significant effects of intensity IX only occurred within an area down to 200 km² between the localities of Dalías and Berja. The springs in Dalías – Berja area increased their discharge notably and new springs appeared. A large landslide associated with ground cracks developed in a place called Las Quiebras. In Alcolea important ground cracks with liquefactions occurred within the village and in the olive fields of the vicinities. Landslides were also common, but among these environmental effects is highlighted the one occurred in the place called Iniza which disappeared by a landslide and a debris-avalanche. In Albuñol ground cracks with liquefactions and landslides occurred in the mountains close to the Village. In Cherín a landslide occurred in front of the village at the other side of the river. In Roquetas de Mar ground cracks appeared in the village.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported, but Martínez Díaz (2000), considers that Las Quiebras landslide could be part of the surface rupture of this event.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☒ ***3 Ground cracks (GK):*** *Ground cracks are one of the most common environmental effects of this event. The widest developed in Alcolea, which was 4 m long. In the area of Las Quiebras, (3.2 km away from Dalías) a ground crack occurred with a length of 250 m and a width between 10-100 cm. In Albuñol presumed ground cracks associated with a slope movement were identified, and in Roquetas de Mar presumed centimetric ground cracks are described.*
☒ ***4 Slope movements (SM):*** *Landslides and rock falls occurred in the region even in distances around 30 km, away from the macroseismic epicentre (Iniza Landslide). In Las Quiebras (7.5 km away from the epicentre) a big landslide (around 10^5 m³) occurred. In Albuñol, Alcolea and Cherín the landslides affected the villages or the areas close to them. In Cherín a landslide broke the pathway to Laujar.*
☒ ***1 Liquefaction processes (LQ):*** *In an olive field close to Alcolea (Alcolea river) liquefaction processes have been described in historical reports or letters as: "the ground started to boil". These documents describe how the water started to flow from different points and cracks.*
☒ ***2 Hydrogeological anomalies (2 HA):*** *In Dalías and Berja area, the springs increased notably their discharge and new springs appeared.*
☐ ***Anomalous waves and tsunamis (WA; TS):*** *No Reported.*
☒ ***Other effects:*** *Seismic noise in the epicentral area.*
☒ ***Archaeoseismic damage:*** *Important to moderate damage in houses, churches and castles not mentioned due to the absence of directional data.*

☒ ***Geological Data:*** *This earthquake was documented in letters, sent by observers (some summarized in Espinar Moreno, 1994): Authors as Casiano De Prado (1863) collected the testimonies in the region. Neotectonic studies have been developed in the zone by Martínez Díaz, (2000).* ***Quality of Geological Information: Class B.***

Research / Data compilation by: *Pedro Huerta (USAL). Newly Published 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 18040825 Dalías - Berja. AL	2º50' O	36º46' N	6,4 M*	VIII-IX	IX	IX	B	**Cordillera Bética Oriental (Zona 55)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN
Ref.: De Prado (1863); Galbis Rodríguez (1932); Espinar Moreno (1998)

Tipo de Evento: **HISTÓRICO**

DAÑOS GENERALES: En la zona epicentral (Dalías - Berja) se produjeron daños severos en las iglesias y casas. Estas últimas sufrieron colapsos parciales o totales, y más de 407 personas murieron en la zona. Solo en Dalías (IX EMS) murieron 267 personas durante el terremoto. En Berja (VIII-IX EMS), las casas situadas en la llanura sufrieron más daños que aquellas emplazadas en las colinas próximas, como el Cerro Plomero. Se contabilizaron 45 personas muertas. En Roquetas de Mar (VII EMS), 60 casas fueron destruidas, 120 tuvieron que ser destruidas después del terremoto y murieron 162 personas. En Canjáyar (VIII-IX EMS), se derrumbaron varias casas y muchas más tuvieron que ser demolidas. Murieron 4 personas. En Adra (VIII EMS), varias casas se destruyeron y la parte superior de las torres de la iglesia fueron demolidas con posterioridad al terremoto debido a los fuertes daños. En Almería (VII EMS), el hospital de Santa María Magdalena, la cárcel y varias casas sufrieron daños moderados. Cherín fue destruido totalmente y Turón sufrió daños importantes en las casas (VIII EMS). En Albuñol (VI EMS), la clave de un arco de la iglesia se cayó y las torres se quebraron.

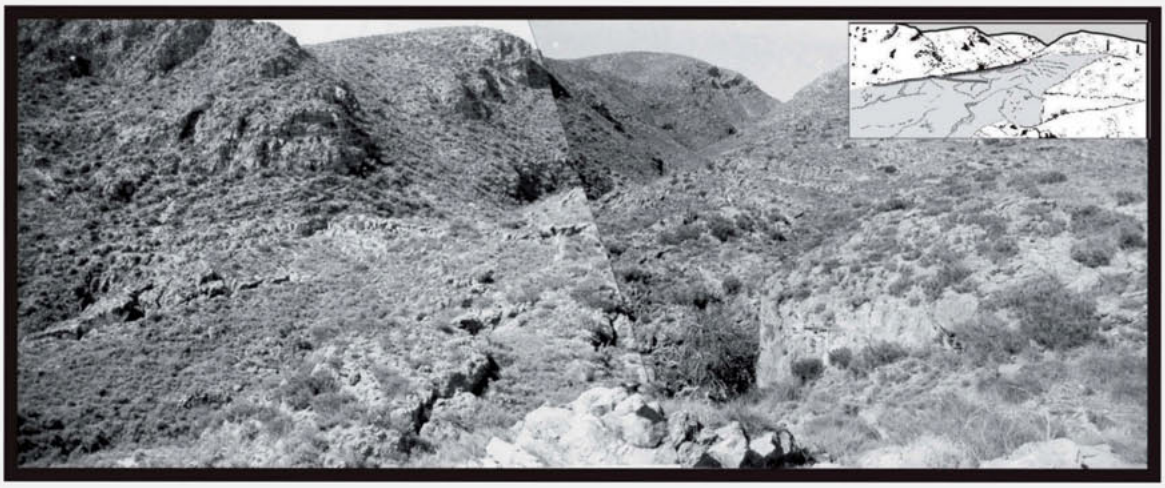
DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios NO REGISTRADOS. Los efectos geológicos secundarios cubren un área de unos 1000 km² definidos por la zona de intensidad VIII ESI-07, aunque los efectos más relevantes de intensidad IX quedan encuadrados en un área inferior a los 200 km² entre las localidades de Dalías – Berja. En esta zona los manantiales aumentaron notablemente su caudal y aparecieron otros nuevos. En las proximidades de Dalías y de la Rambla de Balanegra se encuentra un paraje conocido como Las Quiebras, donde se registran un importante deslizamiento y grietas superficiales de dimensiones decimétricas a métricas. En Alcolea y en los campos de olivos próximos, se produjeron grietas de gran tamaño asociadas algunas de ellas con procesos de licuefacción y otras con deslizamientos. En las proximidades de Alcolea, destaca un gran deslizamiento y avalancha de rocas que hizo desaparecer un lugar conocido como Iniza. En Albuñol y en la montaña próxima, se registraron grietas en el terreno asociadas a deslizamientos y procesos de licuefacción relacionados con los deslizamientos. En Cherín se produjo un deslizamiento en las laderas situadas en frente de este pueblo, al otro lado del río. En Roquetas de Mar se produjeron grietas en el terreno.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas, pero Martínez Díaz (2000), considera que el deslizamiento de las Quiebras y alguna de las grietas asociadas podría ser parte de la ruptura superficial de este evento.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☒ ***3 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Los agrietamientos del terreno son uno de los efectos ambientales más comunes de este evento. Los agrietamientos más anchos se registraron en Alcolea con grietas de 4 m de largo. En la zona de Las Quiebras (a 3,2 km de Dalías) aparece una grieta con una longitud de 250 m y anchuras entre 10 y 100 cm. En Albuñol se describen grietas presumiblemente asociadas a un deslizamiento. En Roquetas de Mar se produjeron grietas que se cree que eran centimétricas.*
☒ ***4 Movimientos de ladera (SM):*** *Los deslizamientos y caídas de rocas fueron comunes en la región, incluso a distancias de unos 30 km (deslizamiento de Iniza) del epicentro macrosísmico. En Las Quiebras (a 7,5 km del epicentro) se produjo un gran deslizamiento (alrededor de 10^3-10^5 m³). En Albuñol, Alcolea y Cherín, los deslizamientos afectaron a estas localidades o las zonas próximas. En Cherín, un deslizamiento destruyó el camino a Laujar.*
☒ ***1 Procesos de licuefacción (LQ):*** *En un campo de olivos próximo a Alcolea, situado probablemente en la vega del río, se describen procesos de licuefacción en cartas o informes históricos indicando que "el suelo comenzó a hervir" y el agua comenzó a salir desde diversos puntos y grietas.*
☒ ***2 Anomalías Hidrogeológicas (2 HA):*** *En la zona de Dalías y Berja, los manantiales aumentaron de manera notable su caudal y aparecieron otros nuevos.*
☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (WA; TS):*** *No Registradas.*
☒ ***Otros efectos:*** *Ruido sísmico en la zona epicentral.*
☒ ***Efectos Arqueosismológicos:*** *Daños importantes y moderados en casas, iglesias y castillos. No se indican al no existir evidencias direccionales.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Este terremoto fue documentado a través de cartas, enviadas por observadores, así como por los informes de autores como Casiano De Prado (1863), quien coleccionó testimonios en la región. Los estudios neotectónicos en la zona están encabezados por el trabajo realizado por Martínez Díaz (2000).* ***Calidad de la información geológica: Clase B.***

Investigación / Compilación de la información: *Pedro Huerta (USAL). Nueva Publicación 2017.*

IMAGEN EVENTO



Fotografía y esquema del deslizamiento de Las Quiebras producido por el colapso de dolomías triásicas. Tomada de Martínez-Díaz (2000)

DESCRIPCIÓN
HST 18040825: DALÍAS - BERJA (Almería) 1804 AD **DATOS GALBIS**

Descripción de Galbis (1932). Terremoto Nº 465: *1804 AD*

22 a 28 de agosto.- A las 3 h. 30 m. del 23 hubo en Almería un ruido sísmico acompañado de temblores de tierra de bastante duración, que continuaron hasta el 25 del mismo mes, tan violentos, que fueron abandonados los edificios, saliendo los vecinos a habitar las plazas y los campos y teniendo que celebrarse las sesiones del Ayuntamiento en tiendas de campaña. Este mismo terremoto se sintió también en Granada, siendo muy violento en las Alpujarras.

En Albuñol (Granada), el 25 tembló de nuevo, a las 8 h. 30 m., violentísimamente; abrió en todas direcciones las dos torres de la iglesia; los clavos de los arcos se rebajaron y quedaron colgados fuera de su centro más de tres pulgadas. Todos los edificios sufrieron gran deterioro, quedando muchos en ruinas, y trasladándose al campo los vecinos; hubo dos niños heridos.

En Berja (Almería) un testigo presencial dice que el día 24 se sintió un terremoto muy fuerte y que el día 25, a las 7 h., otro, primero ligero, dándole tiempo de salir a la calle, y luego, tan fuerte, que apenas podía sostenerse en pie; vio las casas caerse y las paredes y torres de las iglesias formar un remolino y hundirse; también se hundió la casa Ayuntamiento. Los edificios que estaban más próximos a la montaña sufrieron menos que los que estaban en el llano, donde se cayeron muchos y otros quedaron ruinosos.

Según otra narración, fue sentido con violencia en toda la provincia de Almería, sobre todo en Berja; Roquetas, en la que tembló primero el 20 y después el 25, que destruyó muchas casas, pero no hizo víctimas; Canjayar, donde ocasionó cuatro muertos y muchos heridos, 60 casas desplomadas y 120 que hubo que derribar, entre ellas la iglesia; Turón, donde hubo que derribar 167 casas, además de la fábrica de plomo; Dalías, en donde al cuarto día después del terremoto se habían desenterrado de las ruinas 267 cadáveres, y dicen que continuaron las sacudidas veinticinco o treinta días más; en Alcolea se hizo una abertura en el terreno de cinco varas. Hubo en muchos sitios quiebras en el terreno y desprendimiento de tierras. Fue sentido también en Málaga, precedido de un ruido muy grande. Se dice que se sintió también en Cartagena y hasta en Madrid.

Referencias de Galbis (1932). Terremoto Nº 465: *1804 AD*

Godoy y Ramírez, J. (año): Bosquejo Geológico histórico de la actual Provincia de Almería.

Madoz, I. (1845-1850): Historia de Málaga y su provincia

Perrey, A. (1847): Sur les Tremblements de terre de la Peninsule Iberique. Annales des Scien. Phys. et Naturelles, d'Agric. et d'Indus. Lyon, t. X, pp. 461-513.

Ponce de León. J. (año): Memoria sobre los terremotos.

Prado, C. De, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. Rev. Minera, t. XIV, núms. 322 a 325, 69 págs.

Sánchez Navarro-Neumann, M. (1921): Lista de los terremotos más notables sentidos en la península Ibérica desde los tiempos más remotos, hasta 1917, inclusive, con ensayo de agrupación en regiones y períodos sísmicos. La Estación Sismológica y el Observatorio Astronómico y Meteorológico de Cartuja (Granada). Memorias y trabajos de vulgarización científica. pp. 11-65.

Toro, M. J. de. (año): Memoria de las vicisitudes de Almería.

INTERPRETACIÓN
HST 18040825: DALÍAS - BERJA (Almería) 1804 AD

ANÁLISIS DE DATOS

Autor: Pedro Huerta, Departamento de Geología, Universidad de Salamanca.

EEE. Efectos Geológicos y Ambientales del Terremoto de Dalías – Berja, 1804 AD

Las descripciones del terremoto aportadas por Casiano de Prado (1863) y las cartas publicadas en la Gaceta de Sevilla, entre otros, revelan la existencia de múltiples efectos ambientales y geológicos (EEE) producidos por el terremoto de Dalías - Berja (1804) (Fig. 1). Los partes de los corregidores de los distintos municipios describen 4 tipos de EEEs, anomalías hidrológicas e hidrogeológicas (HA) descritas principalmente en la zona de Dalías y Berja, agrietamientos del terreno (GK), prácticamente en todas las localidades con EEEs, movimientos en masa (SM), que también son bastante comunes, y procesos de licuefacción (LQ), descritos únicamente en una localidad, aunque también aparecen asociados a algún movimiento en masa. La mayoría de los EEEs identificados tienen una intensidad VIII ESI-07 (1000 km^2), aunque en las proximidades de la zona epicentral aparecen algunos con intensidad IX ESI-07 (170 km^2), y tan solo uno con intensidad VII ESI-07, en Roquetas de Mar.

Los EEEs de la zona epicentral, dentro de la isosista IX situados en un radio máximo de unos 12 km desde el epicentro macrosísmico son SM, GK, y HA. Los movimientos de ladera y las grietas del terreno presentes en esta zona epicentral aparecen en la sierra de Alhamilla, donde se localiza el deslizamiento de Las Quiebras y aparecen varias grietas en el terreno con anchuras métricas, profundidades de unos 10 m y longitudes de unos 250 m. Los límites del deslizamiento son fracturas con direcciones N170º y N 125º. La reactivación de alguna de estas fracturas podría haber generado este deslizamiento, que según Martínez Díaz (2000a) pudiera ser parte de una ruptura superficial no identificada asociada a un terremoto de magnitud probablemente superior a M 5,5 que hubiese hundido parte del terreno. En la zona de Dalías y Berja los efectos hidrológicos consistieron en la aparición de fuentes nuevas y en el aumento de caudal de muchas de estas.

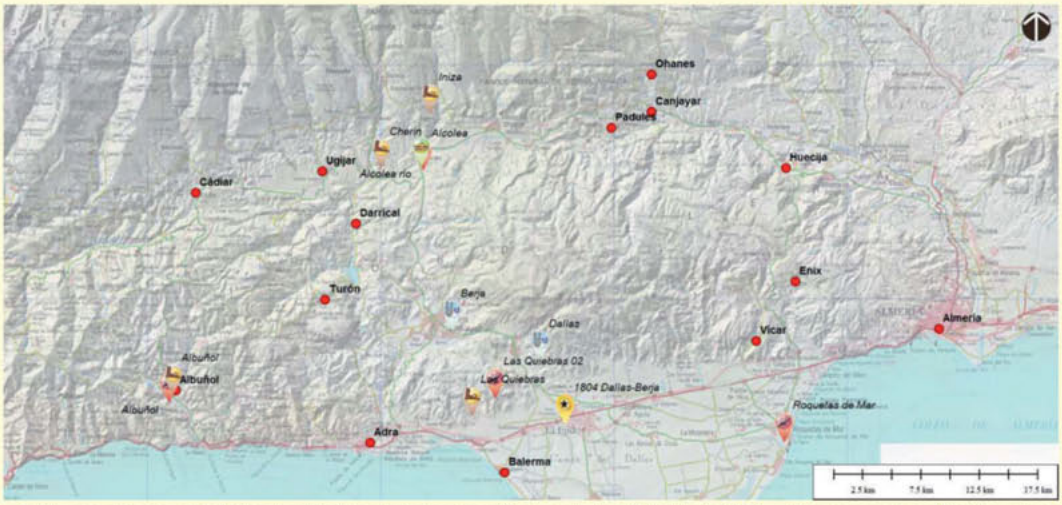


Fig. 1: Mapa con la situación de las localidades afectadas por el terremoto de Dalías-Berja 1804, en las que se han obtenido valores de Intensidad MSK, EMS (puntos rojos) y lugares donde se han encontrado efectos geológicos (simbología de la escala ESI-07). El epicentro macrosísmico está indicado con una estrella.

Los EEEs recogidos dentro de la isosista VIII ESI-07 aparecen en torno a los 30 km de distancia de la zona epicentral y se localizan en la zona del corredor de las Alpujarras (localidades de Alcolea y Cherín). Los EEEs recogidos en esta zona son movimientos de ladera (SM), grietas en el terreno (GK), y licuefacciones (LQ). Los SM, como el de Cherín, movilizarían una masa de en torno a 10^5 m^3. En Alcolea las anchuras serían métricas y las longitudes decamétricas. Las licuefacciones en Alcolea se desarrollaron en una extensión imprecisa pero probablemente de hectáreas ya que se indica que afectó a una finca de olivos. La eyección de agua y barro duró 15 días.

Dentro de la isosista VII ESI-07 tan sólo se encuentra un EEE, grietas del terreno (GK) en Roquetas de Mar, a unos 20 km al oeste del epicentro. En Albuñol se produjo un movimiento de ladera (SM) que movilizaría probablemente una masa de entre 10^3 y 10^4 m^3. Este deslizamiento tendría asociadas grietas del terreno que podrían interpretarse como grietas de tamaño centimétrico, por las que saldría agua.

Análisis de los efectos geológicos (EEEs) del Terremoto de Dalías – Berja, 1804 AD

El área en el que se encuentran los EEEs que caracterizan la intensidad IX ESI (170 km^2) y el área en la que se encuentran los EEEs de intensidad VIII ESI (unos 800 km^2) están dentro del orden de magnitud en el que se ubican los efectos geológicos para terremotos con una intensidad máxima de IX (ESI).

En la zona de la Sierra de Alhamilla las dimensiones de las grietas (GK) y las dimensiones de los movimientos de ladera (SM) como el de Las Quiebras permiten asignar una intensidad de IX ESI al área afectada. De las descripciones de Galbis se deduce que en la zona de Berja, y seguramente también en la zona de Dalías, los sedimentos cuaternarios que conforman estas cuencas produjeron una amplificación de la onda sísmica destruyendo las casas situadas en las partes llanas, mientras que las que se situaban en las colinas quedaron en pie. Esta amplificación del terreno quizás provocó la aparición de nuevas fuentes en las zonas de las vegas, tanto de Berja como de Dalías.

Los datos de intensidades EMS son de VI para la localidad de Albuñol, en la que se cayó la clave de la iglesia. La descripción de los fenómenos geológicos recopilados por Prado (1863) no es muy precisa pero se ha estimado una intensidad VII ESI-07 para esta zona ya que se han interpretado movimientos en masa que movilizarían volúmenes de 10^3 y 10^4 m^3 en la montaña en frente de Albuñol, aunque la localización de este fenómeno es incierta. Las grietas en el terreno probablemente estuvieron asociadas a este movimiento de ladera complejo; estas podrían haber sido decimétricas y de longitudes métricas, y pudieron haber estado asociadas con la eyección de agua y barro. Esta asignación de dimensiones tiene únicamente como base la siguiente descripción de Casiano de Prado (1863) que dice: "*La montaña inmediata a Albuñol tiene quiebras y hendiduras horrorosas. Por muchos sitios se ha hundido y aplanado sensiblemente sobre sí misma, y las aguas que salen de estas quiebras se han aumentado con exceso y salen a menudo muy turbias*". Este movimiento en masa estaría asociado a grietas en el terreno, y a procesos de licuefacción como se infiere de la descripción de Casiano. En esta localidad no se ha indicado la existencia de licuefacciones (LQ), ya que se ha considerado que quedaría reflejado mejor por un movimiento de ladera complejo (SM) de tipo deslizamiento, con agrietamientos en el terreno por los cuales el agua turbia saldría como producto de una modificación de la piezometría en la masa deslizada.

En torno a las localidades de Alcolea y Cherín, situadas al norte de la zona de limitada por la isosista VIII, los movimientos de ladera, consisten en deslizamientos y desprendimientos de grandes dimensiones que movilizan material con volúmenes de en torno a 10^5 m^3 y produjeron cortes de carreteras. En esta zona el relieve es más acusado favoreciéndose los movimientos de la ladera (SM), entre los EEEs más comunes en esta zona.

Los trabajos de López Marinas (1979) y Espinar Moreno (1994) indican que el terremoto tuvo intensidad máxima de IX MSK en Dalías, re-catalogado posteriormente con intensidad máxima VIII-IX EMS, y magnitud estimada de M 6,4, situado junto a El Ejido (Martínez Solares y Mezcua, 2002). Junto a esta localidad sitúa Martínez-Díaz (2000a; 2000b) el eje de basculamiento de campo Dalías y a 3,5 km la falla que limita por el sur la sierra de Alhamilla y la sierra de Gádor. La zona está segmentada por fallas extensionales de dirección NO-SE con componente de desgarre que provocan movimientos diferenciales en la vertical (Martínez Díaz, 2000). Esta zona ha sido tectónicamente activa desde el Mioceno Superior, como queda evidenciado por su geomorfología y la existencia de EEEs en el registro geológico de la zona (Martínez Díaz, 2000; Pedrera *et al.*, 2012; Marín-Lechado *et al.*, 2005).

Los EEEs catalogados indican que el epicentro macrosísmico del terremoto de 1804 está próximo a la localización epicentral indicada por el IGN (Martínez Solares y Mezcua, 2002) que además se sitúa próximo a la falla de la Loma del Viento en Campo Dalías (Goy y Zazo, 1986), la cual pudo ser la causante de este terremoto. Además parece que los EEE se alinean en la misma dirección (NNW-SSE) que dicha falla.

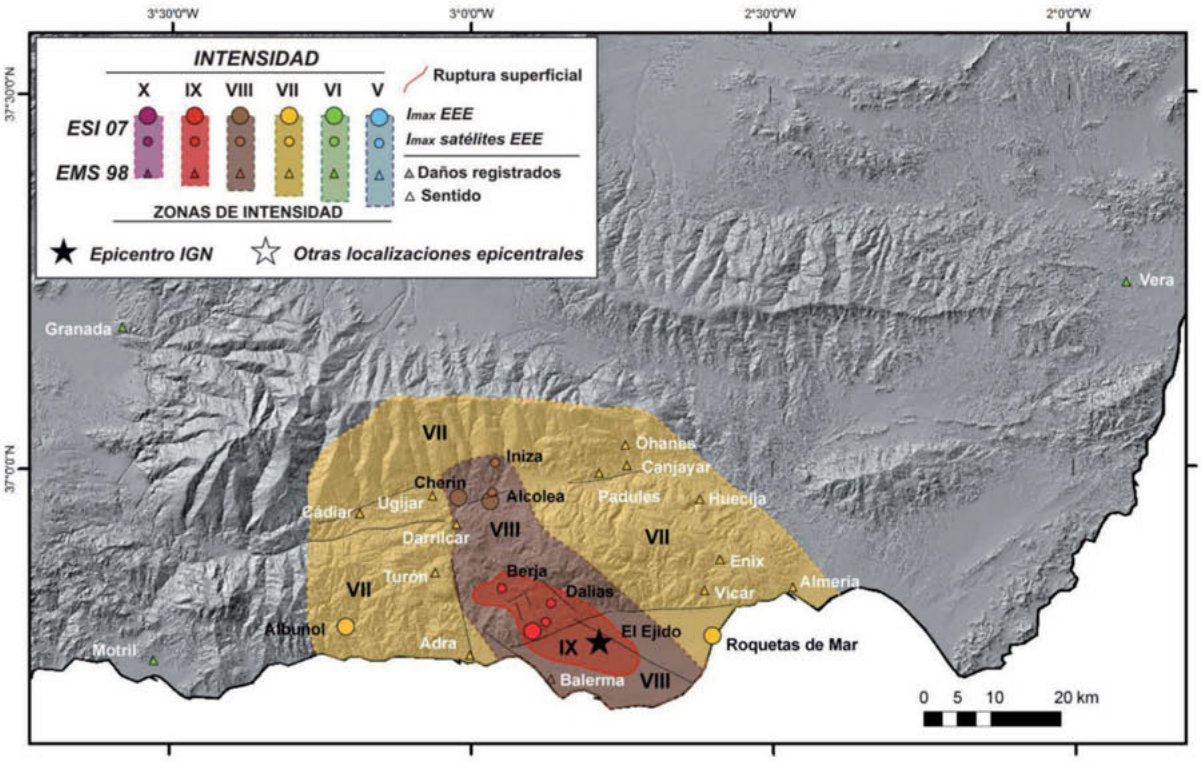
El terremoto del 25 de agosto de 1804 sucede a otro producido en la misma zona, el 13 de enero de 1804, este último con una intensidad máxima de VII-VIII EMS y con su epicentro localizado en el Mar de Alborán (Martínez Solares y Mezcua, 2002). El terremoto del 25 de agosto fue acompañado por otros terremotos que empezaron el 22 de agosto y otros muchos que se sucedieron hasta finales de septiembre.

EAE. Efectos Arqueosismológicos del Terremoto de Dalías – Berja, 1804 AD

El terremoto de Dalías – Berja de 1804 AD produjo la destrucción de total de varias casas en los distintos municipios próximos a la localidad epicentral y severos desperfectos en localidades más distantes. La ausencia de datos direccionales en las estructuras afectadas hace que no se desarrolle este apartado, quedando descritos estos efectos en la descripción general de daños del evento de este terremoto.

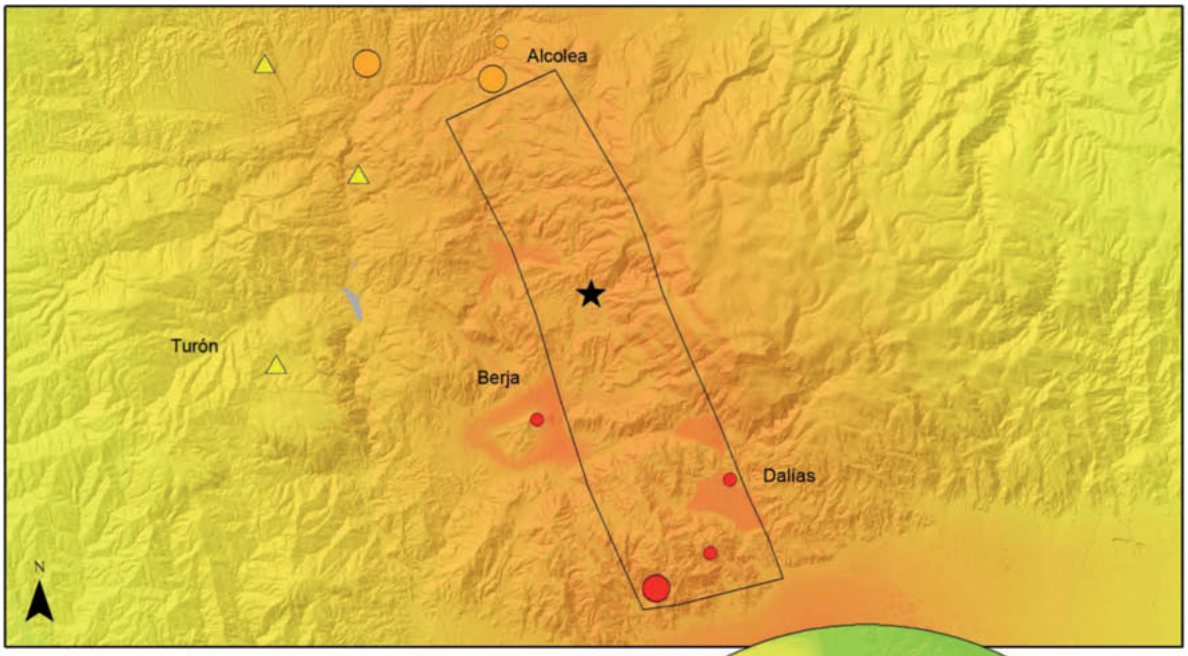
DISTRIBUCIÓN DAÑOS ESI-07/EMS-98
HST 18040825: DALÍAS – BERJA (Almería). 1804 AD
EFECTOS GEOLÓGICOS

EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
HST 18040825*AD*	08:25	2º50' O	36º46' N	6,4 M*	VIII-IX	IX	IX	B	A	B	**Dalias. AL.**



SHAKE MAP ESI-07/EMS-98
HST 18040825: DALÍAS - BERJA (Almería) 1804 AD
ACELERACIÓN DEL TERRENO

EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
HST 18040825*AD*	08:25	2°50' O	36°46' N	6,4 M*	VIII-IX	IX	IX	B	A	B	**Dalias. AL.**
Fuente sísmica modificada de: Pedrera *et al.* (2012) y Huerta *et al.* (2015).			**Mw calculada:** 6,7		**Relación empírica**: Wells y Coppersmith (1994).					**GMPE**: Wald *et al.* (2005) modificada según Silva *et al.* (2016).	



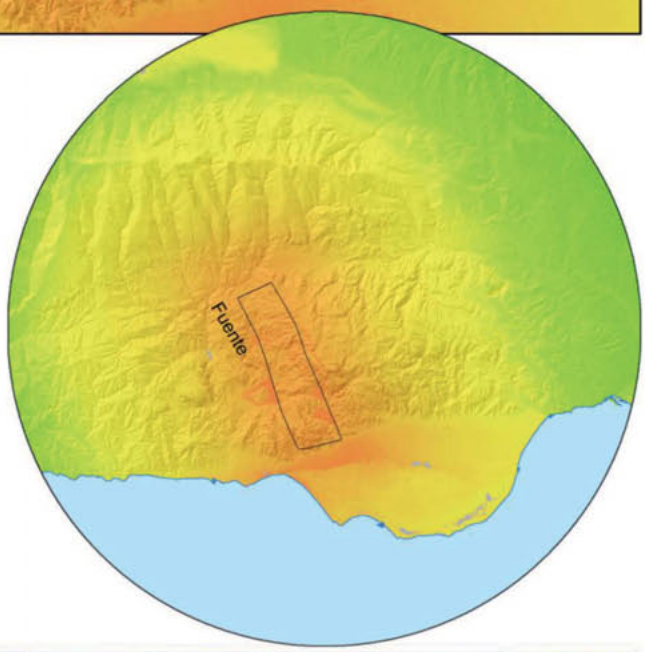
0 1 2 4 km

ESCENARIO

Datos del Modelo

Falla Normal con componente en dirección, buzamiento OSO
Falla de Balanegra
Longitud de la fuente 20,9 km

PGAmax 0,67g
PGA en Dalías 0,63g
PGA en Berja 0,56g
PGA en Alcolea 0,41g



Efectos Edificaciones										
MMI (USGS)	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
SACUDIDA	Ligera	Moderada	Fuerte	Muy Fuerte	Severa	Violenta	Muy Violenta	Extrema	Extrema
DAÑO	Ninguno	Muy Ligero	Ligero	Moderado	Severo	Destructivo	Muy Destructivo	Devastador	Totalmente Devastador

PGA (g)	0,014	0,039	0,092	0,18	0,34	> 0,65

Efectos Geológicos										
EEE PRIMARIOS	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Muy raros	Raros	Apreciables	Significativos	Importantes	Muy Importantes
EEE SECUND.	Ligeros	Marginales	Moderados	Apreciables	Significativos	Importantes	Muy Importantes	Devastadores	Totalmente Devastadores
AREA AFECTADA			c. 1 km²	≤10 km²	≤100 km²	≤1000 km²	≤5000 km²	≤10.000 km²	≥50.000 km²
ESI-07	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII

REFERENCIAS **DATOS**
HST 18040825: DALÍAS - BERJA (Almería) 1804 AD **BIBLIOGRÁFICOS**

Autor: Pedro Huerta, Departamento de Geología, Universidad de Salamanca.

Bibliografía Terremoto de Dalías - Berja de 1804 AD

Espinar Moreno, M. (1994): Los estudios de sismicidad histórica en Andalucía: Los terremotos históricos de la provincia de Almería. En: El estudio de los terremotos en Almería. Instituto de Estudios Almerienses, pp. 115-180.

Galbis, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5ºE y 20ºW de Greenwich y los paralelos 45º y 25º Norte, Tomo I. Instituto Geográfico Catastral y Estadística, Madrid.

Goy, J.L. y Zazo, C. (1986): Synthesis of the Quaternary in the Almería littoral neotectonic activity and its morphologic features, western Betics, Spain. Tectonophysics, 130(1): 259-270.

Huerta, P., Silva, P.G., Giner Robles, J.L., Rodríguez Pascua, M.A. and Bautista Davila, B. (2015): Efectos geológicos del Terremoto de Dalías-Berja 1804 AD. (Almería, SE España). In: XIV Reunión Nacional de Cuaternario (Eds J.P. Galve, J.M. Azañón, J.V. Pérez Peña and P. Ruano), Una visión global del Cuaternario: El hombre como condicionante de procesos geológicos, pp. 194-197, Granada.

López Marinas, J.M. (1977): Estudio de periodo sísmico de 1804 en Almería. Hidroeléctrica Española, Informe interno, p. 30.

Marín-Lechado, C., Galindo-Zaldívar, J., Rodríguez-Fernández, L.R., Serrano, I., Pedrera, A. (2005): Active faults, seismicity and stresses in an internal boundary of a tectonic arc (Campo de Dalías and Níjar, southeastern Betic Cordilleras, Spain). Tectonophysics 396, 81-96.

Martínez-Díaz, J.J. (2000a): Neotectónica y tectónica activa del sector centro-occidental de la región de Murcia y sur de Almería (Cordillera Bética-España). PhD Thesis, Universidad Complutense de Madrid 466 pp.

Martínez-Díaz, J.J. (2000b): Actividad neotectónica en el sureste de Almería y su incidencia en la morfotectónica de la zona (Cordilleras Béticas). Revista de la Sociedad Geológica de España 13, 417– 429.

Martínez Solares, J.M., Mezcua, J. (2002): Catálogo Sísmico de la Península Ibérica (880 a.C. – 1900). Monografías IGN, 18. IGN, Madrid (Spain), 253 pp.

Mezcua, J., Rueda, J., García Blanco, R.M. (2013): Iberian Peninsula Historical Seismicity Revisited: An Intensity Data Bank. Seismological Research Letters, 84 (1), 9-18. doi:10.1785/0220120097

Pedrera, A., Galindo-Zaldívar, J., Marín-Lechado, C., García-Tortosa, F.J., Ruano, P., López Garrido, A.C., Azañón, J.M., Peláez, J.A., and Giaconia, F. (2012): Recent and active faults and folds in the central-eastern internal zones of the Betic Cordillera. J. Iberian Geol. 38, 203-221.

Prado, C. de (1863): Los terremotos de la Provincia de Almería. Revista Minera, 14 (tomos 322 - 325), 180 pp.

Romacho Romero, M.J. (1999): Actividad sísmica en el sureste de la Península Ibérica. Movimientos sísmicos en la Provincia de Almería. Nimbus, 4, 153-172.

INFORMACIÓN MACROSÍSMICA HST 18040825: DALÍAS – BERJA (Almería). 1804 AD											EFECTOS GEOLÓGICOS	
EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO	
HST 18040825*AD*	08:25	2°50' O	36°46' N	6,4 M*	VIII-IX	IX	IX	B	A	B	Dalías. AL.	
Tipo de Efectos Catalogados											Número de Fichas 10	10 EEEs 00 EAEs

Imagen Google Earth de la localización de efectos catalogados en la zona epicentral



Información macrosísmica catalogada

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
01.01 Albuñol	3°12'35,04"O	36°47'22,72"N	SM	ESE 33,8 km	VI	VII	**VII**
02.01 Alcolea	2°57'40,40"O	36°58'27,48"N	SM	SE 25 km	Sin datos	VII	**VIII**
02.02 Alcolea, Iniza	2°57'45,33"O	37°0'22,74"N	SM	SE 29,5 km	Sin datos	VII (Zona)	**VIII**
02.03 Alcolea, río	2°57'46,27"O	36°58'39,50"N	LQ	SE 26 km	Sin datos	VII	**VIII**
03.01 Berja	2°55'59,00"O	36°51'3,98"N	HA	SE 13,4 km	VIII	VIII	**IX**
04.01 Cherín	3°0'36,27"O	36°57'51,94"N	SM	SE 27 km	VII	VII	**VIII**
05.01 Dalías	2°50'54,22"O	36°49'38,93"N	HA	S 7 km	VIII-IX	IX	**IX**
05.02 Dalías, Las Quiebras	2°54'49,68"O	36°47'3,79"N	SM	SE 7,5 km	Sin datos	IX (Zona)	**IX**
05.03 Dalías, Las Quiebras	2°53'31,10"O	36°47'55,68"N	GK	SE 6,5 km	Sin datos	IX (Zona)	**IX**
06.01 Roquetas de Mar	2°36'50,29"O	36°45'49,96"N	GK	O 19,6 km	VII	VII	**VII**

Información macrosísmica complementaria

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
0.01 Adra	3°00'42,07"O	36°45'10,01"N	EMS	E 16 km	VII	VIII	**VIII (Zona)**
0.02 Almería	2°27'50,83"O	36°50'22,56"N	EMS	O 33 km	VI-VII	VI	**VII (Zona)**
0.03 Balerma	2°52'57,36"O	36°43'46,68"N	EMS	SE 6 km	VII-VIII	VIII (Zona)	**VIII (Zona)**
0.04 Baza	2°46'27,06"O	37°29'19,49"N	EMS	N 80 km	IV	Sin datos	**Sin datos**
0.05 Canjáyar	2°44'24,11"O	37°00'28,49"N	EMS	N 27 km	VII	VII	**VII (Zona)**
0.06 Cádiar	3°10'47,32"O	36°56'43,05"N	EMS	NO 37,5 km	VII	VII (Zona)	**VII (Zona)**
0.07 Darrical	3°01'30,69"O	36°55'17,81"N	EMS	NO 25 km	VII	VIII (Zona)	**VIII (Zona)**
0.08 Enix	2°36'7,80"O	36°52'36,98"N	EMS	NE 22,5 km	VII	VII (Zona)	**VII (Zona)**
0.09 Granada	3°35'43,13"O	37°10'48,38"N	EMS	NO 83 km	V-VI	Sin datos	**Sin datos**
0.10 Huécija	2°36'38,53"O	36°57'51,37"N	EMS	NE 28 km	VII	VII	**VII (Zona)**
0.11 Motril	3°30'58,11"O	36°45'0,66"N	EMS	O 64 km	V-VI	Sin datos	**Sin datos**
0.12 Ohanes	2°44'23,75"O	37°02'12,39"N	EMS	NNE 29 km	VI-VII	VII	**VII (Zona)**
0.13 Padules	2°46'43,50"O	36°59'44,62"N	EMS	NNE 24 km	VII	VII (Zona)	**VII (Zona)**
0.14 Turón	3°03'17,29"O	36°51'47,38"N	EMS	NO 24 km	VII	VII	**VIII (Zona)**
0.15 Ugíjar	3°03'27,26"O	36°57'43,23"N	EMS	NO 30 km	VII	VII (Zona)	**VIII (Zona)**
0.16 Vera	1°52'9,90"O	37°14'44,68"N	EMS	NE 97 km	VI	Sin datos	**Sin datos**
0.17 Vícar	2°38'24,37"O	36°49'51,18"N	EMS	ENE 15 km	VII	VII (Zona)	**VIII (Zona)**

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18040825.01.01 *01.01. Albuñol (Granada)*	EVENTO	HST18040825 DALÍAS. AL	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7 SM

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Albuñol	3°12'35,04"O	36°47'22,72"N	350 m	Hm²	33,8 km	ESE	**IX EMS /6.4M**

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera	Pendiente del terreno	Pendiente escapada (50-70%)
Descripción Geológica	Los deslizamientos se producen en una ladera de alta pendiente constituida por materiales metamórficos.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Esquistos y Cuarcitas	Esquistos y Cuarcitas	Foliada	Consolidado	I (1.0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Paleozoico	Paleozoico	Sin datos	0.19	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sin datos	Iglesia	Única	Grave	VI EMS / VII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7

Descripción: "*La montaña inmediata a Albuñol tiene quiebras y hendiduras horrorosas. Por muchos sitios se ha hundido y aplanado sensiblemente sobre sí misma, y las aguas que salen de estas quiebras se han aumentado con exceso y salen a menudo muy turbias*" (Casiano del Prado, 1863).

Interpretación: Se interpreta esta descripción como agrietamientos en el terreno y deslizamientos de ladera ya que se indica que la montaña se ha hundido y aplanado sensiblemente.

Cuantificación: La masa deslizada es difícil de cuantificar ya que la ubicación de este efecto no es precisa y/o pudiera haber sido erosionada por el río. Una superficie cóncava en la montaña frente a Albuñol pudiera corresponder con el deslizamiento y sus dimensiones podrían ser de una magnitud de 10^3 m^3, lo que correspondería con una intensidad de VII en la escala ESI-07.



Posible zona con movimiento de ladera

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales con descripciones muy vagas en documentos de la época, que han sido objeto de publicaciones científicas posteriores.*

Referencias bibliográficas:	Prado, C. De, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. Rev. Minera, t. XIV, núms. 322 a 325, 69 págs.		
Información Recopilada	*Pedro Huerta. Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18040825.02.01 *02.01. Alcolea (Almería)*	EVENTO	HST18040825 DALÍAS. AL	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
02 / Alcolea	2°57'40,40"O	36°58'27,48"N	740 m	ha	25 km	SE	**IX ;6.4M**

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera	Pendiente del terreno	Muy suave (2-5%)
Descripción Geológica	Las grietas se desarrollan sobre derrubios y canchales que aparecen en la localidad de Alcolea. Estos derrubios están compuestos por calizas y dolomías del Triásico. En la cartografía geológica GEODE 1:50000, aparecen cortados por una falla.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calizas y dolomías	Conglomerados	Estratificación pobre	Compacidad Media	III (1.6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Triásico	Sin datos	0.15	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos/VII

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/8

Descripción: "*En la localidad de Alcolea se hizo una enorme grieta en el terreno que alcanzó cinco varas*" Tomado de Espinar Moreno (1994). Este autor indica que, Godoy Ramírez, Madoz, Perrey, Ponce de León, Casiano de Prado, Sánchez Navarro Neumann y J.M. de Toro se hacen referencia a este agrietamiento.

Interpretación: Se interpreta este agrietamiento del terreno de grandes dimensiones y que estaría muy próximo al pueblo o en el mismo pueblo.

Cuantificación: Se habría formado al menos una grieta de 4 m (5 Varas) de longitud, aunque no se indica si las 5 varas (unos 4 m) son de longitud o de anchura, se interpreta que son de longitud, y que la anchura podría ser decimétrica. Esto justifica la intensidad VIII en la escala ESI-07.



Localización de Alcolea. Grietas en el terreno

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales con descripciones muy vagas en documentos de la época, que han sido objeto de publicaciones científicas posteriores.*

Referencias bibliográficas:	Espinar Moreno, M. (1994): Los estudios de sismicidad histórica en Andalucía: Los terremotos históricos de la provincia de Almería. En: El estudio de los terremotos en Almería. Instituto de Estudios Almerienses, pp. 115-180.		
Información Recopilada	*Pedro Huerta. Departamento de Geología (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18040825.02.02 *02.02. Alcolea, Iniza (Almería)*	EVENTO	HST18040825 DALÍAS. AL	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8 

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
02 / Alcolea, Iniza	2°57'45,33"O	37°0'22,74"N	1200 m	Hm²	29,5 km	SE	**IX EMS /6.4M**

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera	Pendiente del terreno	Pendiente escarpada (50-70%)
Descripción Geológica	El deslizamiento de Iniza se sitúa en la cara noroeste del cerro de El Castillo. Este cerro está constituido por filitas y cuarcitas. Estas últimas aparecen en la parte superior del Cerro constituyendo cuerpos masivos que se han desprendido en forma de bloques.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Filitas y cuarcitas	Filitas y cuarcitas	Estatificado y foliado	Consolidado	I (1.0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Triásico	Sin datos	0.15	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8

Descripción: En Alcolea y su término nos encontramos que los terremotos hicieron que desapareciera el lugar de Iniza como consecuencia de los desprendimientos y deslizamientos de ladera, acompañados de barro, agua, etc. En el término de Alcolea, un pueblecito denominado Iniza, Inizar o Inhisa quedó destruido por efecto del terremoto de 1804 (no se sabe si éste o el del 13 de enero). Espinar Moreno (1994).

Interpretación: Según las descripciones se trataba de un desprendimiento y/o deslizamiento de grandes bloques provocado por la sacudida, con eyección de barro y agua. En las proximidades de esta localidad se han observado desprendimientos con características similares.

Cuantificación: Las dimensiones de este deslizamiento son de 10.000 m³, lo que justifica una intensidad VIII en la escala ESI-07.



Deslizamiento de Iniza al norte de Albuñol.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales con descripciones muy vagas en documentos de la época, que han sido objeto de publicaciones científicas posteriores.*

Referencias bibliográficas:

Espinar Moreno, M. (1994): Los estudios de sismicidad histórica en Andalucía: Los terremotos históricos de la provincia de Almería. En: El estudio de los terremotos en Almería. Instituto de Estudios Almerienses, pp. 115-180.
Galbis, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5ºE y 20ºW de Greenwich y los paralelos 45º y 25º Norte, Tomo I. Instituto Geográfico Catastral y Estadística, Madrid.

Información Recopilada	*Pedro Huerta. Departamento de Geología (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18040825.02.03 *02.03. Alcolea (Almería)*	EVENTO	HST18040825 DALÍAS. AL	EFECTO	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
02 / Alcolea, río	2°57'46,27"O	36°58'39,50"N	670 m	Hm²	26 km	SE	**IX EMS /6.4M**

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura	Pendiente del terreno	Muy suave (2-5%)
Descripción Geológica	La zona pudiera corresponderse con la llanura aluvial, con depósitos arenosos y conglomeráticos que alternan con lutitas. En este caso, al norte de la llanura aluvial afloran margas del Tortoniense, mientras que al sur aparece el sustrato Triásico.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calizas y dolomías/Margas	Arenas, conglomerados y lutitas	Estratificación pobre	Sin Consolidar	IV (2.0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico/Mioceno	Holoceno	Sin datos	0.15	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos/VII

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LICUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/8

Descripción: ... *"que estando el mayordomo del marqués presenciando la recogida de la aceituna y a la sazón en que había puesto una rodilla en tierra, para examinar el fruto, sintió la rodilla humedecida, y mirando luego, le pareció ver cual si hirviera la tierra. Dada la voz de alarma, huyeron todos a los altos más inmediatos, presenciando entonces cómo la tierra se iba abriendo, surgiendo aguas por todas partes y hundiéndose las casas, los árboles y los campos. Quince días duró este fenómeno, al cabo de los cuales el terreno, que formaba antes un llano, apareció todo lleno de escombros"*. Tomado de: (Tapia Garrido y Cárdenas Puertas, 2000).

Interpretación: La descripción referida parece claramente indicar la existencia de procesos de licuefacción. La ubicación del fenómeno es incierta pero pudiera ser una zona llana próxima al río, ya que se indica que huyeron todos a los altos más cercanos.

Cuantificación: Parece que la extensión del efecto se produjo en dimensiones hectométricas; no se puede cuantificar las dimensiones de las licuefacciones, que tuvieron que ser grandes ya que se hundieron árboles y casas, y el material arenoso eyectado tuvo que ser considerable ya que se indica que el campo quedó lleno de escombros. Por esto se considera una intensidad VIII en la escala ESI-07.



Localización de los posibles efectos de licuefacción junto a Alcolea.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales con descripciones muy vagas en documentos de la época, que han sido objeto de publicaciones científicas posteriores.*

Referencias bibliográficas:	Tapia Garrido y Cárdenas Puertas (2000). Historia de la Baja Alpujarra, 2ª Ed. Instituto de Estudios Almerienses, 571pp, Almería.		
Información Recopilada	*Pedro Huerta. Departamento de Geología (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18040825.03.01 *03.01. Berja (Almería)*	EVENTO	HST18040825 DALÍAS. AL	EFECTO	ANOMALÍA HIDROLÓGICA: HA/9

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
03 / Berja	2°55'59,00"O	36°51'3,98"N	370 m	Km²	13,4 km	SE	**IX EMS /6.4M**

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	La zona de Berja se encuentra en una llanura que se corresponde con una cuenca Holocena limitada por fallas. Por encima de la llanura destacan algunos cerros en los que aflora el sustrato Triásico, al igual que en los bordes de esta cuenca.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calizas y dolomías. También aparecen mármoles y filitas	Conglomerados, arenas y arcillas	Estatificada	Sin Consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Holoceno	Sin datos	0,19	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Adobe, Mampostería	Casa, Iglesia	Múltiples (75%)	Ruina	VIII EMS / VIII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	ANOMALÍA HIDROLÓGICA: HA/9

Descripción: *"Las aguas aumentaron considerablemente y en uno de los sitios de la cabeza de la vega que llaman Sotomán, salieron otras fuentes de bastante consideración, que aunque por una parte parecían estimarse de clase de útiles, por otra eran sospechosas de perjuicio por lo movida que se advertía la tierra en la extensión de más de un cuarto de legua"*. Tomado de (Tapia Garrido y Cárdenas Puertas, 2000).

Interpretación: Se interpreta como uno o varios fenómenos hidrológicos que probablemente se dieron en toda la llanura de Berja y en los pozos abiertos en el acuífero Holoceno.

Cuantificación: Se considera que estos fenómenos se produjeron en todo el acuífero así que las dimensiones serían de Km², las importantes variaciones en el caudal de las fuentes y la aparición de fuentes nuevas justifican una intensidad IX en la escala ESI 07.



Fuente de El Almez. Barriada de Los Cerrillos. Berja. Tomada por Alcaudique. Esta fuente pudo ser una de las que vio aumentado su caudal.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales con descripciones muy vagas en documentos de la época, que han sido objeto de publicaciones científicas posteriores.*

Referencias bibliográficas:	Tapia Garrido y Cárdenas Puertas (2000). Historia de la Baja Alpujarra, 2ª Ed. Instituto de Estudios Almerienses, 571pp, Almería.		
Información Recopilada	*Pedro Huerta. Departamento de Geología (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18040825.04.01 *04.01. Cherín (Granada)*	EVENTO	HST18040825 DALÍAS. AL	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8 

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
04 / Cherín	3°0'36,27"O	36°57'51,94"N	540 m	ha	27 km	SE	**IX EMS /6.4M**

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera	Pendiente del terreno	Fuerte (15-30%)
Descripción Geológica	El deslizamiento o los deslizamientos se producen en la ladera que se encuentra frente al pueblo de Cherín. En el caso que afectase al camino de Laujar afectaría a depósitos de terraza constituidos por arcillas, arenas y conglomerados del Pleistoceno Superior. Otro posible deslizamiento ocurriría unos 50 m más arriba y produciría un deslizamiento que habría taponado un valle. Los materiales deslizados afectarían en este caso a conglomerados del Plioceno Superior-Pleistoceno Inferior.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Arcillas, arenas, y conglomerados	Conglomerados	Estatificado	Semiconsolidado	III (1.6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno Sup. Pleistoceno Inf.	Pleistoceno Superior	Sin datos	0.15	Pre-instrumental

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sin datos	Sin datos	Múltiples (75%)	Ruina	VII/VII

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8

Descripción: "*Una Vega que había en frente del Pueblo, al otro lado del río, ha dado media vuelta completa de forma que el que tenía una hacienda con olivos a su falda, la halla en la cumbre; y por el contrario, las de la cumbre se han venido a lo baxo....*".
...."*Por esta vega pasaba el camino para Lauxar se han unido dos cerros, y sin embargo ha quedado el camino visible en un descarpado o despeñadero de varas de alto: inferimos de esto que alguna columna de viento reventaría por aquella parte.*" Tomado del Correo de Sevilla, miércoles 12 de septiembre de 1804.

Interpretación: Según las descripciones se interpreta como un deslizamiento de ladera provocado por la sacudida. El hecho de que se diga que "*...ha dado media vuelta completa de forma que el que tenía una hacienda con olivos a su falda, la halla en la cumbre; y por el contrario, las de la cumbre se han venido a lo baxo...*" pudiera corresponderse con un deslizamiento rotacional. La ubicación del deslizamiento es incierta. El hecho de que se sitúe frente al pueblo, que haya zonas con olivos y que afectase al camino de Laujar nos permite pensar que podría ubicarse próximo a la actual carretera, aunque podrían existir varios deslizamientos.

Cuantificación: La posible área de la masa deslizada es de magnitud de Hm², lo que justifica una intensidad VIII en la escala ESI-07.



Posible localización del/los deslizamiento/s de Cherín.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales con descripciones muy vagas en documentos de la época, que han sido objeto de publicaciones científicas posteriores.*

Referencias bibliográficas:	Correo de Sevilla (1804). Noticias remitidas a un sugeto de carácter de esta Ciudad por personas verídicas, sobre los terremotos de la costa de Granada. (Uxijar 29 de Agosto de 1804). nº 100, 233p. Miércoles 12 de septiembre de 1804.		
Información Recopilada	*Pedro Huerta. Departamento de Geología (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18040825.05.01 *05.01. Dalías (Almería)*	EVENTO	HST18040825 DALÍAS. AL		EFECTO	ANOMALÍA HIDROLÓGICA: HA/9	
Código /Localidad	**Longitud**	**Latitud**	**Altitud**	**Área localidad**	**Distancia epicentral**	**Orientación epicentro**	**Datos Macrosísmicos IGN** INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
05 / Dalías	2°50'54,22"O	36°49'38,93"N	400 -600 m	Km²	7 km	S	**IX EMS /6.4M**

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura/laderas	**Pendiente del terreno**	Suave (5-10%)
Descripción Geológica	La zona de Dalías se encuentra en una llanura que se corresponde con una cuenca Holocena de características similares a la de Berja. Las fuentes situadas al pie de la llanura y las que aparecen en las laderas de la Sierra de Gádor presentan olor fétido (sulfhídrico), sabor amargo y salado y temperaturas de 27-30°.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calizas y dolomías. También aparecen mármoles y filitas	Calizas y dolomías /Conglomerados, arenas y arcillas	Estatificada	Sin Consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Triásico /Holoceno	Sin datos	0,19	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Adobe, Mampostería	Casa, Iglesia	Múltiples (75%)	Ruina	VIII–IX EMS / IX MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	ANOMALÍA HIDROLÓGICA: HA/9

Descripción: Apenas se han encontrado referencias sobre este fenómeno en Dalías. Tan sólo el trabajo de López Marinas (1977) hace referencia a este efecto en dicha localidad: en el entorno de Berja y Dalías "*todas las fuentes aumentaron de caudal considerablemente y brotaron nuevas, supuestamente como consecuencia de la modificación de la presión de fluidos*".

Interpretación: Se interpreta como uno o varios fenómenos hidrológicos que probablemente se dieron en toda la llanura de Dalías pero también en los manantiales que aparecen en las laderas de la sierra de Gádor. La localización de los efectos es incierta.

Cuantificación: Se considera que estos fenómenos se produjeron en todo el acuífero Holoceno y en el Triásico, así que las dimensiones serían de Km². Esto, y la proximidad a la zona epicentral, nos permite asignar una intensidad IX en la escala ESI-07.



Fuente Nueva. Dalías. Esta fuente pudo ser una de las que vio aumentado su caudal.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales con descripciones muy vagas en documentos de la época, que han sido objeto de publicaciones científicas posteriores.*

Referencias bibliográficas:	López Marinas, J.M. (1977). Estudio de periodo sísmico de 1804 en Almería. Hidroeléctrica Española, Informe interno, p. 30.		
Información Recopilada	*Pedro Huerta. Departamento de Geología (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18040825.05.02 *05.02. Dalías (Las Quiebras)*	EVENTO	HST18040825 DALÍAS. AL	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/9 

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
05 / Dalías	2°54'49,68"O	36°47'3,79"N	345 m	Hm²	7,5 km	SE	**IX EMS /6.4M**

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera	Pendiente del terreno	Escarpada (50-70%)
Descripción Geológica	Este deslizamiento queda dentro de la zona epicentral, en la sierra de Alhamilla, donde también aparecen varias grietas en el terreno con anchuras métricas, profundidades de unos 10 m y longitudes de unos 250 m. Los límites del citado deslizamiento son fracturas con direcciones N170 y N125.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calizas y dolomías	Calizas y dolomías	Estatificado inclinado	Consolidado	I (1.0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Triásico	Sin datos	0.19	Pre-instrumental

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	VII/VII

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/9

Descripción: Según información obtenida en una encuesta de campo (López Marinas, 1977) se produjo un colapso de grandes dimensiones en las dolomías triásicas de la parte SW de la Sierra Alhamedilla en el área denominada de Las Quiebras, que se localiza a unos 10 km del epicentro macrosísmico y a unos 9 km al SW de Dalías.

Interpretación: Se corresponde con el deslizamiento de Las Quiebras. La reactivación de alguna de las fracturas que rodean el deslizamiento podría, según Martínez Díaz (2000), haber provocado el hundimiento de esta zona como parte de una ruptura superficial hasta ahora desconocida. La zona de las Quiebras se encuentra muy próxima a la falla de la Rambla de Balanegra y está limitada por una falla de orientación similar. En cualquier caso, en base a los datos disponibles, y la extensión del proceso de colapso, este debería entenderse más bien como un proceso de deslizamiento provocado por la sacudida sísmica (Martínez Díaz, 2000).

Cuantificación: El área de la masa deslizada posiblemente es de magnitud de hectométrica, lo que se correspondería con volúmenes de masa movilizada de dimensiones en torno a 10^3 y 10^5 m³. Lo que permitiría asignar una intensidad IX según la escala ESI-07.



Fotografía y esquema del deslizamiento de Las Quiebras producido por el colapso de dolomías triásicas. Tomada de Martínez Díaz (2000).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales con descripciones muy vagas en documentos de la época, que han sido objeto de publicaciones científicas posteriores.*

Referencias bibliográficas:
López Marinas, J.M. (1977): Estudio de periodo sísmico de 1804 en Almería. Hidroeléctrica Española, Informe interno, p. 30.
Martínez-Díaz, J.J. (2000): Neotectónica y tectónica activa del sector centro-occidental de la región de Murcia y sur de Almería (Cordillera Bética-España). PhD Thesis, Universidad Complutense de Madrid 466 pp.

Información Recopilada	*Pedro Huerta. Departamento de Geología (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18040825.05.03 *05.03. Dalías (Las Quiebras)*	EVENTO	HST18040825 DALÍAS. AL	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/9 GK

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
05 / Dalías	2°53'31,10"O	36°47'55,68"N	690 m	N/A	6.5 km	NO	IX /6.4M

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera	Pendiente del terreno	Fuerte (15-30%)
Descripción Geológica	Las grietas se desarrollan sobre calizas y dolomías del Triásico en la sierra de Alhamilla		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calizas y dolomías	Calizas	Estratos inclinados	Consolidado	I (1.0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Triásico	Sin datos	0.19	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos/IX (Zona)

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/9

Descripción: Varias grietas con anchuras métricas profundidades de unos 10 m y longitudes de unos 250 m. La zona está caracterizada por la presencia de numerosas fracturas normales con apertura perpendicular a su dirección (de entre 10 y 100 cm) que forman estrechas grietas de profundidades que, a veces, son superiores a los diez metros. La zona de Las Quiebras se encuentra muy próxima a la falla de la Rambla de Balanegra y está limitada por una falla de orientación similar. Asimismo, al norte de las Quiebras se localizan una serie de depresiones cuaternarias descritas controladas por fallas normales N 160º (Martínez Díaz, 2000).

Interpretación: Los datos nos indican que en esta zona se produjeron numerosas grietas en el terreno con unas dimensiones decimétricas a métricas en cuanto su anchura y de longitudes hectométricas.

Cuantificación: Los procesos de agrietamiento descritos justifican una intensidad IX en la escala ESI 07.



Agrietamiento del terreno en la zona de Las Quiebras

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales con descripciones muy vagas en documentos de la época, que han sido objeto de publicaciones científicas posteriores.*

Referencias bibliográficas:	López Marinas, J.M. (1977). Estudio de periodo sísmico de 1804 en Almería. Hidroeléctrica Española, Informe interno, p. 30. Martínez-Díaz, J.J. (2000): Neotectónica y tectónica activa del sector centro-occidental de la región de Murcia y sur de Almería (Cordillera Bética-España). PhD Thesis, Universidad Complutense de Madrid 466 pp.		
Información Recopilada	*Pedro Huerta. Departamento de Geología (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18040825.06.01 *06.01. Roquetas de Mar (Almería)*	EVENTO	HST18040825 DALÍAS. AL	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/7

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
06 / Roquetas de Mar	2°36'50,29"O	36°45'49,96"N	20 m	ha	19,6 km	O	**IX EMS /6.4M**

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Litoral.	Pendiente del terreno	Muy suave (2-5%)
Descripción Geológica	Las grietas se desarrollan sobre depósitos conglomeráticos y arenas de terrazas marinas del Pleistoceno Medio.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Conglomerados y Arenas	Conglomerados y Arenas	Estratificado	Estratificado	IV (2.0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pleistoceno Medio	Pleistoceno Medio	Sin datos	0.19	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería	Casas	Muchas (50%),	Destructivo	VII/VII

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/7

Descripción: "*...En Roquetas de Mar se observaron grietas en el suelo*". No se especifica la fuente de información ni las dimensiones de las grietas. (Tomado de: Espinar Moreno, 1994).

Interpretación: La documentación hace referencia a que se produjeron grietas en el terreno, sin especificar el lugar de su localización. Tampoco se especifican las dimensiones aproximadas de las grietas, que al ser consideradas de mención se presume que podrían ser centimétricas.

Cuantificación: Teniendo en cuenta los escasos datos y considerando que las anchuras podrían ser centimétricas, se le asignaría una intensidad VII en la escala ESI-07.



Vista de Roquetas de Mar

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales con descripciones muy vagas en documentos de la época, que han sido objeto de publicaciones científicas posteriores.*

Referencias bibliográficas:	Espinar Moreno, M. (1994): Los estudios de sismicidad histórica en Andalucía: Los terremotos históricos de la provincia de Almería. En: El estudio de los terremotos en Almería. Instituto de Estudios Almerienses, pp. 115-180.		
Información Recopilada	*Pedro Huerta. Departamento de Geología (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

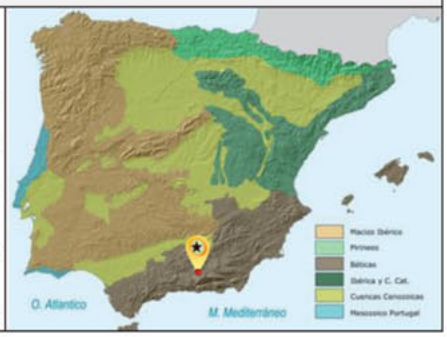
9.11. HST 18061027 PINOS-PUENTE (Granada) 1806 AD
Terremoto de Pinos-Puente (Histórico Reciente, Siglo XIX)

HST18061027: PINOS PUENTE (Granada). 1806 AD											HISTÓRICO	
FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO	
18061027*AD*	12:10	3°44' O	37°14' N	5,3 M*	VIII	VIII-IX	VIII	A	B	B	Pinos Puente. GR	
Método de datación:		CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Galbis (1932)									Tipo Evento:	HST
Prof. km	-	±EZ	-	±EH-	-	M_o	-	Eventos asociados		RÉPLICAS	Agencia:	IGN / IAG
EEE Primarios		NO	Longitud Falla		-	Desplazamiento		-			Tipo Desp.:	-
EEE Secundarios		SÍ	Categoría ESI07		☒GK ☐SM ☒LQ ☒HD ☒HA ☐WA ☐TS						Área afectada:	> 50 km²
Otros EEE Ambientales		SÍ	☒ OTROS EFECTOS (OT): Ruido importante generalizado, emisión sistemática de humos (vapor o gases) por los agrietamientos del terreno y colapsos kársticos pequeños en la zona epicentral al pie de Sierra Elvira (entre Pinos Puente y Atarfe).									
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ	☒ EAEs: Colapsos parciales de Iglesias y agrietamientos en edificios singulares, fundamentalmente en Pinos Puente y Santa Fe. Agrietamientos importantes en la mayor parte de las viviendas existentes en la zona epicentral y colapso de un 5% de ellas.									

Documentación IGN 2002:29, 49, 165, 166, 267, 273, 280, 285, 312, 315, 317, 405, 421, 431, 435, 437, 439, 504, 522, 545, 583, 585, 587, 600, 623, 681, 687, 721, 747, 784, 785, 791, 1039, 1058

Referencias bibliográficas básicas:

Galbis, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5° E y 20° W de Greenwich y los paralelos 45° y 25° Norte, Tomo I. Inst. Geográfico Catastral y Estadística, Madrid.
Garrido, N. (1806): Memoria que con motivo de los temblores de tierra sentidos en Granada y sus contornos, desde el 27 de Octubre de 1806. Granada, 115 p.
Martínez Solares, J.M. y Mezcua, J. (2002): Catálogo sísmico de la Península Ibérica (880 a. C. – 1900). Monografía nº 18, Instituto Geográfico Nacional (IGN).
Ponce de León, J. (1806): Memoria sobre los terremotos. Herederas de D. Nicolás Moreno. Granada, 36 p
Sanz de Galdeano, C. *et al.* (2012): Main active faults in the Granada and Guadix-Baza Basins (Betic Cordillera). Journal of Iberian Geology 38 (1), 209-223.
Sempere, J. (1807): Reflexiones sobre los terremotos de Granada. Real Acad. Historia, 9/5210, 416-453.
Vidal Sánchez, F. (1986): Sismotectónica de la región Béticas-Mar de Alborán. Tesis Doctoral, UGR, 457 p



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 18061027 Pinos Puente, GR	3°44' W	37°14' N	5.3 M*	VIII	VIII-IX	VIII	B	**Granada basin (Zona 35)**
EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Galbis (1932)							**Event Type:**	**HISTORIC**

GENERAL DAMAGE: The macroseismic area of this event is near 60 km² (VIII ESI-07) and was felt in an area of c. 400 km² (≥ V EMS). In distant localities (Almuñécar, Guadix) located c. 55 km away seismic shaking was IV EMS. The macroseismic area was centred in the fluvial plain of the Genil river and the most damaged localities (VIII EMS) were Soto de Roma, Pinos Puente, Valderrubio and Santa Fe, all them located within a radius of 5-6 km around the epicenter. In this zone 84% of the houses (of a total of 1,118 buildings) suffered strong damages, cracks, collapses of walls, etc. and 94 (c. 7%) were completely ruined. 13 people died, mainly due to roof collapses. Pinos Puente was de most damaged population, even showing partial collapses of its main church (La Consolación) and others. Some authors consider intensity VIII-IX MSK for the localities of Pinos Puente and Soto de Roma.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Widespread occurrence of ground cracks (up to 50 m long and 12 cm wide) in the macroseismic zone accompanied by ejections of muddy waters and gas emissions. It can be considered that ground cracking and water ejection processes were interlinked, favoured by site effect in the fluvial plain of the Genil and mainly related to lateral spreading cases along the margins of the existing river channels. In Pinos Puente was recorded the more significant ground cracks. The hypocentral depth is interpreted as very shallow, reinforcing this interpretation of the amplification of the environmental damage in the epicentral area. The total macroseismic area affected by environmental damage is about 60 km² indicating a minimum intensity of VII ESI-07. There are some other secondary EEEs as probable small karstic collapses at Sierra Elvira, as well as hydrogeological anomalies in the thermal karstic spring of Sierra Elvira (present thermal baths) and the spring of La Malahá, about 16 km away.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☒ ***4 Ground cracks (GK):*** *Generalized in the soft sedimentary alluvial ground of the epicentral area with up to 50 m long and 12 cm wide in the localities of Pinos Puente, Valderrubio, Soto de Roma and Santa Fe. All them at 5-6 km of epicentral distance, except Pinos Puente (2.5 km) where were recorded the most relevant ground cracks linked to ejection of muddy waters and gas emissions.*
☐ ***Slope movements (SM):*** *No Reported.*
☒ ***4 Liquefaction processes (LQ):*** *Associated to ground cracks in the alluvial plain of the Genil river. In most of the cases can be explained as processes of lateral spreading along channel margins.*
☒ ***3 Hydrogeological anomalies (1 HD; 2 HA):*** *Temporal change in the water-level (c. 50 cm) of the thermal water spring of the Sierra Elvira Cave (Baths) and increase in flow rate and turbidity in the spring of La Malahá (c. 16 km away). Anomalies linked to gas emissions (HD) in Pinos Puente and Sierra Elvira are considered from intensity VIII in the ESI-07 scale.*
☐ ***Anomalous waves and Tsunamis (AW; TS):*** *No Reported.*
☒ ***>1 Other effects:*** *Small karstic collapses along the SW slope of Sierra Elvira (probably karst vault collapses).*
☒ ***3 Archaeoseismic damage:*** *Strong damage in the La Consolación church of Pinos Puente, with partial collapses, and moderate in the church of La Encarnación. Reported damage in the monastery of the Padres Agustinos in Santa Fe.*

☒ ***Geological Data:*** *Earthquake reports from 1807 (Garrido, 1807; Sempere, 1807; Ponce de León, 1807) and preliminary studies by Vidal Sánchez (1986) don't provide more detailed geological information than those summarized in this file. The earthquake epicenter was located in the SW slope of Sierra Elvira, very probably linked to the Pinos-Puente segment (c. 10 km length) of the NW-S Sierra Elvira-Dilhar Fault (33 km length). This fault is presently associated to important low-magnitude instrumental seismicity and holds a seismic potential to produce an event 6.3 Mw (Sanz de Galdeano et al., 2012) .**Quality of Geological Information: Class B.***

Research / Data compilation by: *Javier Elez and Pablo G. Silva (USAL). Newly Published 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 18061027 Pinos Puente, GR	3°44' O	37°14' N	5,3 M*	VIII	VIII–IX	VIII	B	**Cuenca de Granada (Zona 35)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN Ref.: Galbis (1932)	**Tipo de Evento**	**HISTÓRICO**

DAÑOS GENERALES: El área macrosísmica (VIII ESI-07) de este evento está cerca de 60 km², ocupando toda la Vega del Río Genil al pie de Sierra Elvira. Fue sentido en un área cercana a los 400 km², y en localidades distantes unos 55 km (Almuñécar o Guadix) se sintió con intensidad IV EMS-98. En la vega del Genil (zona epicentral) afectó principalmente al área delimitada por las poblaciones de Pinos Puente, Valderrubio, Santa Fe y el Soto de Roma. En esta zona, el 84% de las casas existentes en el momento del terremoto (una cantidad de 1110) sufrieron daños importantes, agrietamientos fuertes y colapso de paredes, etc. y 94 de ellas (7%) colapsaron completamente. Murieron 13 personas, fundamentalmente debido a colapsos de los tejados de las viviendas. En Pinos Puente, la población más afectada por el evento, la Iglesia de la Consolación presentó colapsos parciales importantes. Algunos autores atribuyen intensidad máxima de VIII-IX MSK a las poblaciones de Pinos Puente y Soto de Roma.

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. De los efectos secundarios destaca en la zona epicentral el profuso desarrollo de grietas (de hasta 50 m de longitud y 12 cm de ancho) acompañadas por eyección de fangos, aguas cenagosas (licuefacción), humos o vapores (gases). Se puede interpretar que la mayor parte de estos efectos secundarios están amplificados al desarrollarse en la llanura de inundación del río Genil, con una potente serie de materiales cuaternarios no consolidados y que la mayor parte de los agrietamientos representan procesos de "lateral spreading" a lo largo de los márgenes del Genil. En Pinos Puente uno de los agrietamientos más importantes parece que atravesó perpendicularmente el valle del Genil dirigiéndose desde el Puente hacia poniente (por mucho trecho). En esta línea, la profundidad del evento se interpreta como muy somera, lo que también contribuye a reforzar esta interpretación relativa a la amplificación de los daños ambientales en la zona epicentral. El área macrosísmica afectada está en torno a los 60 km². Así pues, agrietamientos del terreno acompañados de eyecciones de aguas cenagosas y vapores fueron los EEEs más relevantes. También se registraron más puntualmente anomalías hidrogeológicas e hidrológicas en las cuevas termales de Sierra Elvira (actual Balneario) y manantiales (La Malahá).

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☒ ***4 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Generalizados en la zona epicentral con hasta 50 metros de longitud y 12 cm de anchura en las localidades de Pinos Puente, Valderrubio, Soto de Roma y Santa Fe. Todas ellas en la Vega del Genil (y afluentes) situadas a unos 5-6 km de distancia epicentral, menos Pinos Puente (2,5 km) donde se registran las más importantes, asociadas además a la importante eyección de aguas cenagosas.*
☐ ***Movimientos de ladera (SM):*** *No Registrados.*
☒ ***4 Procesos de licuefacción (LQ):*** *Generalizados y asociados a los agrietamientos en la llanura del río Genil. Aunque es difícil su clasificación, parece que en la mayor parte de los casos, todos estos procesos se encuentran asociados y que agrietamientos del terreno (GK), eyección de fangos (LQ) y vapores son todos consecuencia de procesos de "Lateral Spreading" a lo largo de los márgenes del Genil, afluentes y canales.*
☒ ***3 Anomalías Hidrogeológicas (1 HD; 2 HA):*** *Cambio temporal (elevación de unos 50 cm) en el nivel del lago subterráneo de la cueva que alimenta el manantial termal (33ºC) del Balneario de Sierra Elvira, a c. 1 km de distancia. Incremento en el caudal y turbidez del manantial del Nacimiento en La Malahá (c. 16 km). La emanación de gases (Pinos Puente y agrietamientos al pie de Sierra Elvira) se considera una anomalía característica de grado VIII (HD) en la escala ESI-07.*
☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (AW; TS):*** *No Registrados.*
☒ ***>1 Otros efectos:*** *probables procesos de pequeños colapsos kársticos a lo largo del pie de Sierra Elvira en la vertiente en la que se produjo el terremoto. Ruido sísmico.*
☒ ***3 Efectos arqueosismológicos:*** *Daños importantes en la Iglesia de Pinos Puente, presentado colapsos parciales, y daños moderados en la Iglesia de la Encarnación, así como en el monasterio de los Padres Agustinos en Santa Fe. No obstante, no se poseen datos fiables sobre orientación de daños para estos EAEs.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Los Informes del terremoto en 1807 (Garrido, 1807; Sempere, 1807; Ponce de León 1807) y el estudio preliminar del mismo por Vidal Sánchez (1986) presentan datos geológicos sin mayor detalle de lo resumido en esta ficha sumario. Lo que sí parece claro es que el epicentro del terremoto se localizó al pie de Sierra Elvira, indicando que la posible fuente sísmica del mismo sea el segmento occidental (Pinos Puente) de la Falla de Sierra Elvira-Dilhar (NO-SE) identificada por Sanz de Galdeano et al. (2012), que posee un potencial sísmico para producir un evento 6,3 Mw y se encuentra asociada a sismicidad instrumental de baja magnitud.* ***Calidad de la Información Geológica: Clase B.***

Investigación / Compilación de la información: *Javier Élez y Pablo G. Silva (USAL). Nueva Publicación 2017.*

IMAGEN EVENTO



Puente Nazarí de Pinos Puente sobre el Río Genil (http://www.iguadix.es/): Lugar donde se consignan los procesos de agrietamiento del terreno y ejección de aguas más importantes ocurridos durante el terremoto de 1806. A la derecha, gruta termal del Balneario de Sierra Elvira donde se documenta la elevación del nivel del agua de cinco palmos, unos 50 cm (http://paisajesdelagua.es/las-misteriosas-aguas-termales-de-sierra-elvira/)

DESCRIPCIÓN
HST 18061027: PINOS PUENTE (Granada). 1806 AD **DATOS GALBIS**

Descripción de Galbis (1932). Terremoto Nº 468:*1806 AD*

27 de octubre y noviembre.- Don José Ponce de León, en la ya citada memoria, dice que este año fueron muy frecuentes los terremotos en la Vega de Granada, sintiéndose algunos en la ciudad; los más fuertes dice que eran hacia Santafé y Pinos, y supone que el foco principal estaba en Sierra Elvira, comprobándolo por los grandes ruidos subterráneos que sin terremoto se han sentido muchas veces, en varios años, en el lugar de Atarfe, que está al pie de dicha Sierra.

Desde el día 4 de agosto estuvo Santafé muy atacada por los terremotos, que se extendían hasta Loja, sintiéndose en Granada los más fuertes y solamente como ligera conmoción en los pueblos más pequeños. El día 27 de octubre se sintieron, primero a las dos en la madrugada, que no fueron muy violentos, y a las doce y media, uno con fuerte sacudida, compuesta de dos movimientos verticales, al que siguieron otros dos horizontales, acompañados de una trepidación y un ruido formidable. Se sintió este temblor en Málaga, Loja, Almuñécar, Guadix y otros pueblos más distantes, de suerte que puede asegurarse que su impulso conmovió la superficie de 900 leguas cuadradas. A su esfuerzo cayeron Santafé, Pinos, el Soto, Asquerosa y Ansola, quedando en ellos muy pocos edificios habitables; parte de Chauchita y Belicena y los edificios de Granada muy resentidos.

Dicen que se abrió una hendidura o falla desde el pie de Sierra Elvira que mira a Santafé hasta más allá del puente de Pinos (Pinos Puentes).

Dice Perrey que en noviembre hubo en Granada grandes sacudidas sísmicas que deterioraron varias casas y duraron varios días, destruyendo un pueblo; probablemente réplicas del terremoto anterior.

Referencias de Galbis (1932). Terremoto Nº 468:*1806 AD*

Perrey, A. (1847): Sur les tremblements de terre de la Peninsule Iberique. Annales des Scien. Phys. et Naturelles, d'Agric. et d'Indus. Lyon, t. X, pp. 461-513.

Ponce de León, J. (1806): Memoria sobre los terremotos. Herederas de D. Nicolás Moreno. Granada, p. 36.

Sánchez Navarro-Neumann, M. (1921): Lista de los terremotos mas notables sentidos en la península Ibérica desde los tiempos más remotos, hasta 1917, inclusive, con ensayo de agrupación en regiones y períodos sísmicos. La Estación Sismológica y el Observatorio Astronómico y Meteorológico de Cartuja (Granada). Memorias y trabajos de vulgarización científica. pp. 11-65.

INTERPRETACIÓN **ANÁLISIS DE DATOS**

HST 18061027: PINOS PUENTE (Granada). 1806 AD

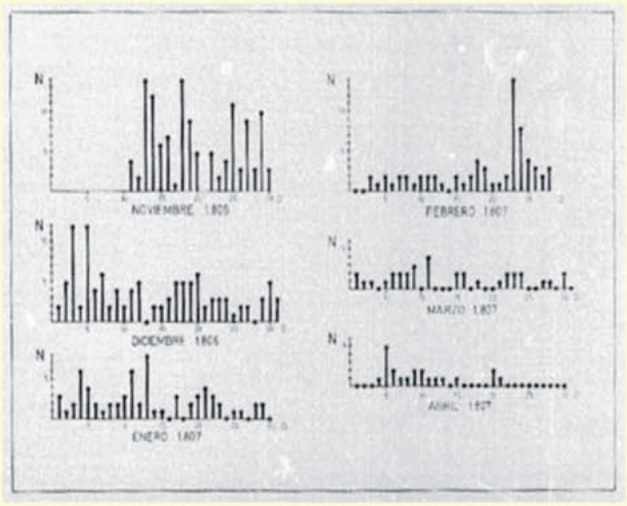
Autores: Javier Élez y Pablo G. Silva, Departamento de Geología, Universidad de Salamanca.

EEE. Efectos Geológicos y Ambientales del Terremoto de Pinos Puente de 1806 AD

Según se recoge en las actas del Ayuntamiento de Santa Fe (Vidal Sánchez, 1986), el evento principal de esta serie sísmica sucedió el 27 de octubre de 1806 a las 12:10 y según Garrido (1807) tuvo una duración de unos tres minutos. Ponce de León (1807) describe el evento principal de la siguiente manera *"A las doce y media del día hubo un fuerte sacudimiento con dos movimientos verticales a que siguieron otros dos horizontales, acompañados de una grande trepidación y un ruido formidable".* Otros autores (e.g. Garrido, 1807; Sempere 1807) indican que la hora del evento fue las 12:30.

Sin embargo, la serie sísmica que se desarrolla con el evento principal tiene una duración mucho más amplia e incluye eventos premonitores de menor magnitud. La noche del 26 al 27 se producen dos terremotos premonitores, uno especialmente fuerte a las 5:45 de la madrugada (Ponce de León, 1807). Esta información también está recogida en otras descripciones de la época (Garrido, 1807) y en el trabajo de Galbis (1932), y es algo inusual en el registro documental sobre los terremotos históricos en España.

Vidal Sánchez (1986) comenta que a pesar del relativo buen registro de información sobre este evento, este está poco estudiado. Este autor recopila y analiza la información histórica relativa a las réplicas sentidas en la zona y su intensidad. Esta información se elaboró en su momento por el Alcalde de Santa Fe en requerimiento del Intendente General de Granada. El mencionado autor concluye que la serie sísmica tuvo en torno a unos 500 sismos sentidos en Santafé, algunos de ellos muy fuertes (Perrey 1847), y que se siguieron produciendo réplicas esporádicas hasta agosto de 1807. Según Galbis (1932) en la vega de Granada se habían sentido terremotos también desde agosto de 1806.



Registro del número de réplicas y la intensidad con la que se sintieron tras el evento del 27 de octubre, el gráfico empieza en noviembre. Gráfico de Vidal Sánchez, 1986.

En cuanto a los daños en las poblaciones, Ponce de León (1807) registra que *"Se sintió este temblor en Málaga, Loxa, Almuñecar, Guadix y otros Pueblos más distantes de suerte que puede asegurarse que su impulso conmovió la superficie de 900 leguas quadradas. A su esfuerzo cayeron Sta. Fé, Pinos, el Soto, Asquerosa, y Ansola, quedando en ellos muy pocos edificios habitables: parte de Chauchina y Belicena, y los edificios de Granada muy consentidos.".* Según Sempere (1807) en una crónica contemporánea, también fue sentido en la Vega de Granada, Soto de Roma y la propia ciudad de Granada en donde no produjo daños de relevancia.

Garrido (1807) describe los daños en la zona epicentral de la siguiente manera *"Los edificios de la zona comprendida entre Pinos, Santafe y Arquerosa (hoy Valderrubio) y cortijos que intermedian, no pudiendo resistir tan fuerte vibración, experimentaron algunos el desplomo de sus techos, muchos una descomposición casi total en sus paredes principales, y aberturas perpendiculares de mucha consideración, con vaciamientos de los tejados, cuya caída, verificándose al acto de la fuga de los que estaban dentro, fue la causa de la mayor parte de las desgracias".*

Según Sempere (1807) *"De 1332 casas de que se componen los vecindarios de Santa Fe, Pinos Puente, Arquerosa y Soto de Roma, 94 han sido arruinados enteramente. Solas 118 han quedado sin ningún quebranto y todas han tenido mayores, calculándose su total valor en 7.704.042 reales"* siendo Santa Fe el municipio que según este autor sufre más daños relacionados con el evento de 27 de

octubre. Parece que la población de Fuente Vaqueros también fue muy afectada. Hay que comentar aquí que el propio autor se queja de la picaresca española, ya que le parecen excesivos algunos de los gastos de rehabilitación presupuestados, de los que entiende que han contado daños en edificios y propiedades previos al terremoto. Concretamente, le parece exorbitante lo solicitado por los Padres Agustinos para la rehabilitación del convento situado en Santa Fe por el que solicitan una cantidad superior al millón de reales.

El número de víctimas mortales registradas en este terremoto varía según los diversos registros entre 11 y 13, la mayor parte de estas se produce por la caída de los techos de las viviendas.

Según Vidal Sánchez (1986), los pueblos más afectados fueron Pinos Puente, Santafé, Arquerosa, (Valderrubio), Ansola, y las cortijadas y pequeños núcleos del Soto de Roma, Fuente Vaqueros, La Paz y Figuelas (Cijuela). Los destrozos fueron mayores en Santafé y Pinos Puente. El terremoto se sintió en Málaga, Loja, Almuñécar, Guadix y otros pueblos. Además, en Santa Fe fueron dañados la Colegiata y el Convento de los Agustinos y en Pinos Puente, el pueblo más afectado según estos autores, la iglesia fue muy dañada, presentando derrumbes parciales.

Para algunas de las poblaciones de las que se citan daños importantes (e.g. Granada) las crónicas de la época son contradictorias ya que un autor apunta la existencia de daños importantes mientras que el resto indica claramente que no hubo daños de relevancia. En estos casos, y para el análisis realizado en este trabajo, se ha tomado el criterio de los autores que dan los datos aparentemente más fiables a nuestra interpretación.

En cuanto al registro de los efectos naturales de este evento, Garrido (1807) comenta que en Pinos, Santa Fe y Arquerosa "*se advirtió en grietas largas de cincuenta a sesenta varas, y de dos a cinco pulgadas de ancho, que mientras duró el temblor, y volvió la tierra su estado de compresión, manaron muchas de ellas agua cenagosa en cantidad, e impulso capaz de regar todo aquel terreno, si al restablecer su natural posición, tan pronto no se hubieran cerrado*" y continúa "*en varios puntos de aquel mismo paraje que terminan en la falda de Sierra Elvira, se advirtieron, aunque en un muy corto perímetro, algunos hundimientos*". También hubo mucho ruido al inicio del evento y emanaciones de gas en la zona epicentral.

Este mismo autor dice explícitamente que "*las grietas y hendeduras solo las hubo aquí*" y cita en relación a Sierra Elvira "*A su pie, y como a la mitad de la longitud de estas vertientes en el camino real del Lugar de Pinos, se halla la boca de una gruta, donde por escaleras construidas a propósito, se desciende fácilmente a su mayor profundidad, que es de catorce varas, en la cual se encuentra cantidad de agua, cuyo calor señala en el termómetro de Rf. 23º ½ y que se tiene por medicinal para todo género de enfermedades cutáneas. Esta agua en el temblor del día 27 de Octubre subió como cinco quartas del punto ordinario en que está su superficie*".

Ponce de León (1807) confirma lo comentado anteriormente respecto a las grietas y dice "*que han arrojado humo y agua cenagosa, que también las hubo en el lugar del Soto de Roma*" y también observó "*una hendidura que pasaba más allá del puente de Pinos y se dirigía por bastante trecho hacia el poniente*".

Vidal Sánchez (1986) además apunta que en La Mala aumentó el caudal del nacimiento, saliendo agua turbia y roja.

Análisis de los efectos geológicos (EEEs) del Terremoto de Pinos Puente de 1806 AD

El evento principal de esta serie sísmica sucedió el 27 de octubre de 1806 a las 12:10 y tuvo una duración de unos tres minutos. El conjunto de la serie sísmica tuvo más de 500 sismos sentidos en Santa Fe, algunos de ellos muy fuertes, y se extendió en el tiempo hasta agosto de 1807, aunque aquí ya de forma esporádica. Esta serie incluye dos eventos premonitores, uno especialmente fuerte a las 5:45 de la madrugada del 26 al 27 de octubre.

A partir de los distintos registros históricos de este evento se pueden identificar una serie de efectos geológicos claros relacionados con este evento. El fenómeno natural que es identificado en mayor número en la documentación histórica es la aparición en las vegas del río Genil de grandes grietas, muchas con dirección probablemente similar al límite SO, terminado en falla, de Sierra Elvira y que tiene dirección aproximada NO-SE. Estas grietas presentaron longitudes de hasta 50 metros y aperturas de hasta 12 centímetros, y se desarrollaron únicamente en la zona comprendida entre las localidades de Pinos Puente, Santa Fe, el cortijo de El Soto de Roma y Arquerosa (Valderrubio). Durante el terremoto estas grietas expulsaron grandes cantidades de agua y sedimentos y, probablemente, hubo fenómenos de licuefacción asociados. De las registradas, las de mayor longitud se localizaron en Pinos Puente. Muchas de estas grietas y licuefacciones se interpretan aquí como respuesta a fenómenos de "lateral spreading" desarrollados en los márgenes de los canales del río Genil.

Durante la duración del evento hay descripciones que comentan que se sintió un ruido muy fuerte y se observaron emanaciones de gas de forma sistemática en toda la zona, en muchos casos asociadas a las fracturas descritas.

Hay registrados hundimientos localizados en el inicio de la ladera de Sierra Elvira que está orientada al SO, la zona epicentral. Estos están descritos como de tamaño muy modesto por lo que su interpretación más probable es que respondan a hundimientos kársticos locales producidos por el propio terremoto, recordamos aquí que toda la zona de Sierra Elvira está fuertemente karstificada.

Se han encontrado registros de dos casos de anomalías en cuerpos de aguas. En Sierra Elvira las

aguas termales del interior de una de las cuevas existentes en la zona SO subieron un metro aproximadamente desde su nivel habitual. En La Mala(ha) aumentó el caudal del nacimiento en un arroyo "*saliendo agua turbia y roja*".

Muchos de los efectos mencionados anteriormente pudieron haber dejado un registro geomorfológico claro en la zona epicentral, sin embargo, una inspección fotogeológica preliminar no permite identificarlos de forma concreta. Las grietas, licuefacciones y hundimientos en la vega del río Genil han desaparecido, ya que son tierras de cultivo y están fuertemente modificadas. En Sierra Elvira existe un número relevante de lineamientos que son compatibles con los agrietamientos descritos anteriormente, tanto en dimensiones como en orientación, pero su potencial atribución al evento de octubre de 1806 sería meramente especulativa. También existe un número relevante de pequeños deslizamientos en la cara SO de Sierra Elvira que podrían haberse activado en este terremoto, pero tampoco hay evidencias definitivas de esto.

También hay que destacar que muchos de estos efectos (tanto geológicos como arquitectónicos) estuvieron claramente amplificados, ya que se desarrollan sobre un sustrato de materiales no consolidados, de potencias importantes y con un nivel freático muy cercano a la superficie; todas ellas características de los materiales de las vegas colindantes a los pueblos y cortijos más afectados, y pertenecientes a la llanura de inundación del río Genil y sus varios afluentes en la denominada Vega de Granada.

A los EEEs anteriormente descritos se les atribuyen aquí intensidades registradas en escala ESI-07 de:

- Las emanaciones de gas asociado a las grietas que se evidencian en toda la vega del río Genil se consideran diagnósticas de Intensidad VIII o superiores. Desafortunadamente no hay registro de su posible composición química (sulfurosas, CO2, vapor de agua, etc.). Sí se conoce que todo el entorno de la zona epicentral tiene un importante registro de aguas termales y gradientes geotérmicos muy altos en superficie, lo que puede haber incrementado la presencia de gases en las grietas abiertas durante el evento.
- Agrietamientos generalizados de hasta 50 m de largo en la vega del Genil con licuefacciones asociadas en respuesta a fenómenos de "lateral spreading" y afectando a toda el área epicentral I = VII en ESI-07.
- Hundimientos kársticos puntuales en el SO de Sierra Elvira, Intensidad no definida, no diagnóstico.
- Anomalías en cuerpos de agua en Sierra Elvira I = VI-VII en ESI-07 y en La Mala I = VI en ESI-07.
- El área que ocupa el conjunto de efectos naturales identificados es cercana a los 50 km^2. Por tanto consideramos que la intensidad del evento de 27 de octubre de 1806 es de VIII en escala ESI-07, compatible con la intensidad mínima asignada anteriormente en relación a la emisión de gases.

Hasta el momento no existe un mapa de isosistas para este evento, pero Martínez Solares y Mezcua (2002) interpretan las intensidades registradas en la zona de la siguiente forma: Intensidad EMS-98 VIII en Pinos Puente; VII en Albolote, Valderrubio, Santa Fe, Maracena, Belicena, Chauchina y Fuente Vaqueros; VI-VII en Cijuela y Malaha; VI en Atarfe, Zojaira, La Paz, Purchil, Churriana, Las Gabias, Armilia, La Zubia y Alhendin; V-VI en Güéjar-Sierra; V en Montefrío, Illora y Gojar; IV en Almuñécar y Guadix y III en Málaga. De la misma forma, Vidal Sánchez (1986) interpreta las intensidades de algunas localidades, así para Santa Fe interpreta Intensidad VIII-IX; en Pinos Puente y en el Soto de Roma IX, todas ellas en escala MSK.

Martínez Solares y Mezcua (2002) solo atribuyen intensidad VIII en escala EMS-98 a la localidad de Pinos Puentes, la que más daños sufrió en el evento. Sin embargo, la descripción de los daños hecha por Sempere (1807) y transcrita en la sección anterior, apunta a que el 84% de las viviendas existentes en las cuatro localidades más afectadas (Soto de Roma, Pinos Puente, Valderrubio y Santa Fe) sufrió daños de relevancia, y que en esas cuatro localidades colapsaron un total 94 viviendas, un 7%. Siguiendo estos datos proponemos que las localidades de Soto de Roma, Pinos Puente, Valderrubio y Santa Fe registraron todas ellas Intensidad VIII, mucho más acorde con ese rango de intensidad en escala EMS98. De hecho, revisiones macrosísmicas más recientes de este terremoto en la escala EMS98 (Vidal Sánchez *et al*., 2011), proporcionan valores de VIII para Pinos Puente y Anzola, así como intensidades de VII-VIII para el resto de las localidades situadas en la zona macrosísmica a menos de 3 km de distancia epicentral mucho más acordes al grado de destrucción del terremoto en estas localidades.

Tras la incorporación de los efectos naturales descritos anteriormente, sus intensidades en escala ESI-07 y las modificaciones de las intensidades propuestas en las localidades más afectadas, parece oportuno la realización de un mapa de isosistas para este evento.

En este (ver mapa) se puede observar que la forma de las isosistas está muy condicionada por la existencia de un registro muy potente de materiales cuaternarios no consolidados correspondientes a la llanura de inundación del río Genil, donde se asientan la mayor parte de las poblaciones y localidades afectadas. Asimismo, también está condicionada por el conjunto de fallas normales existentes en la zona (ver mapa; modificadas de Sanz de Galdeano *et al*., 2012) y que delimitan la cuenca de Granada. En el área epicentral, además, el nivel freático estaría muy alto, incrementando esto la capacidad de amplificación. En La Malaha se atribuye una intensidad EMS de VII en una zona que el mapa de isosistas y los EEEs identificados indican claramente que tuvo que estar dentro de la isosista de intensidad VI, esto parece indicar que allí hubo algún tipo de amplificación local.

Vidal Sánchez (1986) explica que el evento principal y muchas de las réplicas se sintieron en un área geográfica muy reducida, e interpreta que el epicentro tuvo que ser muy superficial y ligado a la

falla de Sierra Elvira y muy próximo a Pinos Puente. Esta interpretación, confirmada por el mapa de Isosistas elaborado, acentúa el papel de la mencionada amplificación en la zona epicentral, algo que también contribuiría de forma notable al incremento de los daños en las poblaciones más afectadas.

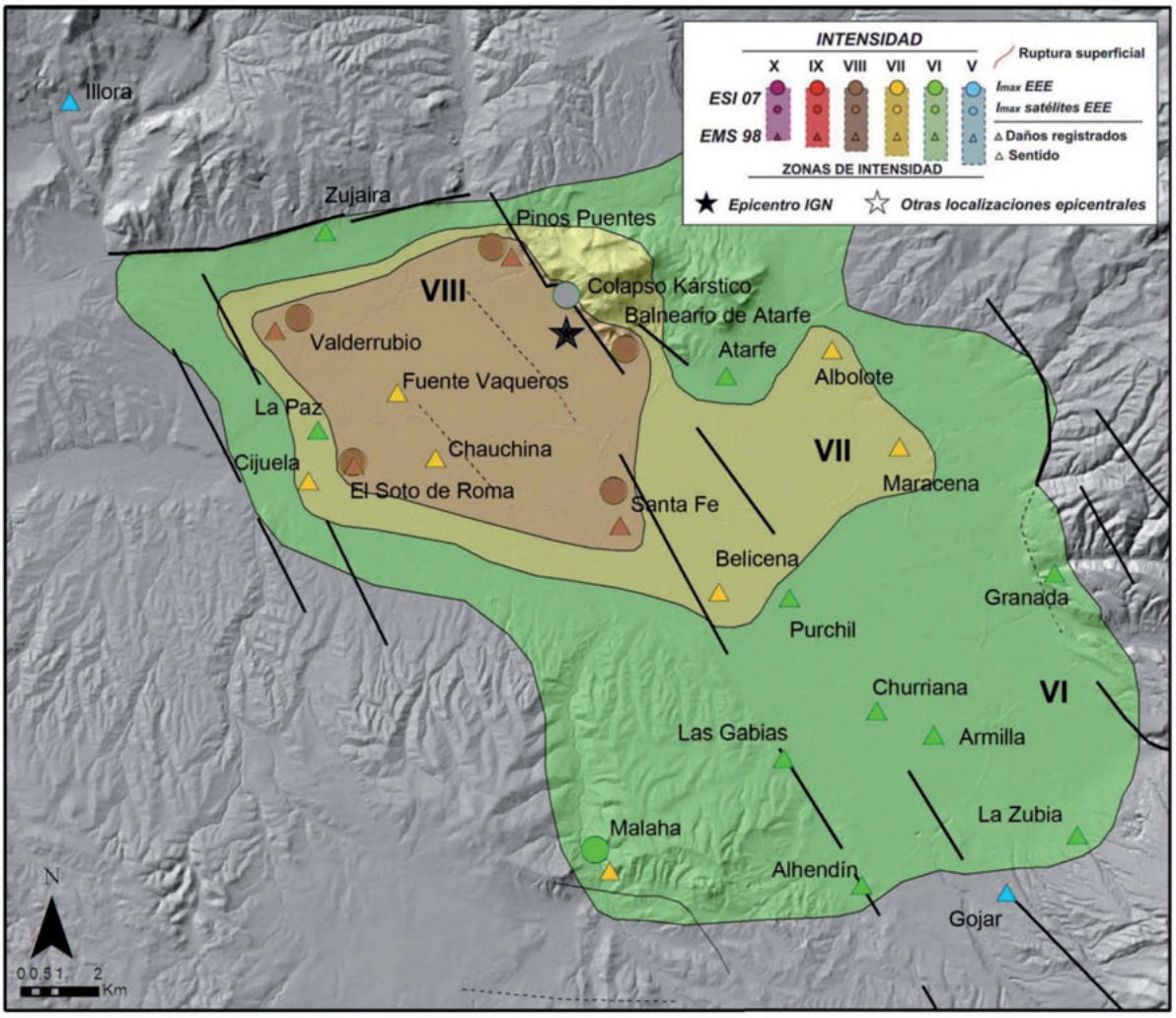
De los doce efectos geológicos y ambientales documentados (EEE), en esta edición del Catálogo se incluyen dos fichas representativas correspondientes a un agrietamiento del terreno (GK) registrado en la localidad de Pinos Puente y una anomalía hidrogeológica (HA) registrada en el Balneario de Sierra Elvira.

EAE. Efectos Arqueosismológicos del Terremotode Pinos Puente de 1806 AD

A pesar de los abundantes daños producidos en las poblaciones de Santa Fe, Pinos Puente, Valderrubio y Soto de Roma, no hay hasta la fecha ningún estudio detallado de los diversos daños ocasionados. Garrido (1807) cita que muchas de las casas sufrieron agrietamientos verticales, frecuente caída de muros con algunos desplomes de tejados, lo que causa el mayor número de víctimas. De los edificios singulares se sabe que en Pinos Puente la Iglesia se vio muy afectada, con al menos importantes derrumbes parciales (Vidal Sánchez, 1986). En Santa Fe están afectadas la antigua Colegiata de Santa Fe, hoy denominada Iglesia de la Encarnación y construida a finales del siglo XVIII a partir de un diseño del arquitecto Ventura Rodríguez en 1771, sin embargo, no hemos encontrado registro de los daños que pudo sufrir. A día de hoy presenta pocos daños externos atribuibles al evento de 1806, algún agrietamiento menor en las torres y un ligero desplazamiento de la clave de la puerta principal. También se vio afectado el Convento de los Padres Agustinos en Santa Fe, pero es difícil estimar cuales fueron los daños reales; en cualquier caso, la cifra en la que se presupuestó su reparación parecía muy sobreestimada, tal y como se ha comentado. Tampoco sabemos con precisión cuales fueron los efectos arqueosismológicos concretos sufridos en el Soto de Roma.

De los cuatro efectos arqueosismológicos documentados (EAE), en esta edición del Catálogo se incluye una ficha representativa correspondiente a un efecto arqueosismológico registrado en la localidad de Pinos Puente.

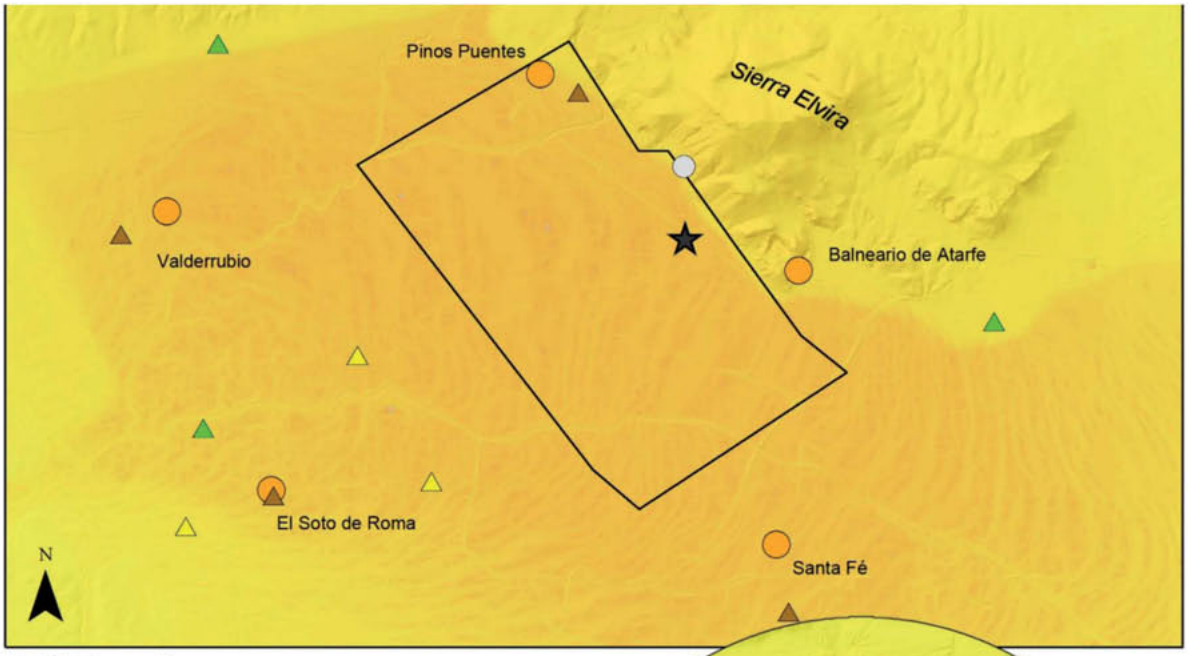
DISTRIBUCIÓN DAÑOS ESI-07/EMS-98 HST 18061027: PINOS PUENTE (Granada). 1806 AD										EFECTOS GEOLÓGICOS
EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
HST 18061027*AD*	12:10	3°44' O	37°14' N	5,3 M*	VIII	-	-	A	B	B	**Pinos Puente. GR**



SHAKE MAP ESI-07/EMS-98
HST 18061027: PINOS PUENTE (Granada). 1806 AD
ACELERACIÓN DEL TERRENO

EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
HST 18061027*AD*	12:10	3°44' O	37°14' N	5,3 M*	VIII	-	VIII	A	B	B	**Pinos Puente. GR**

Fuente sísmica modificada de:	**Mw calculada:**	**Relación empírica**:	**GMPE**: Wald *et al.* (2005) modificada
Sanz de Galdeano *et al.* (2012).	5,8	Wells y Coppersmith (1994).	según Silva *et al.* (2016).

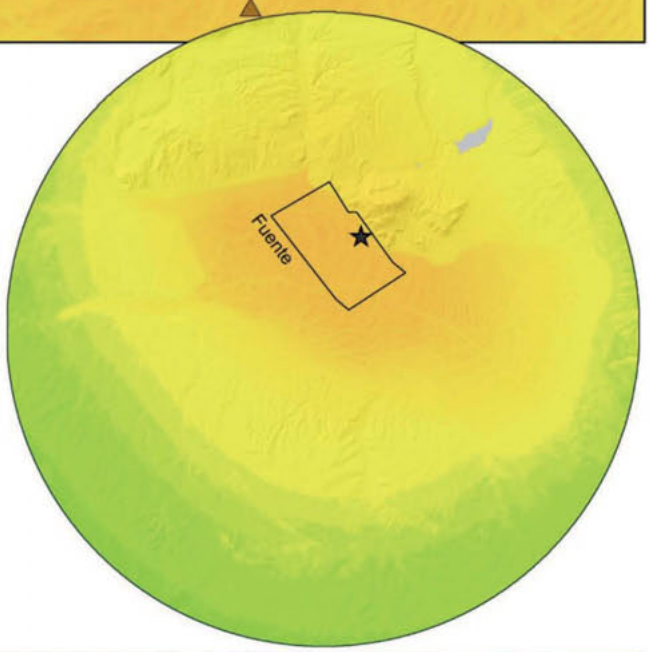


ESCENARIO

Datos del Modelo

Falla Normal, buzamiento SO
Falla de Sierra Elvira-Dilar
Longitud de la fuente 6 km

PGAmax 0,45g
PGA en Pinos Puentes 0,37g
PGA en Santa Fé 0,36g
PGA en El Soto de Roma 0,33g
PGA en Valderrubio 0,30g



Efectos Edificaciones										
MMI (USGS)	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
SACUDIDA	Ligera	Moderada	Fuerte	Muy Fuerte	Severa	Violenta	Muy Violenta	Extrema	Extrema
DAÑO	Ninguno	Muy Ligero	Ligero	Moderado	Severo	Destructivo	Muy Destructivo	Devastador	Totalmente Devastador
PGA (g)	0,014	0,039	0,092	0,18	0,34	> 0,65			

Efectos Geológicos										
EEE PRIMARIOS	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Muy raros	Raros	Apreciables	Significativos	Importantes	Muy Importantes
EEE SECUND.	Ligeros	Marginales	Moderados	Apreciables	Significativos	Importantes	Muy Importantes	Devastadores	Totalmente Devastadores
AREA AFECTADA			c. 1 km²	≤10 km²	≤100 km²	≤1000 km²	≤5000 km²	≤10.000 km²	≥50.000 km²
ESI-07	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII

REFERENCIAS **DATOS**
HST 18061027: PINOS PUENTE (Granada). 1806 AD **BIBLIOGRÁFICOS**

Autores: Javier Élez y Pablo G. Silva, Departamento de Geología, Universidad de Salamanca.

Bibliografía Terremoto de Pinos Puente de 1806 AD

Galbis Rodríguez, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5ºE y 20ºW de Greenwich y los paralelos 45º y 25ºN. Dirección General del Instituto Geográfico, Catastral y de Estadística. Tomo I.

Garrido, N. (1807): Memoria que con motivo de los temblores de tierra sentidos en Granada y sus contornos, desde el 27 de Octubre de 1806. Granada, 115 p.

Martínez Solares, J.M. y Mezcua, J. (2002): Catálogo sísmico de la Península Ibérica (880 a. C. – 1900). Monografía nº 18, Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Perrey, A. (1847): Sur les tremblements de terre de la Peninsule Iberique. Annales des Scien. Phys. et Naturelles, d'Agric. et d'Indus. Lyon, t. X, pp. 461-513.

Ponce de León, J. (1807): Memoria sobre los terremotos. Herederas de D. Nicolás Moreno. Granada, p. 36.

Sanz de Galdeano, C., García-Tortosa, F.J., Peláez, J.A., Alfaro, P., Azañón, J.M., Galindo-Zaldívar, J., López Casado, C., López Garrido, A.C., Rodríguez-Fernández, J., Ruano, P. (2012): Main active faults in the Granada and Guadix-Baza Basins (Betic Cordillera). Journal of Iberian Geology 38 (1), 209-223.

Sánchez Navarro-Neumann, M. (1921): Lista de los terremotos mas notables sentidos en la península Ibérica desde los tiempos más remotos, hasta 1917, inclusive, con ensayo de agrupación en regiones y períodos sísmicos. La Estación Sismológica y el Observatorio Astronómico y Meteorológico de Cartuja (Granada). Memorias y trabajos de vulgarización científica. pp. 11-65.

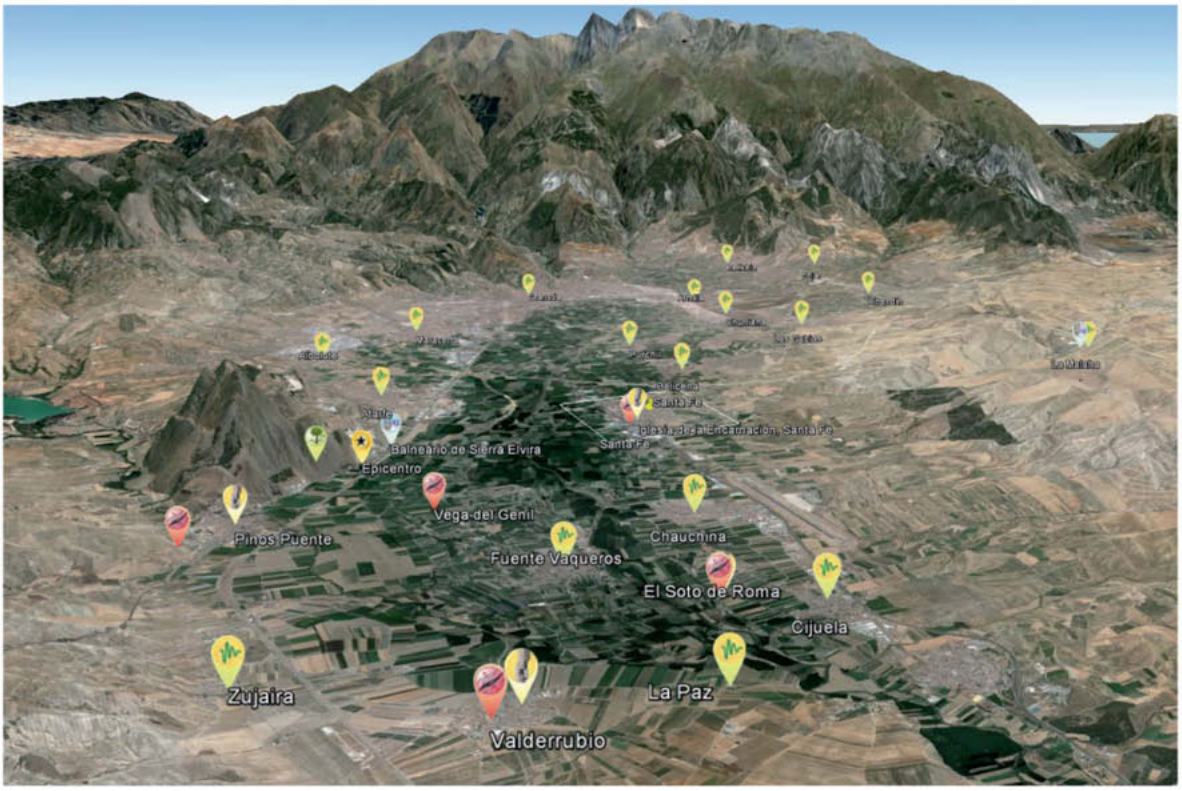
Sempere, J. (1807): Reflexiones sobre los terremotos de Granada. Real Acad. Historia, Ref. 9/5210, pp. 416-453.

Vidal Sánchez, F. (1986): Sismotectónica de la región Béticas-Mar de Alborán. Tesis Doctoral, Universidad Granada, 457 pp.

Vidal Sánchez, F., Espinar, M., Morcillo, J.D., Navarro, M., Aranda, C. (2011): Efectos y medidas preventivas en el terremoto de 1806 de Santafé (Granada). 4º Congreso nacional de Ingeniería Sísmica, Granada 8 pp.

INFORMACIÓN MACROSÍSMICA HST 18061027: PINOS PUENTE (Granada). 1806 AD											EFECTOS GEOLÓGICOS	
EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO	
HST 18061027*AD*	12:10	3°44' O	37°14' N	5,3 M*	VIII	-	VII	A	B	B	Pinos Puente. GR	
Tipo de Efectos Catalogados											Número de Fichas 03	02 EEEs 01 EAEs

Imagen Google Earth de la localización de efectos catalogados en la zona epicentral



Información macrosísmica catalogada

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
01.01 Pinos Puente *	3°45'03,0"O	37°15'5,47"N	GK	SE 3,8 km	VIII	IX	VIII
01.02 Pinos Puente	3°45'03,0"O	37°15'5,47"N	EAE	SE 2,6 km	VIII	IX	VIII
01.03 Pinos Puente	3°45'03,0"O	37°15'5,47"N	HD	NE 0-5 km	VIII	IX	VIII
02.01 Sierra Elvira (Balneario) *	3°43'15,56"O	37°13'39,99"N	HA	NO 1 km	Sin Datos	Sin Datos	VIII
02.02 Sierra Elvira	3°43'51,18"O	37°14'21,7"N	OT	SE 1 km	Sin Datos	Sin Datos	VI
03.01 Santa Fe (Colegiata) *	3°43'17,8"O	37°11'24,28"N	EAE	N 5 km	VII-VIII	VII-VIII	VII (Zona)
03.02 Santa Fe	3°43'17,8"O	37°11'24,28"N	HD	N 5 km	VII-VIII	VII-VIII	VIII
03.03 Santa Fe	3°43'17,8"O	37°11'24,28"N	GK	N 5 km	VII-VIII	VII-VIII	VIII
04.01 Soto de Roma	3°48'5,6"O	37°12'25,1"N	EAE	NE 7 km	VII-VIII	IX	VIII
04.02 Soto de Roma	3°48'5,6"O	37°12'25,1"N	HD	NE 7 km	VII-VIII	IX	VIII
04.03 Soto de Roma	3°48'5,6"O	37°12'25,1"N	GK	NE 7 km	VII-VIII	IX	VII

05.01 Valderrubio	3°49'11,6"O	37°14'08,65"N	EAE	O 8 km	VII-VIII	Sin Datos	**VIII**
05.02 Valderrubio	3°49'11,6"O	37°14'08,65"N	HD	O 8 km	VII-VIII	Sin Datos	**VIII**
05.03 Valderrubio	3°49'11,6"O	37°14'08,65"N	GK	O 8 km	VII-VIII	Sin Datos	**VII**
06.01 Vega del Genil	3°45'15,6"O	37°13'43,3"N	GK	NE 0-5 km	Sin Datos	Sin Datos	**VIII**
07.01 La Malahá (fuente)	3°43'23,52"O	37°6'7,25"N	HD	N 15 km	VI-VII	Sin Datos	**VI**

(*) Fichas Representativas de los diferentes sectores o procesos incluidas en esta edición del Catálogo. Los datos MSK son los correspondientes a Vidal Sánchez (1986).

Información macrosísmica complementaria

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98*	MSK-64	ESI-07
0.01 Chauchina	3°46'21,40"O	37°11'57,39"N	EMS	NE 6 km	VII-VIII	Sin Datos	**VIII (Zona)**
0.02 Fuente Vaqueros	3°46'59,74"O	37°13'9,47"N	EMS	ENE 6 km	VII-VIII	Sin Datos	**VIII (Zona)**
0.03 Belicena	3°41'32,77"O	37°10'18,00"N	EMS	NNO 7 km	VII	Sin Datos	**VII (Zona)**
0.04 Chauchina	3°46'21,40"O	37°11'57,39"N	EMS	NE 6 km	VII-VIII	Sin Datos	**VIII (Zona)**
0.05 Cijuela	3°48'31,41"O	37°11'51,35"N	EMS	NE 8 km	VII	Sin Datos	**VII (Zona)**
0.06 La Paz	3°49'27,44"O	37°12'54,39"N	EMS	ENE 16 km	VII	Sin Datos	**VII (Zona)**
0.07 Maracena	3°37'59,88"O	37°12'28,14"N	EMS	NO 8 km	VI-VII	Sin Datos	**VII (Zona)**
0.08 Atarfe	3°41'12,90"O	37°13'24,88"N	EMS	ONO 4 km	VI-VII	Sin Datos	**VI (Zona)**
0.09 Albolote	3°39'14,45"O	37°13'43,01"N	EMS	O 7 km	VI-VII	Sin Datos	**VII (Zona)**
0.10 La Malahá	3°43'23,52"O	37°6'7,25"N	EMS	N 15 km	VI-VII	Sin Datos	**VI (Zona)**
0.11 Alhendín	3°38'44,59"O	37°6'32,60"N	EMS	NNO 15 km	VI	Sin Datos	**VI (Zona)**
0.12 Armilla	3°37'31,52"O	37°8'38,68"N	EMS	NW 15,5 km	VI	Sin Datos	**VI (Zona)**
0.13 Churriana	3°38'46,37"O	37° 8'40,63"N	EMS	NO 12 km	VI	Sin Datos	**VI (Zona)**
0.14 Granada	3°36'2,30"O	37°10'34,34"N	EMS	NO 13 km	VI	Sin Datos	**VI (Zona)**
0.15 La Zubia	3°35'1,27"O	37°7'9,28"N	EMS	NO 18 km	VI	Sin Datos	**VI (Zona)**
0.16 Las Gabias	3°40'9,11"O	37°8'12,53"N	EMS	NO 12 km	VI	Sin Datos	**VI (Zona)**
0.17 Purchil	3°39'54,40"O	37°10'21,77"N	EMS	NO 9 km	VI	Sin Datos	**VI (Zona)**
0.18 Zujaira	3°48'14,70"O	37°15'21,76"N	EMS	SE 7 km	VI	Sin Datos	**VI (Zona)**
0.19 Gójar	3°36'18,25"O	37°6'13,85"N	EMS	NO 18 km	V	Sin Datos	**V (Zona)**
0.20 Illora	3°52'59,87"O	37°17'15,02"N	EMS	SE 16 km	V	Sin Datos	**V (Zona)**

(*) Datos EMS-98 actualizados tras la revisión del terremoto realizada por Vidal *et al.* (2011), que denominan a este terremoto como el Terremoto de Santa Fe de 1806.

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18061027.01.01 *01.01. Pinos Puente (NO)*	EVENTO	HST18061027 PINOS PUENTE. GR	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/7

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Pinos Puente	3°45'03,0"O	37°15'5,47"N	560 m	>20 km²	3,8 km	SE	VIII EMS/5,3 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura de inundación.	Pendiente del terreno	Llano <2%
Descripción Geológica	Llanura de inundación del río Genil. Esta, fundamentalmente constituida por materiales detríticos finos, pasadas de arenas y localmente gravas y presenta un nivel freático muy superficial. Se encuentra en la denominada depresión de Granada, una cuenca cuaternaria fuertemente subsidente con potencias de hasta 250 m en depósitos fluviales.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario, Carbonatos	Limos y Arenas	Estratificado	Sin Consolidar	IV (2.0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Jurásico	Holoceno	Sin Datos	0,23g	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Muchas	Sin Datos	VIII

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/7

Descripción: Ponce de León (1807) afirma que "*observó*" una hendidura que pasaba más allá del puente de Pinos y se dirigía por bastante trecho hacia el poniente. Garrido (1807) comenta que en Pinos, Santa Fe y Arquerosa *"se advirtió en grietas largas de cincuenta a sesenta varas, y de dos a cinco pulgadas de ancho, que mientras duró el temblor, y volvió la tierra su estado de compresión, manaron muchas de ellas agua cenagosa en cantidad, e impulso capaz de regar todo aquel terreno, si al restablecer su natural posición, tan pronto no se hubieran cerrado"*, y continua *"en varios puntos de aquel mismo paraje que terminan en la falda de Sierra Elvira, se advirtieron, aunque en un muy corto perímetro, algunos hundimientos"*.

Interpretación: El fenómeno natural que es identificado en mayor número en la documentación histórica es la aparición en las vegas del río Genil de grietas, muchas con dirección probablemente similar al límite SO, terminado en falla, de Sierra Elvira y que tiene dirección aproximada NO-SE. Durante el terremoto estas grietas expulsaron grandes cantidades de agua y sedimentos y probablemente hubo algunos fenómenos de licuefacción asociados. De las registradas, las de mayor longitud se localizaron en Pinos Puente. Este fenómeno junto con la expulsión de agua está claramente amplificado por la localización del evento en una zona con potentes materiales no consolidados y un nivel freático muy alto (vega del Genil).

Cuantificación: De las grietas descritas, las de mayor tamaño se describen en Pinos Puente, con longitudes de hasta 50 metros y aperturas de hasta 12 centímetros. Este fenómeno se produjo únicamente en la zona comprendida entre las localidades de Pinos Puente, Santa Fe, el cortijo de El Soto de Roma y Arquerosa (Valderrubio).Por tanto se le asigna una intensidad de VII en la escala ESI-07 (Guerrieri y Vittori, 2007).



Fuente Google Earth: vista general de la zona donde debieron de producirse las principales grietas descritas.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan, con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del Siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al Siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

Garrido, N. (1807): Memoria que con motivo de los temblores de tierra sentidos en Granada y sus contornos, desde el 27 de Octubre de 1806. Granada, 115 p.
Ponce de León, J. (1807): Memoria sobre los terremotos. Herederas de D. Nicolás Moreno. Granada, p. 36.

Información Recopilada	*Javier Élez y Pablo G. Silva, Departamento de Geología (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18061027.02.01 *02.01. Sierra Elvira (Balneario)*	EVENTO	HST18061027 PINOS PUENTE. GR	EFECTO	ANOMALÍA HIDROLÓGICA: HA/7

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
02 / Sierra Elvira	3°43'15,56"O	37°13'39,99"N	580 m	< 1 ha	1km	NO	VIII EMS/5,3 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Cavidad kárstica.	Pendiente del terreno	Muy Fuerte (30-50%)
Descripción Geológica	Cavidad kárstica en los materiales carbonatados Jurásicos de Sierra Elvira. Esta cavidad presentaba un nivel freático medido ya que era utilizada habitualmente como zona de baños termales y acceso mediante escaleras.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Carbonatos	Carbonatos	Estratificado/fracturado	Consolidado	I (1,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Jurásico	Jurásico	Sin Datos	0,23g	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Única	Sin Datos	Sin Datos

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	ANOMALÍA HIDROLÓGICA: HA/7

Descripción: En relación a terremoto de Pinos Puente, Garrido (1807) cita "*A su pie, y como a la mitad de la longitud de estas vertientes en el camino real del Lugar de Pinos, se halla la boca de una gruta, donde por escaleras construidas a propósito, se desciende fácilmente a su mayor profundidad, que es de catorce varas, en la cual se encuentra cantidad de agua, cuyo calor señala en el termómetro de Rf. 23º ½ y que se tiene por medicinal para todo género de enfermedades cutáneas. Esta agua en el temblor del día 27 de Octubre subió como cinco quartas del punto ordinario en que está su superficie*". No hay más información sobre este efecto.

Interpretación: A pesar de que no hay más información sobre este efecto, subida puntual del nivel freático de casi un metro debido al terremoto, sí es muy coherente con el tipo de evento (muy somero) y el contexto (sistema kárstico con un nivel freático muy alto), por tanto, tuvo que producirse en más lugares del área epicentral. Además, sabemos por Garrido (1807) que se produjeron hundimientos localizados en el inicio de la ladera de Sierra Elvira que está orientada al SO, la zona epicentral. Estos están descritos como de tamaño muy modesto por lo que su interpretación más probable es que respondan a hundimientos kársticos locales producidos por el propio terremoto. También apuntar que se cita que en La Mala(ha) aumentó el caudal del nacimiento en un arroyo "*saliendo agua turbia y roja*" (Vidal Sánchez, 1986), pero poco más se sabe de este efecto.

Cuantificación: Los hundimientos kársticos puntuales en el SO de Sierra Elvira no pueden tener atribuida una Intensidad en escala ESI-07 ya que son elementos no diagnósticos *(Guerrieri y Vittori, 2007)*; sin embargo, la anomalía en el cuerpo de agua del balneario de Sierra Elvira, con una variación de nivel de casi un metro, se puede catalogar como de Intensidad VI-VII en escala ESI-07.



Antigua entrada, ahora desaparecida, al paraje mencionado por Garrido (1807) en el que se midió la anomalía. Fuente: http://paisajesdelagua.es/las-misteriosas-aguas-termales-de-sierra-elvira/

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan, con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del Siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al Siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

Garrido, N. (1807): Memoria que con motivo de los temblores de tierra sentidos en Granada y sus contornos, desde el 27 de Octubre de 1806. Granada, 115 p.

Vidal Sánchez, F. (1986): Sismotectónica de la región Béticas-Mar de Alborán. Tesis Doctoral, Universidad Granada, 457 pp.

Información Recopilada	*Javier Élez y Pablo G. Silva, Departamento de Geología (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18061027.03.01 *03.01. Santa Fe (Colegiata)*	EVENTO	HST18061027 PINOS PUENTE. GR	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO: EAE: Daños diversos

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
03 / Santa Fe	3°43'17,8"O	37°11'24,28"N	578	< 1km	5 km	N	VIII EMS/5,3 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura aluvial.	Pendiente del terreno	Muy suave (2-5%)
Descripción Geológica	Llanura de inundación del río Genil. Está fundamentalmente constituida por materiales detríticos finos, pasadas de arenas y localmente gravas, y presenta un nivel freático muy superficial. Se encuentra en la denominada depresión de Granada, una cuenca cuaternaria fuertemente subsidente con potencias de hasta 250 m en depósitos fluviales.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Arcillas y limos rojos	Limos y arenas	Masiva	Semi-consolidado	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mio-Plioceno	Holoceno	Sin Datos	0,23g	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería	Iglesia	Única	Moderado	VIII

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	DAÑOS DIVERSOS: EAE/8

Descripción: Según Vidal Sánchez (1986), Santa Fe y Pinos Puente fueron las poblaciones más afectadas por este evento. En Santa Fe fueron dañados, entre otros, la Colegiata y el Convento de los Agustinos, y en Pinos Puente, la iglesia presentó importantes daños y derrumbes parciales. Según Sempere (1807) "*De 1332 casas de que se componen los vecindarios de Santa Fe, Pinos Puente, Arquerosa y Soto de Roma, 94 han sido arruinados enteramente. Solas 118 han quedado sin ningún quebranto y todas han tenido mayores, calculándose su total valor en 7.704.042 reales*". Sin embargo, no se han encontrado más detalles sobre los daños que pudo sufrir la Colegiata de Santa Fe, hoy Iglesia de la Encarnación o la mencionada iglesia de Pinos Puente.

Interpretación: De los edificios singulares mencionados destaca la antigua Colegiata de Santa Fe (hoy Iglesia de la Encarnación) construida a finales del siglo XVIII a partir de un diseño del arquitecto Ventura Rodríguez en 1771. Esta presenta pocos daños externos atribuibles al evento de 1806, algún agrietamiento menor en las torres y un ligero desplazamiento de la clave de la puerta principal, todo ello por confirmar. También se vio afectado el Convento de los Padres Agustinos en Santa Fe, pero es difícil estimar cuales fueron los daños reales.

Cuantificación: Vidal Sánchez (1986) interpreta una Intensidad de VIII-IX en escala MSK (correspondiente a intensidad VIII EMS-98) para los daños sufridos en Santa Fe. Este mismo autor atribuye intensidad IX tanto a la población de Pinos Puente como a la de El Soto de Roma, ambas probablemente también VIII en EMS-98. Esto es razonablemente similar a lo que interpretan Martínez Solares y Mezcua (2002), con intensidades EMS-98 de VIII en Pinos Puente y VII en Santa Fe.



Iglesia de la Encarnación, antigua Colegiata de Santa Fe. Fuente: Google Earth.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VIII	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan, con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del Siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al Siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

Martínez Solares, J.M. y Mezcua, J. (2002): Catálogo sísmico de la Península Ibérica (880 a. C. – 1900). Monografía nº 18, Instituto Geográfico Nacional (IGN).
Sempere, J. (1807): Reflexiones sobre los terremotos de Granada. Real Acad. Historia, Ref. 9/5210, pp. 416-453.
Vidal Sánchez, F. (1986): Sismotectónica de la región Béticas-Mar de Alborán. Tesis Doctoral, Universidad Granada, 457 pp.

Información Recopilada	*Javier Élez y Pablo G. Silva, Departamento de Geología (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

9.12. HST 18290321 TORREVIEJA (Alicante) 1829 AD
Terremoto de Torrevieja (Histórico Reciente, Siglo XIX)

HST 18290321: TORREVIEJA (Alicante). 1829 AD											HISTÓRICO	
FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO	
18290321*AD*	18:39	0°41' O	38°05' N	6,6 – 6,9 M*	IX-X	X	X	B	A	A	Torrevieja. A.	
Método de datación:		CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Larramendi, M.J. (1829); De Prado (1863)									Tipo Evento:	HST
Prof. km	-	±EZ	-	±EH	-	M_0	-	Eventos asociados		RÉPLICAS	Agencia:	IGN
EEE Primarios		SÍ	Longitud Falla		-	Desplazamiento		20 cm			Tipo Desp.:	ELEVACIÓN COSÍSMICA
EEE Secundarios		SÍ	Categoría ESI07		☒GK ☒SM ☒LQ ☒HD ☒HA ☒WA ☒TS						Área afectada:	474 km²
Otros EEE Ambientales		SÍ	☒ OTROS EFECTOS (OT): Movimiento ondulatorio del terreno como consecuencia de procesos de licuefacción superficiales en toda la zona sur de la Depresión del Bajo Segura (Orihuela – Guardamar).									
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ	☒ EAEs: Destrucción total de cuatro poblaciones y daños en decenas de otras. Colapsos parciales de torres, bóvedas y elementos ornamentales en iglesias y templos de Murcia, Orihuela y Elche con caídas orientadas documentadas.									

Documentación IGN 2002: 29, 56, 160, 165, 166, 180, 211, 217, 231,263, 267, 273, 312, 317, 331, 332, 335, 344, 367, 382, 385, 400, 405, 426, 431, 496, 504, 507, 518, 524, 552, 556, 558, 571, 585, 598, 600, 623, 635, 640, 647, 666, 667, 681, 687, 738, 784, 785, 805, 1039, 1053

Referencias bibliográficas básicas:

Delgado, J. *et al.* (1998): Liquefaction potential in the Lower Segura river basin (southeast Spain). Engineering Geology 49, 61-79.
Larramendi, M.J. (1829): Memoria, relación de circunstancias y estado general de pérdidas causadas por la terrible catástrofe de los terremotos de 21 de marzo y siguientes han causado en Torrevieja y Gobernación de Orihuela. Imprenta Real, Madrid.
Martínez Solares, J.M., Mezcua, J. (2002): Catálogo Sísmico de la Península Ibérica (880 a. C. – 1900). Monografías IGN, 18. IGN, Madrid (Spain), 253 pp.
Rodríguez de la Torre, F. (1984):Los terremotos alicantinos de 1829. Pub. Instituto de Estudios Alicantinos. Alicante, España. 322 pp.
Silva, P.G. *et al.* (2015): Seismic paleogeography of coastal zones in the Iberian Peninsula: Understanding ancient and historic earthquakes in Spain. Cuaternario y Geomorfología. 29 (1-2), 31-56
Prado, C. de, (1863): Los terremotos de la Provincia de Almería. Revista Minera, 14 (322 - 325), 180 pp.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST18290321 Torrevieja, A	0°41' W	38°05' N	6.6 – 6.9 M*	IX-X	X	X	A	**Eastern Betic Cordillera (Zone 55)**
EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: De Prado (1863); Larramendi (1829); Rodríguez de la Torre (1984); Martínez Solares & Mezcua (2002); Silva *et al.* (2015)								**Event Type:** **HISTORIC**

GENERAL DAMAGE: 389 deaths and 375 injuries. About 3000 houses destroyed and around 2300 ones damaged. 4 villages totally destroyed and other 14 ones needed a serious rebuilding arround the southern zone of the Lower Segura Basin affected by intensity IX-X EMS (X MSK). Three bridges over the Segura river where damaged. Distant localities at about 40 km the epicentre (e.g. Murcia) underwent intensity VII EMS, 50-60 km away (e.g. Cartagena, Jijona) VI EMS and even 100 km away (Lorca) V EMS.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects PRESENT, documented as permanent tectonic uplift (c. 20 cm) in lagoons and coast-line around Torrevieja on the upthrown block of the E-W Lower Segura blind fault (suspect seismic source). Environmental damage by secondary effects over an area of 474 km² included within the VIII ESI-07 intensity zone, affecting to the southern half of the Lower Segura Basin and the Torrevieja-Guardamar littoral zone, where extensive liquefaction processes occurred. The VII ESI-07 Intensity zone (c. 1500 km²) and intensity VI, mainly HA and HD records (c. 5500 km²).47 EEE records for primary (2) and secondary (45) effects and 4 EAE records.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☒ ***2 Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *Permanent uplift of c. 20 cm recorded in harbours, lagoons and rocky littoral cliffs over a coastal length of c. 4 km north of Torrevieja, but probably over the entire coastal sector of c.14 km separating Torrevieja and Guardamar located on the upthrown block of the Lower Segura Fault.*
☒ ***7 Ground cracks (GK):*** *Open ground cracks linked to liquefaction and lateral spreading processes on the banks of the Segura river and the extensive system of irrigation canals of the zone, most of them follwing levees and paleochanels of the ancient Segura river-delta developed in the zone from roman times (*Sinus Ilicitanus*). The larger crack (different in nature) occurred in Cabo Cervera, along the rocky cliff north of Torrevieja. No accurate descriptions avaliable, but the fracture was significant, probably of decamentric length and metric width.*
☒ ***3 Slope movements (SM):*** *Multiple rockfalls on the anticline ranges and hills bounding the southern margin of the Lower Segura Depression, especially in the Hurchillo range (21 km away from the epicentre) opposite to Orihuela. Localized, but significant, rockfalls in Los Garres (Murcia) 35 km away, in the Carrascoy range.*
☒ ***23 Liquefaction processes (LQ):*** *Liquefaction and sand-volcanoes in the epicentral zone affecting to individual areas between 0.1 to 400 ha at 23 different localities within the intensity zones IX and X ESI-07 (e.g. Almoradí, Las Dayas, Catral, Los Dolores, San Fulgencio, Benijófar and Benejúzar) in a radius of c. 13-10 km around the epicentre, but also common at distances of 19-20 km away (e.g. Callosa) within the intensity zone VIII. Thousands of vents of 7-10 cm in diameter opened along the pervasive ground cracks developed in the area.*
☒ ***8 Hydrogeological anomalies (2 HD; 6 HA):*** *Overflow of an artesian well (12 m depth) during a month in Montesinos (9 km away). Apparent water fountains one meter high in shallow lagoons (10-12 km away). Some of them were intermittently actives 3 years after the event in the Lagoon of Torrevieja (11.5 km away) generating craterlets between 3 to 30 meters of diameter and 1.5 m depth. Temporary changes of the flow rates and temperature in springs (45-68 km away).*
☒ ***4 Anomalous waves and tsunamis (2 WA; 2 TS):*** *Anomalous waves causing violent crashing of boats in the harbours of Torrevieja (12 km away) and Alicante (33 km away). Temporal sea-level drop of cm-scale in Torrevieja. The earthquake was felt in a boat, about 33 km SE of the epicentre offshore Torrevieja.*
☒ ***Other effects:*** *Noticeable ground waving in the area affected by liquefaction processes; saltwater and/or probable gas emissions accompanying liquefaction phenomena in the epicentral area causing the death of the surrounding vegetation and development of spontaneous flames (not catalogued in this edition).*
☒ ***4 Archaeoseismic damage:*** *Only catalogued oriented falls or damage in Elche and Murcia (VI-VII EMS).*
☒ ***Geological Data:*** *Earthquake report produced by Larramendi (1829), also investigated by Casiano de Prado (1863) and Rodríguez de la Torre (1984). Recent research on the Lower Segura Fault, an E-W blind thrust, generating anticline reliefs at surface, identify this structure as the more probable seismogenic source for this event (Alfaro et al., 2012). These authors identified at least 7 palaeoseismic events over the last 8000 years in the Bajo Segura Basin based on the recognition and dating of near-surface seismites in the upper 40m of the sedimentary record of the zone. The event holds similar features than the 2012 Emiglia-Romana earthquake (Mw 6.2), also generated by a blind thrust of the northern Apennines, triggering widespread liquefaction in ancient paleochannels of the Pianura Padanna. Earthquake paleogeography developed by Silva et al. (2015) indicate that most significant liquefaction processes in 1829 AD occurred on ancient paleochannels and levees of the ancient Segura delta developed in the zone from roman times filling the ancient estuarine zone occupied by the Ibero-Roman "*Sinus ilicitanus*". **Quality of Geological Information: Class A.***

Research / Data compilation by: *Pablo G. Silva (USAL); Teresa Bardají (UAH); Jorge Cuadrado (USAL). Updated in 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST18290321 Torrevieja, A	0°41' O	38°05' N	6,6 – 6,9 M*	IX-X	X	X	A	**Cordillera Bética Oriental (Zona 55)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN — **Tipo de Evento**: **HISTÓRICO**

Ref.: De Prado (1863); Larramendi (1829); Rodríguez de la Torre (1984); Martínez Solares & Mezcua (2002); Silva *et al.* (2015)

DAÑOS GENERALES: 389 muertes y 375 heridos. Alrededor de 3000 casas destruidas y unas 2300 con daños graves. 4 poblaciones fueron totalmente asoladas y otras 14 más necesitaron una importante reconstrucción. Todas ellas localizadas en el sector meridional de la Depresión del Bajo Segura afectadas por intensidad IX-X EMS (X MSK). Cuatro puentes sobre el río Segura sufrieron graves daños. Localidades distantes a 40 km del epicentro macrosísmico (p.ej. Murcia) sufrieron intensidad VII EMS, a 50-60 km (p.ej. Cartagena, Jijona) VI EMS e incluso a 100 km de distancia (Lorca) se experimentó una sacudida V EMS.

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios PRESENTES, documentados como elevación tectónica permanente del terreno de c. 20 cm en las Salinas y la zona litoral de Torrevieja, localizada en el bloque levantado de la Falla Ciega del Bajo Segura (E-W), que se considera la fuente sísmica probable. Los efectos ambientales ocasionados por efectos secundarios cubren un área de 474 km² dentro de la zona de intensidad VIII ESI-07, que afectó al sector meridional de la Depresión del Bajo Segura y el sector litoral de Torrevieja-Guardamar. Estas zonas fueron afectadas por procesos de licuefacción significativos. La zona de intensidad VII ESI-07 cubre un área aproximada de 1500 m², y la correspondiente a intensidad VI (fundamentalmente anomalías hidrogeológicas), un área total de 5500 km². 47 registros, EEEs primarios (2) y secundarios (45) y 4 EAEs.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*

☒ ***2 Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *Elevación tectónica permanente del terreno de c. 20 cm (1 Palmo) registrada en las Salinas de Torrevieja, puerto y zona litoral sobre una distancia de unos 4 km hacia el Norte, pero probablemente afectó al sector de costa de 14 km entre Torrevieja y Guardamar que define el bloque levantado de la Falla del Bajo Segura.*

☒ ***7 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Grietas abiertas en materiales aluviales ligadas a los procesos de licuefacción y desplazamiento lateral que afectaron a los márgenes del río Segura y el importante sistema de acequias de la zona, la mayoría de ellas construidas a favor de paleocanales y levees del antiguo delta del Segura desarrollado desde tiempos romanos y que rellenó parcialmente la bahía del* Sinus Ilicitanus. *La grieta más grande se abrió en el acantilado rocoso del Cabo Cervera al norte de Torrevieja. No existen descripciones detalladas, pero la fractura era significativa, probablemente de dimensiones decamétricas y anchura métrica.*

☒ ***3 Movimientos de Ladera (SM):*** *Múltiples caídas de rocas a lo largo de las pequeñas sierras y relieves anticlinales localizados en el borde sur de la Depresión del Bajo Segura, especialmente en la Sierra de Hurchillo (a 21 km del epicentro) frente Orihuela. Caídas de rocas significativas en Los Garres (Murcia) a 35 km de distancia.*

☒ ***23 Procesos de licuefacción (LQ):*** *Procesos de licuefacción y aparición de volcanes de arena en la zona epicentral afectando a áreas individuales entre 0,1 y 400 ha en 23 diferentes localidades dentro de las zonas de intensidad IX y X ESI-07 (p.ej. Almoradí, Las Dayas, Catral, Los Dolores, San Fulgencio, Benijófar, Benejúzar) en un radio de 13-10 km alrededor del epicentro macrosísmico, pero también comunes y significantes a distancias epicentrales de 19-20 km (Callosa) dentro de la zona de intensidad VIII. Millares de "respiraderos" de 7-10 cm de diámetro se abrieron en la vega del Segura a favor de los múltiples agrietamientos del terreno registrados.*

☒ ***8 Anomalías Hidrogeológicas (2 HD; 6 HA):*** *Un pozo artesiano (12 m prof.) se desbordó durante algo más de un mes en Montesinos (7,5 km). Chorros y borboteos de aguas de hasta 1m de altura en las Salinas de Torrevieja (10-12 km) se produjeron intermitentemente hasta 3 años después del terremoto, generándose craterlets de 3 a 30 m de diámetro en la costra salina (1,5 m espesor) del fondo de la laguna. Cambios temporales del caudal de fuentes y manantiales (45-55 km) y pequeños cambios en la turbidez y temperatura de fuentes termales (55-65 km).*

☒ ***4 Oleaje Anómalo y Tsunamis (2 WA; 2 TS):*** *Oleaje anómalo que provocó el choque violento y desperfectos de embarcaciones en los puertos de Torrevieja (12 km) y Alicante (33 km). Retirada temporal de escala centimétrica en Torrevieja. El terremoto fue sentido en una embarcación que navegaba a c. 33 km al SE de Torrevieja.*

☒ ***Otros Efectos:*** *Evidente ondulamiento del terreno como consecuencia de los procesos de licuefacción; probable emanación de aguas saladas y/o gases en los procesos de licuefacción provocando la muerte de la vegetación circundante; llamaradas espontáneas por combustión de gases (No catalogados en esta edición).*

☒ ***4 Efectos Arqueosismológicos:*** *Daños graves y destructivos en la zona epicentral. Solo se han catalogado caídas o daños orientados en Elche y Murcia (VI-VII EMS).*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Informe del terremoto por Larramendi (1829) que visitó inmediatamente después del evento. También ha sido investigado por De Prado (1863) y Rodríguez de la Torre (1984). Datos recientes de la Falla del Bajo Segura (E-O), una falla inversa ciega que genera relieves anticlinales en superficie, la identifican como la más probable fuente sismogenética del evento (Alfaro et al., 2012). Estos autores identifican un mínimo de 7 eventos paleosísmicos durante los últimos 8000 años en los primeros 40m del relleno sedimentario de la zona en base a la identificación y datación de niveles de sismitas. El evento catalogado posee características similares al de Emilia-Romana 2012 (Mw 6,2), también generado por una falla inversa ciega (cabalgamiento frontal de los Apeninos), que provocó importantes fenómenos de licuefacción a lo largo de antiguos paleocanales de la Llanura Padanna. El análisis paleogeográfico sísmico desarrollado por Silva et al. (2015) indica que los procesos de licuefacción más importantes ocurridos en 1829 AD se desarrollaron en antiguos paleocanales y levees del antiguo delta del Segura, que desde época romana ha ido creciendo hacia el NNE invadiendo la antigua zona de Bahía del* Sinus Ilicitanus. ***Calidad de la Información Geológica: Clase A.***

Investigación / Compilación de la información: *Pablo G. Silva (USAL); Teresa Bardají (UAH); Jorge Cuadrado (USAL). Actualizado en 2017.*

IMAGEN EVENTO



Imagen del evento reproducida en un diario de la época de Barcelona, se observan las ciudades de Almoradí, Benejúzar, Guardamar y Torrevieja que quedaron completamente destruidas. También se observan las ciudades más importantes de la zona (Orihuela, Murcia y Elche) donde también se sufrieron daños de grado VII EMS.

DESCRIPCIÓN
HST 18290321: TORREVIEJA (Alicante). 1829 AD **DATOS GALBIS**

Descripción de Galbis (1932). Terremoto Nº 508: *1829 AD*

21 de marzo y siguientes.- Parecía que había terminado el período sísmico que empezó en el valle del Segura el 13 de septiembre (pues desde esa fecha hubo terremotos, más o menos fuertes hasta el 11 de marzo) cuando, después de haberse sentido el 21, a las 12 h., una pequeña sacudida, ocurrió otra a las 18 h., no muy fuerte, y a los 2 ó 3 m. otra violentísima, que originó incalculables daños en todos los pueblos de la región.

Según una exposición que dirigió a S. M. el señor Obispo de Orihuela y de varias otras de los alcaldes de diversos pueblos perjudicados, que tenemos a la vista, desde luego exagerada, los pueblos de Alicante, Almoradí, Benejúzar, Formentera del Segura, Rafal, Rojales, Daya Nueva, Torrevieja, La Mata, Algorfa y Guardamar del Segura y caserío llamado de la Marquesa, que contaban más de 4.000 vecinos, desaparecieron, no quedando más que escombros en el lugar que antes ocupaban, y en ruinas la mayor parte de los caseríos de la huerta de Orihuela.

"Se abrieron innumerables grietas en el terreno, de las cuales manaba agua negra y pestífera; algunas de ellas arrojaban arenas y cenizas de diversos colores; las márgenes del río quedaron destruidas, y aseguran que morían los peces que se aproximaban a la desembocadura".

En Murcia se abrió la cúpula de la Catedral, cayendo la gran cruz que remataba la portada, repicando solas las campanas. En Elche padecieron mucho las iglesias de San Juan, Santa María, la Merced y el Ayuntamiento, a más de muchas casas particulares.

Hubo en total 839 muertos y 375 heridos, 10 iglesias parroquiales enteramente destruidas y otras tantas ruinosas; 57 ermitas arruinadas, cuatro puentes y 96 molinos destruidos; 2.965 casas en ruinas y 2.396 quebrantadas, llegando a 3.500 los edificios arruinados en la huerta de Orihuela. Fue preciso reedificar Torrevieja, Guardamar del Segura, Almoradí, etc., lo que se hizo con edificios de un solo piso y con anchas calles.

Continuaron los terremotos, contándose 12 hasta la mañana del día 22, y, según una estadística que al Sr. García Lomas facilitó D. Pedro Ibarra, cronista de Elche, se sintieron cuatro el día 23, dos el 25, dos el 26, dos pequeñas el día 3 de abril y una el día 7, a la 1 h. 15 m., y tres el día 8, a la 0 h. 30 m.

Se sintió en Madrid, en Extremadura, Alcobaza y Calcas, en Portugal y en Granada. En Murcia hubo terremoto a las 24 h. del día 6 de abril, con ruidos de 10 s. de duración, mientras que el movimiento duró 12 s. Dos horas después hubo otra débil sacudida.

Referencias de Galbis (1932). Terremoto Nº 508:*1829 AD*

Blanco y Rojo de Ibáñez, R. (año): Efemérides Murcianas.

Díaz Cassou, P. (año): Serie de Obispos de Cartagena, sus hechos y su tiempo.

Perrey, A. (1847): Sur les Tremblements de terre de la Peninsule Iberique. Annales des Scien. Phys. et Naturelles, d'Agric. Et d'Indus. Lyon, t. X, pp. 461-513.

Prado, C. de (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. Rev. Minera, t. XIV, núms. 322 a 325, 69 págs.

Sánchez Navarro-Neumann, M. (1921): Lista de los terremotos más notables sentidos en la península Ibérica desde los tiempos más remotos, hasta 1917, inclusive, con ensayo de agrupación en regiones y períodos sísmicos. La Estación Sismológica y el Observatorio Astronómico y Meteorológico de Cartuja (Granada). Memorias y trabajos de vulgarización científica. pp. 11-65.

INTERPRETACIÓN **ANÁLISIS DE DATOS**

HST 18290321: TORREVIEJA (Alicante). 1829 AD

Autor: Pablo G. Silva, Departamento de Geología, Universidad de Salamanca.

EEE. Efectos Geológicos y Ambientales del Terremoto de Torrevieja, 1829 AD

En el análisis de los datos aportados por los informes de Larramendi (1829), De Prado (1863) y la obra de Rodríguez de la Torre (1984) se han identificado numerosos efectos ambientales y geológicos (EEE) producidos por este terremoto. La mayor parte de los EEEs documentados se refieren a procesos de licuefacción (LQ) y anomalías hidrológicas (HA) que afectaron a la mitad Sur de la Cuenca del Bajo Segura y el entorno de las salinas de La Mata y Torrevieja. Las descripciones originales permiten asegurar que la mayor parte de los procesos de licuefacción estuvieron acompañados por procesos de agrietamiento del terreno (GK) y lateral spreading que, fundamentalmente, se registraron a favor del importante sistema de acequias de la zona y a los márgenes del propio río Segura, el cual quedó desdibujado en algunos puntos. En el presente catálogo, y con el fin de no duplicar la información, se han documentado los procesos de licuefacción (LQ), dado que en el estado general de pérdidas de Larramendi se documenta explícitamente la extensión de terreno afectada por la eyección de arenas en cada localidad, la cual se eleva a 7.141 tahúllas que corresponden a 798,36 ha equivalente a casi 8 km^2. Las localidades más afectadas fueron Dolores, Callosa del Segura, Daya Vieja, San Fulgencio y Benijófar. Otras localidades afectadas fueron Rojales, Guardamar, Benejúzar, Formentera, Daya Nueva, Rafal y, en menor medida, las poblaciones de Benferrí, Molins, Redován, Elche, Cox, Granja, Carral y Albatera, según documenta Larramendi (1829; Fig. 1). Curiosamente en Orihuela, término municipal de mayor extensión, no se documenta ningún proceso de licuefacción; sin embargo, datos recopilados por Rodríguez de la Torre (1984) indican que, durante una de las réplicas de la serie (18/04/1829; VII EMS), se produjo la formación de nueve volcanes de arena en las proximidades de esta ciudad. Quizá los procesos de licuefacción no fueron importantes en el término de Orihuela, pero tuvo que haberlos, ya que la zona presenta una gran vulnerabilidad a los mismos (Delgado *et al.*, 1998; Alfaro *et al.*, 2001). La extensión total del área afectada por procesos de licuefacción (474 km^2), su elevada frecuencia (24 localidades) y área efectivamente cubierta por arenas eyectadas desde el subsuelo (c. 8 km^2) permiten asignar al evento una intensidad máxima de X ESI-07.

Otros fenómenos como movimientos de ladera (SM) también afectaron a las pequeñas sierras anticlinales de Guardamar, Benejúzar y Hurchillo, que limitan por el Sur la Cuenca del Bajo Segura, según se documenta en el informe Larramendi (1829). Especialmente en la confrontación de Orihuela, que en este catálogo hemos identificado con la Sierra de Hurchillo (22 km), Rodríguez de la Torre (1984) también identifica la ocurrencia de caída de grandes bloques en la vertiente NO de la Sierra de Carrascoy, en la localidad de Los Garres (39 km, Murcia), dentro de la zona VII ESI-07. En cuanto a los agrietamientos del terreno (GK) que acompañaron a los procesos de licuefacción y lateral spreading, solo hemos catalogado los cuatro más importantes que provocaron daños graves en los cuatro puentes que existían sobre el río Segura, y cuya destrucción fue debida a estos procesos (Delgado *et al.*, 1998). La fractura más importante se abrió en la zona litoral en el acantilado rocoso existente entre Torrevieja y Torrelamata, que diferentes trabajos identifican con Cabo Cervera (De Prado, 1863; Rodríguez de la Torre, 1984). De Prado (1863) también indica que numerosas grietas de dirección E-O se abrieron en el fondo de las Salinas de Torrevieja mostrando desplazamientos de algunos centímetros.

Las anomalías hidrológicas (HA) fueron importantes en la zonas de intensidad X y IX ESI-07 en un radio de unos 15km de distancia epicentral. En la Herrada, finca perteneciente a Los Montesinos (7,5 km) un pozo artesiano, normalmente a 12 m de profundidad, estuvo derramando agua sobre el brocal por espacio de algo más de un mes. Nuevas fuentes surgieron de entre las ruinas de las iglesias en San Miguel de Salinas (c. 15 km) y San Fulgencio (c. 5 km). En las salinas de Torrevieja (10-12 km) se documentaron chorros de agua (water fountains), de hasta un metro de altura, que estuvieron produciendo borboteos y chapoteos de menor intensidad hasta tres años después del evento, provocando craterlets de entre 3 y 30 m de diámetro y 1,5 m de profundidad en su fondo (De Prado, 1863). En puntos más alejados se documentan cambios temporales en el caudal (HA), turbidez y temperatura en fuentes y manantiales (HD) como en Fortuna (40km), Tibi (52 km), Aigües de Bussot (55 km), Los Baños de Mula (65 km) y Jumilla (68 km), todos ellos relacionados con intensidad VI o VII (Fortuna). Se registró oleaje anómalo en los puertos de Torrevieja (12 km) y Alicante (33 km) causando daños y golpeos en embarcaciones y una embarcación que navegaba a unos 33 km al SE de Torrevieja procedente del puerto de Portman sintió el terremoto (Rodríguez de La Torre, 1984).

Sin duda, lo más notorio del terremoto fue la elevación de un palmo castellano (c. 20 cm) de todo el sector litoral entre Torrevieja y Cabo Cervera (4 km lineales) e igualmente detectado en la Salinas de Torrevieja (De Prado, 1863). Este dato indica una elevación tectónica permanente de 20 cm en el bloque levantado de la Falla del Bajo Segura, que es la fuente sismogenética más probable del terremoto (Alfaro *et al.*, 2012). El efecto quedó documentado sobre el acantilado rocoso existente en la zona, pero muy posiblemente alcanzó los c. 15 km de distancia existentes entre la desembocadura del Segura (Guardamar) y el Sur de las Salinas de Torrevieja, abarcando la totalidad del bloque levantado de la falla, pero dado la naturaleza de los materiales no consolidados litorales de las zonas norte y sur (playas de arenas), el fenómeno de elevación sería difícil de registrarse y conservarse posteriormente como ocurrió en la zona del acantilado rocoso. En cualquier caso, el valor de la elevación (c. 20 cm) indica una intensidad mínima de X ESI-07 en toda esta zona litoral, como también indica la destrucción prácticamente total de las poblaciones de Guardamar, Torrelamata y Torrevieja (Rodríguez de la Torre,

1984).

El área total máxima en la que se registran EEEs permanentes, excluyendo las anomalías hidrológicas (HA y HD) lejanas, es de c. 2300 km^2, que aproximadamente incluye hasta la zona de intensidad VII-ESI-07 (hasta la localidad de Los Garres, 39 km). No obstante, los daños ambientales más importantes que incluyen las zonas de intensidad ≥ VIII ESI-07, abarcan un área de c. 700 km^2, siendo la zona X de cerca de 500 km^2. Teniendo en cuenta que el epicentro catalogado por el IGN (Martínez Solares y Mezcua, 2002) se sitúa a escasos 3 km del litoral, y la distribución de daños es asimétrica (solo en la zona emergida), es lógico pensar que el área total doblaría las áreas arriba mencionadas situándonos en el entorno de unos 1000 km^2 para la zona de intensidad X y de unos 4600 km^2 para la zona de intensidad VII, valores que indican una intensidad máxima de X ESI-07, dentro del rango de la intensidad máxima IX-X EMS asignada a este evento (Martínez Solares y Mezcua, 2002).

En cuanto a la susceptibilidad de la zona ante los procesos de licuefacción, hay que indicar que la Depresión del Bajo Segura es una extensa llanura aluvial de escasa elevación sobre el nivel del mar que corresponde a antiguas zonas palustres y estuarinas pertenecientes al extenso *"Sinus Ilicitanus"* ibero-romano, que ocupaba prácticamente toda la zona en época romana (Tent-Manclús, 2013). Los datos de este autor indican que la zona se ha ido rellenando progresivamente desde el siglo I AD por el crecimiento de los deltas del Segura (Sur) y Vinalopó (Norte). A principios de siglo XVIII (c. 1707 AD) se realizó una extensa desecación artificial de las zonas pantanosas remanentes (c. 73 km^2), situadas al Este de las poblaciones de Catral y Almoradí, por parte del Cardenal Belluga (Obispo de Cartagena), y ya a mediados del siglo XX (1950 y 1956 AD) se realizó la desecación artificial de toda la zona norte restante, entre Albatera y Santa Pola (c. 85 km^2), según indican Delgado *et al.* (1998; 2003). De esta forma, en la actualidad solo queda como remanente del antiguo *"Sinus Ilicitanus"* la actual Laguna del Hondo. Reconstrucciones paleogeográficas basadas en el modelo de Tent-Manclús (2013), en modelos digitales del terreno y en el análisis de los sistemas de acequias y caminos de la zona realizadas para el presente catálogo (Silva *et al.*, 2015), indican que el antiguo delta del Segura correspondía a un delta de "tipo fluvial" digitado, con numerosos canales distribuidores que siguen el recorrido sinuoso de la mayor parte de los caminos y acequias importantes de la zona. El crecimiento del delta entre los siglos I y X AD permitió el progresivo poblamiento de la zona a lo largo de las lenguas de tierra que constituían los antiguos paleocanales al adentrarse en la zona pantanosa estuarina. De hecho, la mayoría de las poblaciones del Bajo Segura (Almoradí, Benijófar, Benejúzar, Catral, etc.) son de origen musulmán (siglos IX y X AD) y las restantes (Dolores, Las Dayas, San Fulgencio, etc.) relacionadas con la desecación del Cardenal Belluga (Siglo XVIII AD). Al igual que caminos y acequias, la práctica totalidad de estas localidades se asientan sobre los antiguos paleocanales del delta del Segura, elevándose entre 3 y 6 m sobre el resto de la antigua planicie estuarina (Silva *et al.*, 2015). De esta forma, el evento catalogado posee características similares al de Emilia-Romana 2012 (Mw 6,2), también generado por una falla inversa ciega (cabalgamiento frontal de los Apeninos), que provocó importantes fenómenos de licuefacción a lo largo de antiguos paleocanales de la Llanura Padanna (Emergeo, 2013).

Los procesos de licuefacción en el Bajo Segura están relacionados con un acuífero superficial de carácter salino, con nivel freático bastante estable (no se explota) a unos 2 m de profundidad que se desarrolla sobre arenas y limos (5-7 m de potencia). Solo en las proximidades de los relieves (Sierras de Orihuela, Callosa, El Molar y Crevillente) se sitúa a profundidades superiores a los 10 m (Delgado *et al.*, 1998; 2003). En las descripciones existentes se indica la eyección de lodos y aguas salinas que producían la muerte de la vegetación (Larramendi, 1829). En la zona de Callosa del Segura, donde los procesos de licuefacción fueron muy importantes (c. 310 ha), probablemente se amplificaron debido al carácter más arenoso y las condiciones artesianas de este acuífero superficial en la zona (Alfaro *et al.*, 2001). Estas, reciben el nombre de "arenas brujas" a causa de los frecuentes procesos artesianos surgentes en el área y, de hecho, esta zona conformaba el cuerpo principal del antiguo delta del Segura durante época romana (Silva *et al.*, 2015). Otras zonas bastante afectadas por estos procesos, como San Fulgencio, Almoradí, Daya Vieja, Catral, Benejúzar, se sitúan sobre canales y cuerpos más arenosos de desembocadura del antiguo delta en época musulmana (siglo X AD) o anteriores a la desecación del siglo XVIII AD.

La magnitud asignada a este evento es de 6,6 Mw en el Catálogo del IGN (Martínez Solares y Mezcua, 2002) y su localización 1,2 km al Sur de los relieves anticlinales producidos por la falla inversa ciega del Bajo Segura (E-O) es congruente con la misma, con la distribución de daños y con un evento de carácter superficial (< 5 km). Recientes re-localizaciones (Mezcua *et al.*, 2013) le asignan una magnitud de 6,1 Mw, desplazando su epicentro 14 km hacia el SSE sobre el trazado de la falla dextral de San Miguel de Salinas (N120E) en el entorno de dicha población. Esta nueva localización implicaría una mayor profundidad epicentral (> 10 km) o relacionarlo con la propia falla dextral sobre la que se localiza. No obstante, este evento, estudiado por diversos autores, posee diferentes localizaciones, algunas de ellas en zona marina al Este de Cabo Cervera (Muñoz y Udías, 1991) o pocos kilómetros al SE de Torrevieja (Delgado *et al.*, 1993), e incluso, en otros estudios, inmediatamente al norte del cauce del río Segura en el bloque hundido de la falla entre las localidades de Formentera y Daya Vieja (Albini y Rodríguez de la Torre, 2001). En cualquier caso, la geología de la zona y distribución de EEEs en este evento es más congruente con la localización del Catálogo del IGN del 2002 que con su nueva relocalización de Mezcua *et al.* (2013) o las otras mencionadas.

En cuanto a las magnitudes, los valores que calculan los diferentes autores oscilan entre los 6,9 Mw de Muñoz y Udías (1991) y los 6,1 Mw que proponen los últimos trabajos de Mezcua *et al.* (2013), que se antoja un valor subestimado. No obstante, los datos sobre la segmentación de la falla del Bajo Segura aportados por Alfaro *et al.* (2012) indican que su segmento más oriental (segmento de

Guardamar), de unos 9 km de longitud, posee un potencial sísmico para generar terremotos de magnitud 6,6 – 6,8 Mw y que, en general, una ruptura de los tres segmentos de la falla (27 km longitud) poseería la capacidad de generar una magnitud superior, entre 6,9 y 7,1 Mw. Por lo tanto, la magnitud 6,6 Mw considerada en el catálogo del IGN (Martínez Solares y Mezcua, 2002) se aproxima más a los valores potenciales de la falla que las revisiones a la baja que se han realizado posteriormente. De hecho basándose en el conjunto de efectos geológicos y daños ambientales, Silva *et al.*, (2015) presentan el mapa de intensidades mixto ESI-07/EMS-98 que ilustra la presente ficha. En él se constata una amplia zona de Intensidad X afectando a la zona oriental de la vega del Bajo Segura y a todo el sector litoral del mismo. Los ShakeMaps elaborados para este terremoto recientemente (Silva *et al.*, 2017) indican que los más probable es que rompieran los dos segmentos más orientales de la Falla del Bajo Segura (18,1 km) provocando un terremoto de magnitud 6,8 Mw y dando lugar a aceleraciones horizontales pico (PGA) en torno a 0,6 – 0,7 g en todo el entorno del Bajo Segura, zona de las Salinas y litoral de Torrevieja. Se alcanzaría una PGA max de 0,81 g en el sector aluvial del entorno de Guardamar en la zona de desembocadura del río Segura. Estos valores nos situarían en un rango de intensidad claramente ≥ IX ESI-07 que, por las dimensiones de los efectos catalogados, permiten asignar intensidades máximas de X.

PUEBLOS	CASAS								MOLINOS		
	Asoladas	Quebrantadas	Respiraderos Tahullas	Iglesias	Puentes	Muertos	Heridos	Caballerías	De aceite	De harina	Ermitas
Rojales	319	81	32	1	.....	30	34	14	.....	.....	.....
Guardamar	397	132	38	1	1	8	14	11	2	1	1
Benejúzar	257	.....	29,5	1	1	80	50	11	.....	.....	.....
Torrevieja	534	.....	.....	1	.....	32	67	36	.....	2	1
Formentera	78	.....	41,5	2	.....	12	16	4	1	1	.....
Daya nueva	29	6	3	1	.....	2	1	5	2	1	.....
Daya vieja	1	14	358	1	.....	5	1	.....	.....	.....	.....
Almoradí	388	69	16	2	1	192	150	118	.....	.....	4
San Felipe Neri	16	10	.....	1	.....	.....	.....	.....	.....	1	.....
Puebla de Rocamora	4	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1	.....	.....	.....
San Fulgencio	59	76	256	1	.....	1	3	8	.....	.....	.....
Callosa	32	274	2761	.....	.....	1	.....	3	13	.....	1
San Francisco de Asís del Molar	21	.....	.....	.....	.....	.....	.....	3	.....	.....	.....
Jacarilla	2	14	.....	.....	.....	.....	.....	1	.....	.....	.....
Algorfa	24	.....	.....	.....	.....	.....	1	.....	.....	.....	.....
Bigastro	11	22	.....	1	.....	.....	.....	.....	.....	1	.....
Benijofar	71	18	117	1	1	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Rafal	5	38	48	1	.....	2	6	16	1	.....	.....
Orihuela y su partido	668	1358	.....	30	.....	19	30	21	67	2	3
Dolores	29	267	3424	1	.....	5	4	11	.....	1	.....
Benferri, Molins, Redovan, Elche, Cox, Granja, Carral y Albatera	20	17	17	1	.....	.....	1	4	.....	.....	.....
Total	2965	2396	7141	47	4	389	375	267	86	10	10

"Estado general de pérdidas ocasionadas por los terremotos de 21 de Marzo de 1829" que figura en el Informe Larramendi "Memoria y relación circunstanciada de los estragos que la terrible catástrofe de los terremotos de 21 de marzo..." (Transcrito del original por B. Bautista).

La tahúlla o atahúlla es una unidad de superficie agraria que equivale a 1118 metros cuadrados en el antiguo Reino de Orihuela, Murcia, Castilla y las Pías Fundaciones del Reino de Aragón. Su origen es muy posible que se remonte al periodo islámico.

EAE. Efectos Arqueosismológicos del Terremoto de Torrevieja, 1829 AD

Este evento provocó la ruina de prácticamente todas las localidades en la zona epicentral. Según Larramendi (y su estado general de pérdidas; 1829), las poblaciones totalmente arruinadas y reducidas a un montón de escombros fueron Torrevieja, Torrelamata, Guardamar, Rojales, Almoradí, Benejúzar, Rafal y San Bartolomé. Las que quedaron medio arruinadas fueron Dolores, San Fulgencio (de las pías fundaciones del Cardenal Belluga), Benijófar, Formentera, Daya nueva, Daya vieja, La Puebla de Rocamora y La Parroquia de San Miguel (de Salinas), así como una infinidad de casas de campo, derramadas en él, en unas siete a ocho leguas de distancia (de San Miguel), es decir unos 30 km. A este respecto en el Diccionario Geográfico de Madoz (1845-1850) podemos encontrar descripciones del daño generado de las parroquias dependientes de Municipios de mayor tamaño. Este es el caso de algunas haciendas o feligresías dependientes de Almoradí, como La Herrada, Los Montesinos o La Marquesa. En esta última se cita:

MARQUESA (LA): *feligresía de la provincia de Alicante, partido judicial y diócesis de Orihuela, jurisdicción de esta ciudad y de Almoradí. Situada en el centro del campo de Salinas en una hacienda del marquesado de Bellisca, donde se halla la ermita (de la Marquesa) [...] A su alrededor se encuentran las casas del vicario, sacristán, arrendador de la hermosa heredad de la Marquesa, y las de 3 ó 4 menestrales precisos para los trabajos agrícolas; y en todo su distrito muchas haciendas con casas de labor, y algunas de recreo, todas las cuales fueron destruidas por el terremoto de 1829 (sic), aunque reedificadas posteriormente, y 1 estanco dependiente de la administración de rentas de Orihuela [...].*

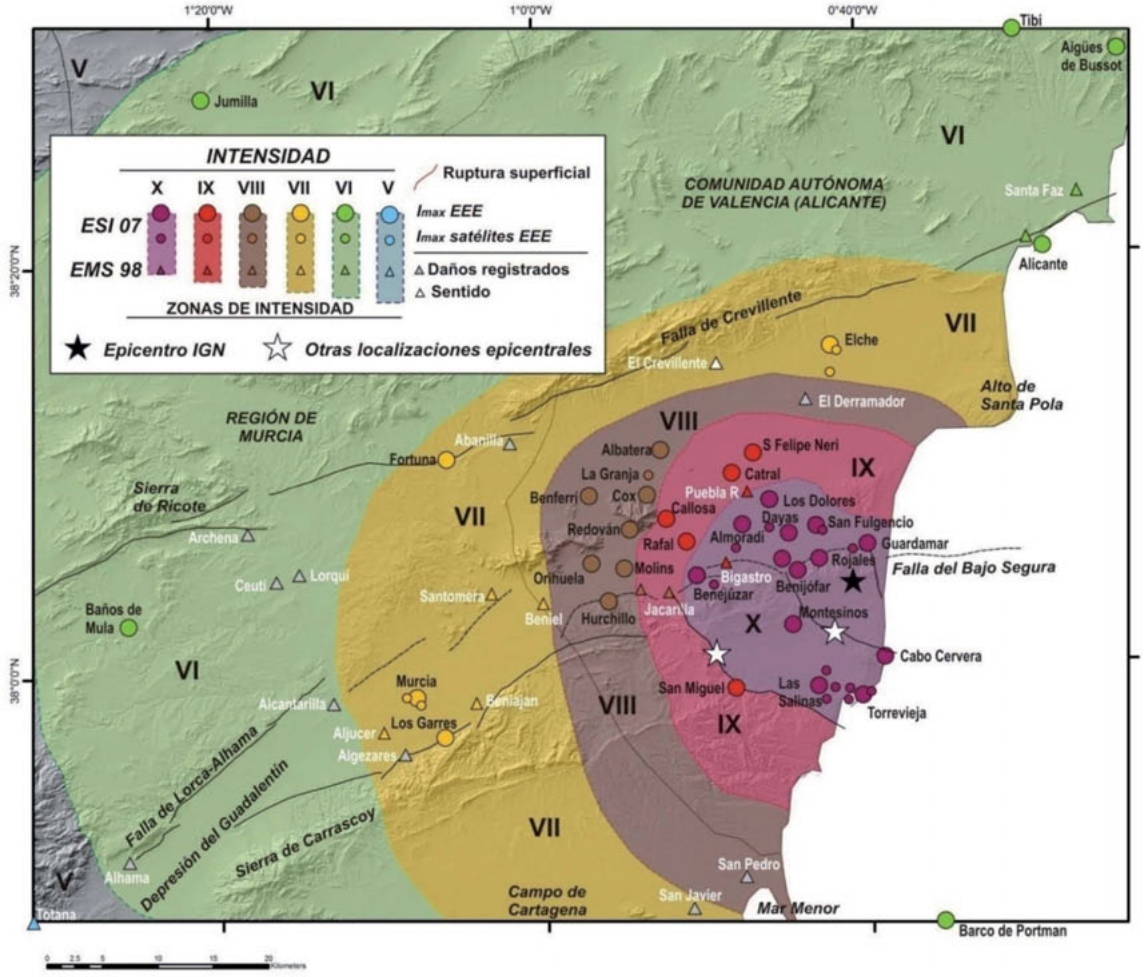
Este tipo de descripciones, laboriosas de encontrar, nos permite hacernos una idea del grado de destrucción que se produjo en la mayor parte de los caseríos en la zona epicentral.

Solo se han catalogado efectos documentados sobre edificios o construcciones históricas en las ciudades de Murcia (40 km) y Elche (20 km) relacionadas con daños direccionales.

En Elche, padecieron bastante sus tres parroquias. En la de Santa María es donde se produjeron mayores daños cayendo grandes trozos de una de las pechinas que sustentan la media naranja de la bóveda, así como algún ornamento (relieve de San Marcos). En el suelo se abrió un enorme agujero que arrojo con ímpetu tres o cuatro losas del solado de la iglesia.

En el caso de Murcia, sufrieron daños numerosos edificios, iglesias, conventos, colegios, etc. Se consideran los daños consignados en el Puente, la iglesia de Santa Catalina y Catedral. Los daños indicados (desplazamientos de sillares y caídas orientadas de elementos de las torres) implican una localización del epicentro más acorde con la del catálogo del IGN (Martínez Solares y Mezcua, 2002) que con otras de las mencionadas anteriormente.

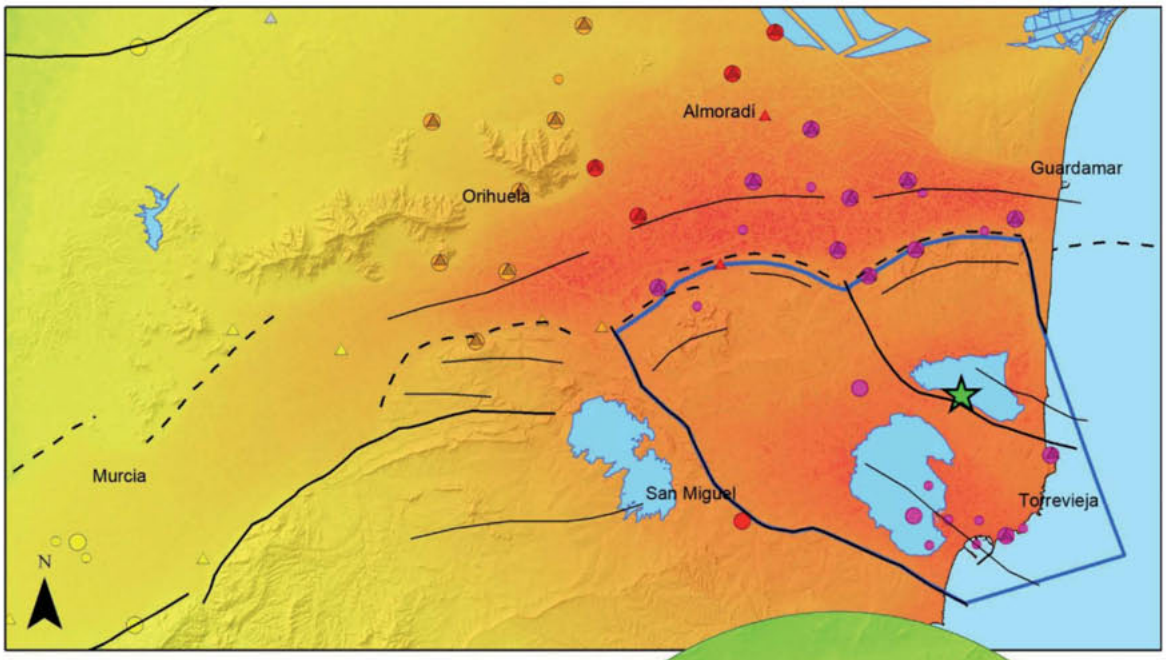
DISTRIBUCIÓN DAÑOS ESI-07/EMS-98 HST 18290321: TORREVIEJA (Alicante). 1829 AD											EFECTOS GEOLÓGICOS
EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
HST 18290321*AD*	18:139	0º41' O	38º05' N	6,6 – 6,9 M*	IX-X	X	X	B	A	A	**Torrevieja. A.**



SHAKE MAP ESI-07/EMS-98
HST 18290321: TORREVIEJA (Alicante). 1829 AD
ACELERACIÓN DEL TERRENO

EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
HST 18290321*AD*	18:13	0°41' O	38°05' N	6,6 – 6,9 M*	IX-X	X	X	B	A	A	**Torrevieja. A.**

Fuente sísmica modificada de:	**Mw calculada**:	**Relación empírica**:	**GMPE**:
Alfaro *et al.* (2012).	6,8	Wells y Coppersmith (1994).	Wald *et al.* (2005) modificada según Silva *et al.* (2017).

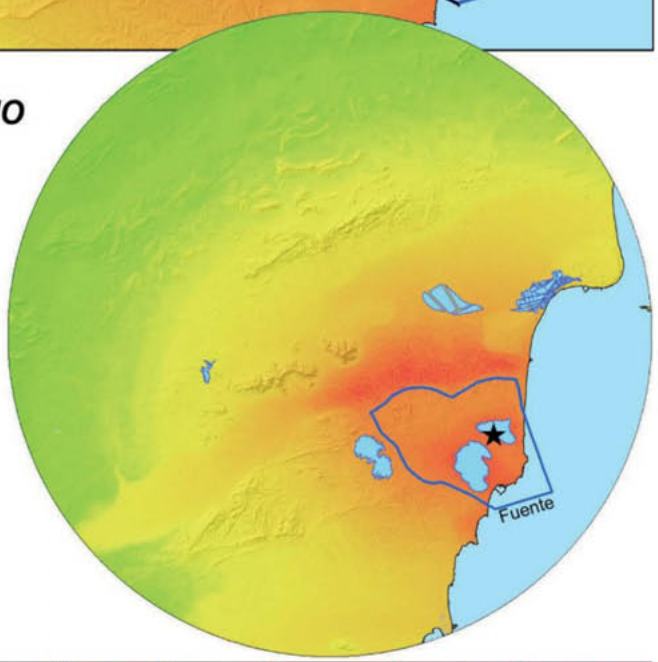


ESCENARIO

Datos del Modelo

Falla inversa de bajo ángulo
Falla del Bajo Segura, sectores de Benejuzar y Guardamar
Longitud de la fuente 18,1 km

PGAmax 0,81g
PGA en Guardamar 0,72g
PGA en San Miguel 0,56g
PGA en Torrevieja 0,74g
PGA en Almoradí 0,64g



Efectos Edificaciones										
MMI (USGS)	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
SACUDIDA	Ligera	Moderada	Fuerte	Muy Fuerte	Severa	Violenta	Muy Violenta	Extrema	Extrema
DAÑO	Ninguno	Muy Ligero	Ligero	Moderado	Severo	Destructivo	Muy Destructivo	Devastador	Totalmente Devastador
PGA (g)	0,014	0,039	0,092	0,18	0,34	>0,65			

Efectos Geológicos										
EEE PRIMARIOS	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Muy raros	Raros	Apreciables	Significativos	Importantes	Muy Importantes
EEE SECUND.	Ligeros	Marginales	Moderados	Apreciables	Significativos	Importantes	Muy Importantes	Devastadores	Totalmente Devastadores
AREA AFECTADA			c. 1 km²	≤10 km²	≤100 km²	≤1000 km²	≤5000 km²	≤10.000 km²	≥50.000 km²
ESI-07	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII

REFERENCIAS **DATOS**
HST 18290321: TORREVIEJA (Alicante). 1829 AD **BIBLIOGRÁFICOS**

Autor: Pablo G. Silva, Departamento de Geología, Universidad de Salamanca.

Bibliografía Terremoto de Torrevieja de 1829 AD

Albini, P. y Rodríguez de La Torre, F. (2001): The 1828-1829 earthquake sequence in the provinces of Murcia and Alicante (SE Spain): A repraisal of the historical sources. En: T.Glade et al., (eds.), The use of historical data in Natural Hazard Assesment. Advances in Natural and Technological Hazard Research, 17. 35-54.

Alfaro, P., Delgado, J., Estévez, A., López-Casado, C. (2001): Paleoliquefaction in the Bajo Segura basin (eastern Betic Cordillera). Acta Geol. Hisp. 36 (3-4), 233-244.

Alfaro, P., Delgado, J., Estévez, A. Soria, J.M., Yébenes, A. (2002): Onshore and offshore compressional tectonics in the eastern Betic Cordillera (SE Spain). Marine Geology 186, 337-349.

Alfaro, P., Bartolomé, R., Borque, M.J., Estévez, A., García-Mayordomo, J., García-Tortosa, F.J., Gil, A.J., Gràcia, E., Lo Iacono, C., Perea, H. (2012): The Bajo Segura Fault Zone: Active blind thrusting in the Eastern Betic Cordillera (SE Spain). Journal of Iberian Geology 38 (1) 2012: 271-284

Canales Martínez, G. y Crespo, F. (1999): El nuevo urbanismo del bajo Segura como consecuencia del terremoto de 1829. En: Canales (ed.), La catástrofe sísmica de 1829 y sus repercusiones. Excma. Dip. Provincial de Alicante, Excmo. Ayto. Almoradí y Universidad de Alicante. 151-192.

Delgado, J., Giner, J., López-Casado, C., Auernheimer, C. (1993): Análisis de la respuesta del suelo en intensidades. Aplicación al terremoto de Torrevieja. In: R. Ortiz (ed.). Problemática Geoambiental y Desarrollo, Murcia. T. II, 627-636.

Delgado, J., López-Casado, C., Alfaro, P., Giner, J.J., Estévez, A. (1998): Liquefaction potential in the Lower Segura basin (Southeast Spain). Engineering Geology 49, 61-79.

Delgado, J., Alfaro, P., Andreu, J.M., Cuenca, A., Doménech, C., Estévez, A., Soria, J.M., Tomás, R., Yébenes, A. (2003): Engineering geological model of the Segura river flood plain (SE Spain): a case study for engineering planning. Engineering Geology 68, 171-187.

Díaz Cassou, P. (1900): Topografía, Geología y Climatología de la Huerta de Murcia. 127 pp. Sin fecha ni pie de imprenta (1900 – 1924).

Emergeo Working Group (2013): Liquefaction phenomena associated with the Emilia earthquake sequence of May–June 2012 (Northern Italy). Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 13, 935-947.

Galbis Rodríguez, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5ºE y 20ºW de Greenwich y los paralelos 45º y 25ºN. Dirección General del Instituto Geográfico, Catastral y de Estadística. Tomo I.

Larramendi, M.J. (1829): Memoria, relación de circunstancias y estado general de pérdidas causadas por la terrible catástrofe de los terremotos de 21 de marzo y siguientes han causado en Torrevieja y Gobernación de Orihuela. Imprenta Real, 1829, Madrid.

Madoz, P. (1845 -1850): Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus posesiones de Ultramar. 16 Tomos, Madrid. http://www.diccionariomadoz.org/

Martínez Solares, J.M. y Mezcua, J. (2002): Catálogo Sísmico de la Península Ibérica (880 a.C. – 1900). Monografías IGN, 18. IGN, Madrid (Spain), 253 pp.

Mezcua, J. (1982): Catálogo General de isosistas de la Península Ibérica. Instituto Geográfico Nacional (IGN). Publicación 202. Madrid. 301 pp.

Mezcua, J., Martínez Solares, J.M. (1985): Sismicidad del Área Ibero-Mogrebí. Instituto Geográfico Nacional (IGN). Publicación 203. Madrid. 301 pp.

Mezcua, J., Rueda, J., García Blanco, R.M. (2013): Iberian Peninsula Historical Seismicity Revisited: An Intensity Data Bank. Seismological Research Letters, 84 (1), 9-18. doi:10.1785/0220120097

Muñoz, D. y Udías, A. (1991): Three large historical earthquakes in Southern Spain. In: J. Mezcua and A. Udías (eds.), Seismicity, Seismotectonics and Seismic Risk of the Ibero-Maghrebian Region, Monografia n. 8, Instituto Geográfico Nacional, Madrid, 175-182.

Prado, C. De (1863): Los terremotos de la Provincia de Almería. Revista Minera, 14 (tomos 322 - 325), 180 pp.

Rodríguez de la Torre, F. (1984): Los terremotos alicantinos de 1829. Pub. Instituto de Estudios Alicantinos. Alicante, España. 322 pp.

Silva, P.G.; Bardají, T.; Roquero, E.; Martínez-Graña, A.; Perucha, M.A.; Huerta, P.; Lario, J.; Giner-Robles, J.L.; Rodríguez-Pascua, M.A.; Pérez-López, R.; Cabero, A.; Goy, J.L. y Zazo, C. (2015): Seismic paleogeography of coastal zones in the Iberian Peninsula: Understanding ancient and historic earthquakes in Spain. Cuaternario y Geomorfología, 29 (1-2), 31-56.

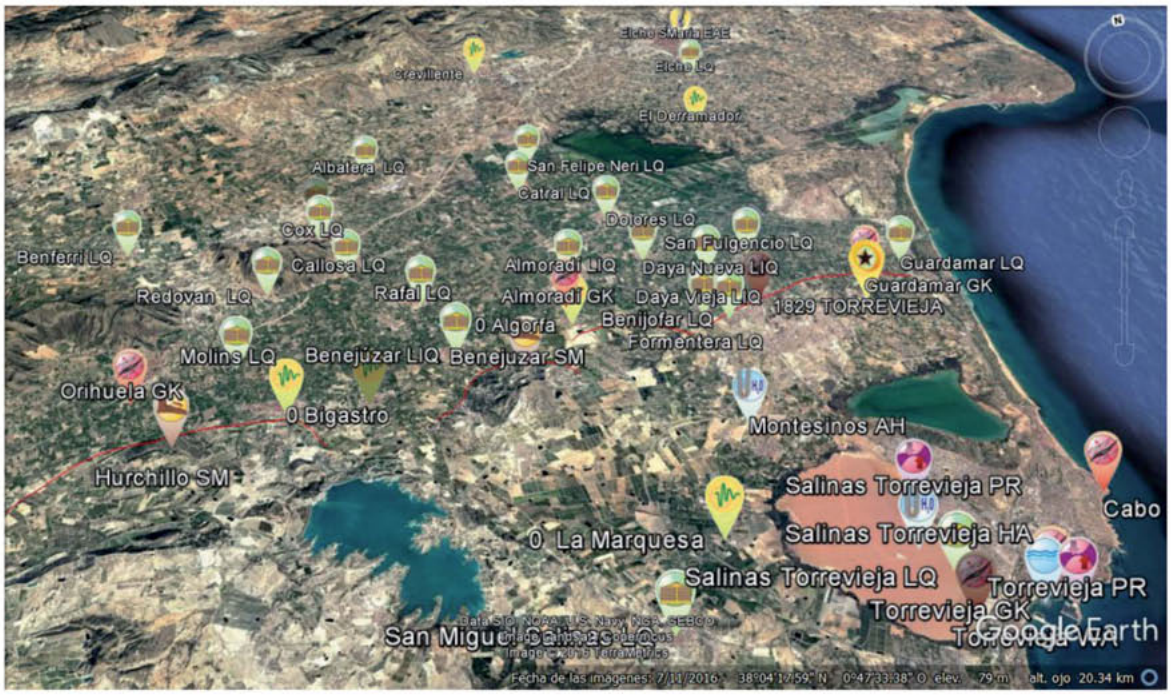
Tent-Manclús, J.E. (2013). Cambio de la línea de costa en el Bajo Segura (Sur de Alicante) en los últimos 15.000 años. Estudios Geográficos, 74 (275), 683-702.



http://franciscorebollo.blogspot.com.es

INFORMACIÓN MACROSÍSMICA HST 18290321: TORREVIEJA (Alicante). 1829 AD											EFECTOS GEOLÓGICOS	
EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO	
HST 18290321*AD*	18:139	0°41' O	38°05' N	6,6– 6,9Mw	IX-X	X	X	B	A	A	Torrevieja. A.	
Tipo de Efectos Catalogados											Número de Fichas 51	47 EEEs 04 EAEs

Imagen Google Earth de la localización de efectos catalogados en la zona epicentral



Información macrosísmica catalogada

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto		Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
01.01 Aigües de Busot	0°21'50,21"O	38°31'0,42"N	HA		SO 55,7 km	EN	VI (Zona)	**VI**
02.01 Albatera*	0°52'8,38"O	38°10'42,37"N	LQ		SE 19,2 km	Sin datos	VIII	**VIII**
03.01 Alicante	0°29'0,43"O	38°20'30,22"N	WA		SO 33,5 km	V-VI	VI	**VI**
04.01 Almoradí*	0°47'44,96"O	38°6'35,03"N	LQ		ESE 10,0 km	IX-X	X	**X**
04.02 Almoradí	0°47'44,96"O	38°5'39,40"N	GK		ESE 9,9 km	IX-X	X	**X**
05.01 Benejúzar*	0°50'17,00"O	38°4'42,00"N	LQ		E 13,5 km	IX-X	X	**X**
05.02 Benejúzar, Sierra	0°48'54,24"O	38°4'1,75"N	SM		E 11,7 km	IX-X	X (Zona)	**X**
06.01 Benferri*	0°57'42,96"O	38°8'31,07"N	LQ		ESE 25,2 km	D	VIII	**VIII**
07.01 Benijófar*	0°44'16,63"O	38°4'50,40"N	LQ		E 4,7 km	VIII-IX	X	**X**
08.01 Cabo Cervera*	0°38'54,33"O	38°0'7,55"N	GK		NNO 9,4 km	Sin datos	X (Zona)	**X**
09.01 Callosa de Segura*	0°52'35,69"O	38°7'15,09"N	LQ		SSE 17,5 km	VIII	IX (Zona)	**IX**
10.01 Catral*	0°48'13,25"O	38°9'36,40"N	LQ		SE 13,6 km	VI-VII	IX (Zona)	**VIII**
11.01 Cox*	0°53'14,16"O	38°8'28,16"N	LQ		ESE 19,0 km	VI	VIII (Zona)	**VIII**

12.01 Daya Nueva*	0°45'39,97"O	38° 6'49,93"N	LQ	SE 7,6 km	IX	X	X
12.02 Daya Nueva	0°45'39,97"O	38° 6'49,93"N	HA	SE 7,6 km	IX	X	X
13.01 Daya Vieja*	0°44'17,95"O	38° 6'16,98"N	LQ	SE 5,3 km	VIII	X	X
14.01 Dolores*	0°46'11,17"O	38° 8'20,53"N	LQ	SE 9,8 km	VIII	IX	X
15.01 Elche (La Alcudia)	0°42'70,62"O	38°14'11,37"N	LQ	S 17,2 km	VI-VII	VIII (Zona)	VII
15.02 Elche (Santa María)	0°41'52,25"O	38°16'1,61"N	EAE	S 20,5 km	VI-VII	VIII	VII
16.01 Formentera del Segura*	0°44'47,16"O	38° 5'2,27"N	LQ	E 5,5 km	IX-X	X	X
17.01 Fortuna	1° 7'39,00"O	38°10'52,00"N	HD	ESE 40,0 km	EN	VII (Zona)	VII
18.01 Granja de Rocamora	0°53'22,02"O	38° 9'10,77"N	LQ	SE 19,6 km	VII	IX	VIII
19.01 Guardamar del Segura*	0°39'39,68"O	38° 5'58,06"N	LQ	SO 2,7 km	IX	X	X
19.02 Guardamar, Puente	0°40'38,66"O	38° 5'46,02"N	GK	SO 1,5 km	Sin datos	X (Zona)	X
20.01 Hurchillo, Sierra de	0°55'45,11"O	38° 3'9,26"N	SM	OSO 21,8 km	Sin datos	IX (Zona)	VIII
21.01 Jumilla	1°19'21,00"O	38°28'33,00"N	HA	SO 68,0 km	EN	V	VI
22.01 Los Garres*	1° 5'40,47"O	37°56'55,85"N	SM	NE 39,0 km	VII	VII (Zona)	VII
23.01 Molins*	0°54'48,76"O	38° 4'58,07"N	LQ	E 20,2 km	D	IX (Zona)	VIII
24.01 Montesinos, La Herrada*	0°44'47,22"O	38° 2'16,58"N	HA	NE 7,5 km	Sin datos	X (Zona)	X
25.01 Mula, Los Baños*	1°25'34,60"O	38° 2'17,25"N	HD	E 65,5 km	EN	VI (Zona)	VI
26.01 Murcia, Catedral	1° 7'44,31"O	37°59'2,10"N	EAE	ENE 40,6 km	VII	VII	VII
26.02 Murcia, Santa Catalina	1° 7'57,00"O	37°59'6,58"N	EAE	ENE 40,9 km	VII	VII	VII
26.03 Murcia, Puente	1° 7'54,18"O	37°58'58,65"N	EAE	ENE 40,6 km	VII	VII	VII
27.01 Orihuela	0°56'48,44"O	38° 4'23,37"N	GK	E 23,1 km	VIII	IX	VIII
28.01 Portman, Barco (Mar)	0°31'38,40"O	37°47'36,34"N	TS	NO 35 km	Sin datos	Sin datos	VI
29.01 Rafal*	0°50'56,25"O	38° 6'11,26"N	LQ	E 14,7 km	VIII	X (Zona)	IX
30.01 Redován	0°54'20,26"O	38° 6'49,94"N	LQ	E 19,9 km	D	IX (Zona)	VIII
31.01 Rojales	0°43'25,62"O	38° 5'18,22"N	LQ	E 3,5 km	VIII-IX	X	X
31.02 Rojales, Puente	0°43'26,23"O	38° 5'16,17"N	GK	E 3,5 km	VIII-IX	X	X
32.01 Salinas de Torrevieja	0°42'14,81"O	38° 0'36,62"N	UP	NNE 10,0 km	Sin datos	X (Zona)	X
32.02 Salinas de Torrevieja*	0°42'44,49"O	37°58'31,17"N	GK	NNE 12,0 km	Sin datos	X (Zona)	X
32.03 Salinas de Torrevieja	0°42'21,82"O	37°59'5,97"N	LQ	NNE 11,5 km	Sin datos	X (Zona)	X
32.04 Salinas de Torrevieja*	0°43'30,00"O	37°59'47,00"N	HA	NNE 11,0 km	Sin datos	X (Zona)	X
33.01 San Felipe Neri*	0°47'48,46"O	38°10'39,77"N	LQ	SE 14,5 km	VII-VIII	IX	VIII
34.01 San Fulgencio	0°43'9,25"O	38° 6'43,50"N	HA	SE 4,4 km	VIII	X	X
34.02 San Fulgencio*	0°43'9,25"O	38° 6'43,50"N	LQ	SE 4,4 km	VIII	X	X
35.01 San Miguel de Salinas	0°47'21,00"O	37°58'47,00"N	LQ	NE 14,8 km	VIII	X	IX

36.01 Tibi	0°34'33,24"O	38°31'57,48"N	HA	SS0 52,0 km	IV	V(Zona)	**VI**
37.01 Torrevieja	0°40'58,29"O	37°58'39,16"N	GK	N 11,8 km	IX-X	X	**X**
37.02 Torrevieja*	0°40'39,20"O	37°58'26,18"N	UP	N 12,0 km	IX-X	X	**X**
37.03 Torrevieja*	0°41'3,10"O	37°58'20,42"N	WA	N 12,0km	IX-X	X	**X**

(*) Fichas Representativas de los diferentes sectores o procesos incluidas en esta edición del Catálogo.

Información macrosísmica complementaria

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
0.01 Abanilla, Alicante	1° 2'26,56"O	38°12'19,29"N	EMS	SE 34, 2 km	Daños (≥ VI)	VII (Zona)	**VII (Zona)**
0.02 Alcantarilla, Murcia	1°12'54,74"O	37°58'10,08"N	EMS	NE 48, 4 km	Daños (≥ VI)	VII (Zona)	**VI (Zona)**
0.03 Alcoy, Alicante	0°28'27,62"O	38°41'49,25"N	EMS	SSO 70 km	Sin datos	V	**Sin datos**
0.04 Algezares; Murcia	1°6'43,63"O	37°56'34,50"N	EMS	ENE 50,0 km	Daños (≥ VI)	VII (Zona)	**VII (Zona)**
0.05 Algorfa, Alicante	0°47'42,76"O	38°5'9,13"N	EMS	E 9,8 km	IX	X	**X (Zona)**
0.06 Alhama de Murcia	1°25'22,58"O	37°50'58,29"N	EMS	ENE 70,2 km	Daños (≥VI)	VI	**VI (Zona)**
0.07 Aljucer, Murcia	1°9'10,99"O	37°57'22,24"N	EMS	NE 43,0 km	VI-VII	VII (Zona)	**VII (Zona)**
0.08 Almansa, Albacete	1°5'59,51"O	38°52'7,21"N	EMS	SSE 95,0 km	Sin datos	VI	**Sin datos**
0.09 Archena, Murcia	1°18'4,67"O	38°7'2,37"N	EMS	ESE 54,5 km	Daños (≥ VI)	VII	**VI (Zona)**
0.10 Beniaján, Murcia	1°4'20,51"O	37°58'39,57"N	EMS	ENE 36,0 km	VII	VII (Zona)	**VII (Zona)**
0.11 Beniel, Alicante	1°0'6,86"O	38°2'48,44"N	EMS	ENE 29,0 km	VII	VII (Zona)	**VII (Zona)**
0.12 Bigastro, Alicante	0°53'42,47"O	38°3'42,77"N	EMS	E 18,8 km	VIII	IX (Zona)	**X (Zona)**
0.13 Caravaca, Murcia	1°51'39,49"O	38°6'18,45"N	EMS	E 103 km	Sin datos	IV	**Sin datos**
0.14 Cartagena, Murcia	0°59'30,52"O	37°36'49,04"N	EMS	NNE 59,0 km	VI	VI	**VI (Zona)**
0.15 Ceutí	1°16'20,64"O	38°4'51,25"N	EMS	E 52,0 km	Daños (≥ VI)	VII	**VII (Zona)**
0.16 Crevillente	0°48'45,98"O	38°14'55,09"N	EMS	SE 22,0 km	Sentido (≤ V)	VIII (Zona)	**VII (Zona)**
0.17 El Derramador (Elche)	0°42'45,07"O	38°11'46,62"N	EMS	SSE 13,5 km	Daños (≥ VI)	VIII (Zona)	**VII (Zona)**
0.18 Hellín, Albacete	1°41'58,74"O	38°30'47,47"N	EMS	SE 100 km	Sin datos	IV	**Sin datos**
0.19 Jacarilla, Alicante	0°52'5,93"O	38°3'43,69"N	EMS	E 16,3 km	VII-VIII	X (Zona)	**IX (Zona)**
0.20 Jijona, Alicante	0°30'24,88"O	38°32'21,75"N	EMS	S 53,0 km	V-VI	VI	**VI (Zona)**
0.21 Lorca, Murcia	1°41'46,04"O	37°40'45,13"N	EMS	NE 99,0 km	V	IV	**Sin datos**
0.22 Lorquí, Murcia	1°15'7,69"O	38°4'57,18"N	EMS	E 50,0 km	Daños (≥VI)	VII (Zona)	**VI (Zona)**
0.23 La Marquesa* (Los Montesinos), Alicante	0°46'1.49"O	38° 0'12.91"N	EMS	NNE 11,0 km	Sin datos	X (Nuevo*)	**X**
0.24 San Javier, Murcia	0°50'17,35"O	37°48'22,86"N	EMS	NNE 34,0 km	Daños (≥VI)	VII (Zona)	**VII (Zona)**
0.25 San Pedro del Pinatar, Murcia	0°47'26,68"O	37°50'5,86"N	EMS	N 29,0 km	Daños (≥VI)	VII	**VIII (Zona)**
0.26 Santa Faz, Alicante	0°26'33,82"O	38°23'22,97"N	EMS	NNE 40,1 km	VI	VI (Zona)	**VI (Zonas)**
0.27 Totana, Murcia	1°30'8,27"O	37°46'10,35"N	EMS	NE 80,8 km	V	VI	**V (Zona)**
0.28 Valencia, Valencia	0°22'39,88"O	39°28'14,44"N	EMS	SSO 155 km	III-IV	III (Zona)	**Sin datos**

(*) Los daños consignados para la Finca de La Marquesa, en Los Montesinos, se han obtenido del diccionario geográfico de Madoz (1845 – 1850) y se consignan en la ficha de Los Montesinos (24.01)

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18290321.02.01 *02.01. Albatera (Alicante)*	EVENTO	HST18290321 TORREVIEJA. A	EFECTO	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
02 / Albatera	0°52'8.38"O	38°10'42.37"N	21 m	c. 0,2 ha	19 km	SURESTE	IX-X EMS / 6.6 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Abanico Aluvial (zona distal)	Pendiente del terreno	Muy suave (2 - 5%)

Descripción Geológica	Albatera se sitúa al norte del relieve metamórfico de la Sierra de Callosa, sobre zonas distales de abanicos aluviales Holocenos (bajadas) de escasa pendiente construidas por las ramblas que provienen de la Sierra de Crevillente. La zona de bajada aluvial converge con la extensa llanura aluvial del Bajo Segura, situándose en su límite occidental, a lo largo de la zona litoral pantanosa del antiguo *"Sinus Ilicitanus"* desde el 500 AD al 1000 AD (Tent-Manclús, 2013). Hasta el año 1950-1952 Albatera se encontraba muy próxima al litoral de una de las lagunas relictas, drenada definitivamente en 1952 (Canales y Vera Rebollo, 1985).

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Conglomerados	Sedimentario; Limos y Arenas	Estratificada	Sin Consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno-Pleistoceno	Holoceno - Histórico	< 8 ka BP C^{14}	0,21	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, Ladrillo	Casas	Algunas	Moderado	Sin datos / VIII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LICUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/8

Descripción: El Informe de Larramendi (1829) cita que a lo largo de toda la vega del Segura se abrieron millares de agujeros, bocas o respiraderos como de tres o cuatro pulgadas (7 – 10 cm) de diámetro y grietas en diferentes direcciones. Albatera aparece agrupado en el estado general de pérdidas de Larramendi (1829) junto con las localidades de Benferrí, Catral, Cox, Elche, Granja de Rocamora, Molins y Redován como afectado por procesos de licuefacción asignándoles un total al conjunto de 17 Tahúllas. Como en los demás casos, los procesos estuvieron ligados en su mayoría a la apertura de grietas en el terreno. Los procesos de licuefacción en esta localidad pudieron ser importantes debido a su cercanía (c. 2-3 km) a las zonas pantanosas drenadas definitivamente en 1952, afectando a una superficie quizá en torno a las 4 Tahúllas (c. 4.400 m²) o algo superior.

Interpretación: Proceso de licuefacción generalizada acompañado por procesos de lateral spreading (colapso lateral) de márgenes de cauces y acequias. Los craterlets o volcanes de arena por los que se arrojaron arenas de diferentes clases, lodos y aguas saladas se cegaron al poco tiempo en la mayor parte de los casos. La eyección de arenas y aguas salobres o sulfatadas, debieron de proceder del acuífero inferior de la vega (de carácter surgente) que se localiza a una profundidad de entre 2 y 5 m en la zona afectada (Delgado *et al.*, 1998). En Cox, Granja de Rocamora y Albatera, los procesos de licuefacción y grietas más importantes, serían subparalelas a la dirección de las acequias principales en la zona (N-S) que, como en Callosa de Segura aproximadamente delimitan la antigua zona pantanosa remanente hasta mediados del Siglo XX (Canales y Vera Rebollo, 1985; Tent-Manclús, 2013).

Cuantificación: La zona afectada por eyecciones de agua y sedimentos se puede evaluar como alrededor de 4.400 m². Por su distancia epicentral (19 km), los craterlets (bocas) por las que se expulsó los materiales debieron de ser de menores dimensiones, de unos 6-7 cm, y las acumulaciones de arena resultantes (volcanes de arena) no debieron de sobrepasar los 5 m de extensión lateral de acuerdo al área afectada. Las dimensiones y la pequeña área afectada por los procesos de licuefacción en esta localidad indican una intensidad mínima VIII ESI-07 para la cual estos procesos ya son frecuentes en llanuras aluviales o costeras con niveles freáticos someros, como es el caso. Esta intensidad mínima concuerda con la antigua intensidad VIII MSK asignada a esta población, pero es superior a la intensidad VII EMS reevaluada posteriormente.



Imagen Google Earth de la localidad de Albatera. Se observa el carácter arenoso del terreno. La zona lagunar drenada artificialmente en 1952 se encontraría próxima al ángulo inferior izquierdo de la imagen.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Larramendi, M.J. (1829): Memoria, relación de circunstancias y estado general de pérdidas causadas por la terrible catástrofe de los terremotos de 21 de marzo y siguientes han causado en Torrevieja y Gobernación de Orihuela. Imprenta Real, 1829, Madrid.

Prado, C. De, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.

Canales, G., Vera Rebollo, J.F. (1985): Colonización del Cardenal Belluga en las tierras donadas por Guardamar del Segura: Creación de un paisaje agrario y situación actual. Invest. Geogr. 3, 143– 160.

Delgado, J. *et al.* (1998): Liquefaction potential in the Lower Segura river basin (southeast Spain). Engineering Geology 49, 61-79.

Rodríguez de La Torre, F. (1984): Los terremotos alicantinos de 1829. Pub. Instituto de Estudios Alicantinos. Alicante, España. 322 pp.

Tent-Manclús, J.E. (2013). Cambio de la línea de costa en el Bajo Segura (Sur de Alicante) en los últimos 15.000 años. Estudios Geográficos, 74 (275), 683-702.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva Departamento de Geología (USAL); Teresa Bardají Departamento de Geología (UAH); Jorge Cuadrado (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18290321.04.01 *04.01. Almoradí (Alicante)*	EVENTO	HST18290321 TORREVIEJA. A		EFECTO	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/10	
Código /Localidad	**Longitud**	**Latitud**	**Altitud**	**Área localidad**	**Distancia epicentral**	**Orientación epicentro**	**Datos Macrosísmicos IGN** INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
04 / Almoradí	0°47'44.96"O	38°6'35.03"N	17-18 m	1,78 ha	10 km	ESTE-SURESTE	**IX-X EMS / 6.7 M***

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura aluvial (Paleocanal-levee)	**Pendiente del terreno**	Llano (<2%)
Descripción Geológica	Depresión del Bajo Segura. Extensa llanura aluvial de escasa pendiente situada en la zona a algo menos de 20 m sobre el nivel del mar. Corresponden a antiguas zonas palustres y estuarinas ("*Sinus Ilicitanus*" de época ibero-romana), desecadas artificialmente a partir del Siglo XVIII. La localidad de Almoradí se sitúa en la margen izquierda del Segura, distante unos 1,8 km del río, pero sobre un antiguo de un paleocanal (levee) del Segura que se eleva unos 6m sobre la llanura aluvial. Este paleocanal procede del entorno de la antigua Benejúzar y se continúa formando un arco por Almoradí, Daya Nueva, Daya Vieja hasta las inmediaciones de Rojales a lo largo de unos 11 km desarrollado entre los años 100 a 500 AD (Tent-Manclús, 2013).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Conglomerados	Sedimentario; Limos y Arenas	Estratificada	Sin Consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno-Pleistoceno	Holoceno - Histórico	< 8 ka BP C^{14}	0,22	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, Ladrillo, Sillería	Casas, Iglesias, Puente	Múltiples, varias, único	Ruina	IX-X EMS / X MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LICUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/10

Descripción: El Informe de Larramendi (1829) cita que a lo largo de toda la vega del Segura se abrieron millares de agujeros, bocas o respiraderos como de tres o cuatro pulgadas (7 – 10 cm) de diámetro y grietas en diferentes direcciones. Estas se abrieron regularmente hacia las acequias o el cauce del río, cediendo el terreno por la parte menos resistente al tiempo de levantarse la tierra. Se indica que los fluidos arrojados por algunos de estos respiraderos eran fétidos y nocivos para la vegetación, matando muchas moreras, olivos, trigo y otras plantas por su acción; observándose que sólo resistía la caña o el carrizo. Rodríguez de la Torre (1984) indica que en Almoradí "*la tierra se abrió por muchas partes y en la mayoría de ellas por dichas aberturas ha arrojado unas arenas azufradas*". En toda la zona afectada de la vega del Bajo Segura el terreno ondeaba como el mar, seguramente como consecuencia de los procesos de licuefacción. De Prado (1863), añade la información que en muchos campos recientemente arados el terreno quedo igualado sin distinguirse los surcos tras el terremoto como si lo hubiesen enrasado. En el término de Benejúzar algunos de los respiraderos más pequeños arrojaron pequeñas piedras negras y algunos bancales próximos al río estaban llenos de tarquín y arena. Los procesos de licuefacción en esta localidad afectaron a una superficie de 16 Tahúllas (x1.118 m²), unas 1,79 hectáreas aprox.

Interpretación: Proceso de licuefacción generalizada acompañado por relevantes procesos de lateral spreading (colapso lateral) de márgenes de cauces y acequias. Los craterlets o volcanes de arena por los que se arrojaron arenas de diferentes clases, lodos y aguas saladas se cegaron al poco tiempo en la mayor parte de los casos. La eyección de arenas y aguas salobres o sulfatadas debieron de proceder del acuífero inferior de la vega (de carácter surgente) que se localiza a una profundidad de entre 2 y 5 m en la zona afectada (Delgado *et al.*, 1998). La ondulación del terreno es signo de licuefacción generalizada en niveles superficiales. Las grietas más importantes en la zona de Almoradí serían subparalelas a la dirección del antiguo paleocanal (N60-70 E) y seguramente se abrieran hacia el NE por donde corría la antigua acequia principal (Acequia Vieja) que bordeaba la población.

Cuantificación: La zona afectada por eyecciones de agua y sedimentos de 17.888 m² en esta localidad. Los craterlets (bocas) por los que se expulsó materiales de hasta 10 cm, aunque las acumulaciones de arena resultantes (volcanes de arena) debieron de sobrepasar los 5 m de diámetro o extensión lateral de acuerdo a la extensa área afectada. Grietas de grandes dimensiones preferentemente paralelas a las acequias y cauces existentes, los cuales quedaron desdibujados y causaron graves daños en el puente que existía en esa localidad. Las dimensiones y fundamentalmente la frecuencia y el área afectada por los procesos de licuefacción y lateral spreading en esta localidad indican una intensidad mínima X ESI-07 para la cual estos procesos ya son muy frecuentes en llanuras aluviales o costeras con niveles freáticos someros, como es el caso. Esta intensidad mínima concuerda con la intensidad IX-X EMS registrada en la población la cual quedó totalmente asolada (388 viviendas destruidas) y hubo de ser reconstruida.



Imagen del pequeño mapa anexo al informe "Relación sucinta de las desgracias. que han causado en Orihuela", Publicado en Barcelona, 1829 (Anónimo).



Imagen aérea de la población de Almoradí del vuelo de 1929 de Ruiz de Alda. http://almoradi1829.blogspot.com.es/

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	X	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Larramendi, M.J. (1829): Memoria, relación de circunstancias y estado general de pérdidas causadas por la terrible catástrofe de los terremotos de 21 de marzo y siguientes han causado en Torrevieja y Gobernación de Orihuela. Imprenta Real, 1829, Madrid.
Prado, C. De, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.
Delgado, J. *et al.* (1998): Liquefaction potential in the Lower Segura river basin (southeast Spain). Engineering Geology 49, 61-79.
Rodríguez de La Torre, F. (1984): Los terremotos alicantinos de 1829. Pub. Instituto de Estudios Alicantinos. Alicante, España. 322 pp.
Tent-Manclús, J.E. (2013): Cambio de la línea de costa en el Bajo Segura (Sur de Alicante) en los últimos 15.000 años. Estudios Geográficos, 74 (275), 683-702.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva Departamento de Geología (USAL); Teresa Bardají Departamento de Geología (UAH); Jorge Cuadrado (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18290321.05.01 *05.01. Benejúzar (Alicante)*	EVENTO	HST18290321 TORREVIEJA. A	EFECTO	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/10

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
05 / Benejúzar	0°50'17.00"O	38° 4'42.00"N	17-18 m	0,33 km²	13,5 km	ESTE	IX-X EMS / 6.7 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura aluvial (Paleocanal-levee)	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	Depresión del Bajo Segura. Extensa llanura aluvial de escasa pendiente situada en la zona a algo menos de 20 m sobre el nivel del mar. Corresponden a antiguas zonas palustres y estuarinas ("*Sinus Ilicitanus*" de época íbero-romana), rellenadas parcialmente por el crecimiento de los antiguos deltas del Vinalopó (Norte) y del Segura (Sur) hasta el Siglo XVIII, en el que tiene lugar la desecación artificial de la zonas palustres más importantes. El entorno de esta localidad es donde se producía la ramificación de los canales de desembocadura del antiguo delta del Segura que continuaban hacia Algorfa (4 km E) y Almoradí (6 km NE) en el Siglo X según modelos paleogeográficos recientes (Tent-Manclús, 2013).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Conglomerados	Sedimentario; Limos y Arenas	Estratificada	Sin Consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno-Pleistoceno	Holoceno - Histórico	< 8 ka BP C^{14}	0,23	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, Ladrillo, Sillería	Casas, Iglesias, Puente	Múltiples, varias, único	Ruina	IX-X EMS / X MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LICUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/10

Descripción: El Informe de Larramendi (1829) cita que a lo largo de toda la vega del Segura se abrieron millares de agujeros, bocas o respiraderos como de tres o cuatro pulgadas (7 – 10 cm) de diámetro y grietas en diferentes direcciones. Estas se abrieron regularmente hacia las acequias o el cauce del río, cediendo el terreno por la parte menos resistente al tiempo de levantarse la tierra. Se indica que los fluidos arrojados por algunos de estos respiraderos eran fétidos y nocivos para a la vegetación, matando muchas moreras, olivos, trigo y otras plantas por su acción; observándose que sólo resistía la caña o el carrizo. El informe de Larramendi (1829) indica explícitamente que en toda la zona afectada de la vega del Bajo Segura el terreno ondeaba como el mar, seguramente como consecuencia de los procesos de licuefacción. Del Prado (1863), añade la información que en muchos campos recientemente arados el terreno quedo igualado sin distinguirse los surcos tras el terremoto como si lo hubiesen enrasado. En el término de Benejúzar algunos de los respiraderos más pequeños arrojaron pequeñas piedras negras y algunos bancales próximos al río estaban llenos de tarquín y arena. Los procesos de licuefacción en esta localidad afectaron a una superficie de 29,5 Tahúllas (x1.118 m2), unas 3,3 hectáreas. Las grietas y colapso de las márgenes del Segura en esta localidad desdibujaron su cauce.

Interpretación: Proceso de licuefacción generalizada acompañado por relevantes procesos de lateral spreading (colapso lateral) de márgenes de cauces y acequias. Los craterlets o volcanes de arena por los que se arrojaron arenas de diferentes clases, lodos y aguas saladas se cegaron al poco tiempo en la mayor parte de los casos. La eyección de arenas y aguas salobres o sulfatadas, debieron de proceder del acuífero inferior de la vega (de carácter surgente) que se localiza a una profundidad de entre 2 y 5 m en la zona afectada (Delgado *et al.*, 1998). La ondulación del terreno es signo de licuefacción generalizada en niveles superficiales. Las grietas más importantes se abrieron subparalelas al cauce del río de dirección N80-100 E.

Cuantificación: La zona afectada por eyecciones de agua y sedimentos de 33.000 m² en esta localidad. Los craterlets (bocas) por las que se expulsó materiales de hasta 10 cm, aunque las acumulaciones de arena resultantes (volcanes de arena) debieron de sobrepasar los 5 m de diámetro o extensión lateral de acuerdo a la extensa área afectada. Grietas de grandes dimensiones preferentemente paralelas a las acequias y cauces existentes, los cuales quedaron desdibujados y causaron la destrucción del puente que existía en esa localidad. Por las descripciones, los colapsos del terreno debieron de sobrepasar la escala métrica (> 1-2 m). Las dimensiones y fundamentalmente la frecuencia y el área afectada por los procesos de licuefacción y lateral spreading en esta localidad indican una intensidad mínima X ESI-07 para la cual estos procesos ya son muy frecuentes en llanuras aluviales o costeras con niveles freáticos someros, como es el caso. Esta intensidad mínima concuerda con la intensidad IX-X EMS registrada en la población la cual quedó totalmente asolada (257 viviendas destruidas) y hubo de ser reconstruida en la margen derecha del Segura aprovechando una zona de caseríos que no fueron totalmente destruidos.



Imagen del informe "Relación sucinta de las desgracias que han causado en Orihuela" Publicado en Barcelona, 1829



Imagen aérea de la población de Benejúzar tras su reconstrucción. Vuelo de 1929 de Ruiz de Alda.
http://almoradi1829.blogspot.com.es/

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	X	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Larramendi, M.J. (1829): Memoria, relación de circunstancias y estado general de pérdidas causadas por la terrible catástrofe de los terremotos de 21 de marzo y siguientes han causado en Torrevieja y Gobernación de Orihuela. Imprenta Real, 1829, Madrid.
Prado, C. De, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.
Delgado, J. *et al.* (1998): Liquefaction potential in the Lower Segura river basin (southeast Spain). Engineering Geology 49, 61-79.
Rodríguez de La Torre, F. (1984): Los terremotos alicantinos de 1829. Pub. Instituto de Estudios Alicantinos. Alicante, España. 322 pp.
Tent-Manclús, J.E. (2013): Cambio de la línea de costa en el Bajo Segura (Sur de Alicante) en los últimos 15.000 años. Estudios Geográficos, 74 (275), 683-702.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva Departamento de Geología (USAL); Teresa Bardají Departamento de Geología (UAH); Jorge Cuadrado (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18290321.06.01 *06.01. Benferrí (Alicante)*	EVENTO	HST18290321 TORREVIEJA. A	EFECTO	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
06 / Benferrí	0°57'42.96"O	38° 8'31.07"N	55 m	c. 0,2 ha	25 km	ESTE-SURESTE	IX-X EMS / 6.6 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Abanico Aluvial (Canales de Rambla)	Pendiente del terreno	Muy suave (2 - 5%)
Descripción Geológica	Benferrí se sitúa al Norte de la Sierra de Orihuela, en las proximidades del relieve metamórfico de La Cruz, sobre un abanico aluvial Holoceno de escasa pendiente en su zona distal construido por la Rambla de Abanilla. El núcleo de la población se sitúa sobre canales distribuidores del Abanico. El abanico converge con la extensa llanura aluvial del Bajo Segura, situándose en su límite occidental, pero ya en la zona interior litoral de la zona pantanosa del antiguo "*Sinus Ilicitanus*" de época Íbero-Romano (Tent-Manclús, 2013).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Conglomerados	Sedimentario; Arenas y Gravas	Estratificada	Sin Consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno-Pleistoceno	Holoceno - Histórico	< 8 ka BP C^{14}	0,21	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, Ladrillo	Casas	Algunas	Moderado	Sin datos EMS/ VIII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LICUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/8

Descripción: El Informe de Larramendi (1829) cita que a lo largo de toda la vega del Segura se abrieron millares de agujeros, bocas o respiraderos como de tres o cuatro pulgadas (7 – 10 cm) de diámetro y grietas en diferentes direcciones. Benferrí aparece agrupado en el estado general de pérdidas de Larramendi (1829) junto con las localidades de Albatera, Catral, Cox, Elche, Granja de Rocamora, Molins y Redován como afectado por procesos de licuefacción asignándoles un total al conjunto de 17 Tahúllas. Como en los demás casos los procesos estuvieron ligados en su mayoría a la apertura de grietas en el terreno. Los procesos de licuefacción en esta localidad no serían muy importantes afectando a una superficie quizá en torno a las 2 Tahúllas (c. 2.200 m²) o inferior.

Interpretación: Proceso de licuefacción generalizada acompañado por procesos de lateral spreading (colapso lateral) de márgenes de cauces y acequias. Los craterlets o volcanes de arena por los que se arrojaron arenas de diferentes clases, lodos y aguas saladas se cegaron al poco tiempo en la mayor parte de los casos. La eyección de arenas y aguas salobres o sulfatadas, debieron de proceder del acuífero inferior de la vega (de carácter surgente) que se localiza a una profundidad de entre 2 y 5 m en la zona afectada (Delgado *et al*., 1998). En Benferrí, los procesos de licuefacción se producirían a favor de los márgenes de la rambla de Abanilla, de dirección N90E, o de los diferentes ramales de ramblas y acequias que atraviesan la localidad en la misma dirección.

Cuantificación: La zona afectada por eyecciones de agua y sedimentos se puede evaluar como alrededor de 2.200 m². Por su distancia epicentral (25 km), los craterlets (bocas) por los que se expulsó los materiales debieron de ser de menores dimensiones, de unos 6-7 cm, y las acumulaciones de arena resultantes (volcanes de arena) no debieron de sobrepasar los 5 m de extensión lateral de acuerdo al área afectada. Las dimensiones y la pequeña área afectada por los procesos de licuefacción en esta localidad indican una intensidad mínima VIII ESI-07 para la cual estos procesos ya son frecuentes en llanuras aluviales o costeras con niveles freáticos someros, como es el caso. Esta intensidad mínima concuerda con la antigua intensidad VIII MSK asignada a esta población, por el contrario no se le asigna intensidad EMS.

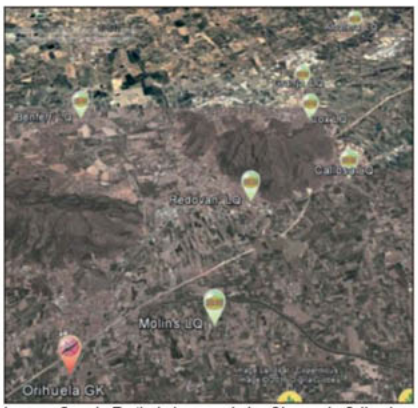


Imagen Google Earth de la zona de las Sierras de Orihuela y Callosa a cuya espalda se sitúa la localidad de Benferrí

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Larramendi, M.J. (1829): Memoria, relación de circunstancias y estado general de pérdidas causadas por la terrible catástrofe de los terremotos de 21 de marzo y siguientes han causado en Torrevieja y Gobernación de Orihuela. Imprenta Real, 1829, Madrid.
Prado, C. De, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.
Delgado, J. *et al.* (1998): Liquefaction potential in the Lower Segura river basin (southeast Spain). Engineering Geology 49, 61-79.
Rodríguez de La Torre, F. (1984): Los terremotos alicantinos de 1829. Pub. Instituto de Estudios Alicantinos. Alicante, España. 322 pp.
Tent-Manclús, J.E. (2013): Cambio de la línea de costa en el Bajo Segura (Sur de Alicante) en los últimos 15.000 años. Estudios Geográficos, 74 (275), 683-702.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva Departamento de Geología (USAL); Teresa Bardají Departamento de Geología (UAH); Jorge Cuadrado (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18290321.07.01 *07.01. Benijófar (Alicante)*	EVENTO	HST18290321 TORREVIEJA. A	EFECTO	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/10

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
07 / Benijófar	0°44'16.63"O	38° 4'50.40"N	25 m	13 ha	4,7 km	ESTE	IX-X EMS / 6.7 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura aluvial (marginal)	Pendiente del terreno	Muy suave (2 - 5%)
Descripción Geológica	Depresión del Bajo Segura. Margen derecha del río Segura en el contacto con los relieves generados sobre los materiales Pliocenos y Pleistocenos en el límite meridional de la Cuenca del Bajo Segura. Se sitúa sobre el flanco norte del anticlinal que genera la Falla del Bajo Segura estando el terreno inclinado suavemente hacia la Depresión. El terreno lo constituyen materiales aluviales del Pleistoceno Superior y Holoceno procedentes de la erosión del relieve del flanco anticlinal. Población muy reciente creada en el Siglo XVIII, aunque existen antecedentes desde finales del Siglo XVI. Hasta principios del Siglo XVIII la población se situaba en la zona litoral del antiguo *"Sinus Ilicitanus"* (Tent-Manclús, 2013).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Conglomerados	Sedimentario; Arenas y Gravas	Estratificada	Sin Consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno-Pleistoceno	Holoceno – Pleistoceno Superior	Sin Datos	0,22	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, Ladrillo	Casas, Iglesias	Múltiples, único	Destructivo	VIII-IX EMS / X MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LICUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/10

Descripción: El Informe de Larramendi (1829) cita que a lo largo de toda la vega del Segura se abrieron millares de agujeros, bocas o respiraderos como de tres o cuatro pulgadas (7 – 10 cm) de diámetro y grietas en diferentes direcciones. Estas se abrieron regularmente hacia las acequias o el cauce del río, cediendo el terreno por la parte menos resistente al tiempo de levantarse la tierra. Se indica que los fluidos arrojados por algunos de estos respiraderos eran fétidos y nocivos para la vegetación, matando muchas moreras, olivos, trigo y otras plantas por su acción; observándose que sólo resistía la caña o el carrizo. El informe de Larramendi (1829) indica explícitamente que en toda la zona afectada de la vega del Bajo Segura el terreno ondeaba como el mar, seguramente como consecuencia de los procesos de licuefacción. En los términos de Rojales, Benijófar y Guardamar, los más próximos al litoral, entre las aguas negras y hediondas que arrojaron las diferentes bocas que se abrieron en el terreno se encontraron muchas pechinas y otras conchas que se crían en el mar (Rodríguez de la Torre, 1984). Los procesos de licuefacción en esta localidad afectaron a una superficie de 117 Tahúllas (x1.118 m²), unas 13,08 hectáreas.

Interpretación: Proceso de licuefacción generalizada acompañado por relevantes procesos de lateral spreading (colapso lateral) de márgenes de cauces y acequias. Los craterlets o volcanes de arena por los que se arrojaron arenas de diferentes clases, lodos y aguas saladas se cegaron al poco tiempo en la mayor parte de los casos. La eyección de arenas y aguas salobres o sulfatadas, debieron de proceder del acuífero inferior de la vega (de carácter surgente) que se localiza a una profundidad de entre 2 y 5 m en la zona afectada (Delgado *et al.*, 1998). En esta zona los materiales licuefactados eran de origen marino-litoral que se encuentran a profundidades de 5-10 m en esta área (Alfaro *et al.* 2003). Las grietas más importantes se abrieron subparalelas al cauce del río de dirección N80-100 E y los procesos de licuefacción más importantes se debieron registrar en la parte baja y la vega de esta localidad que dista unos 500 m del cauce del río Segura y no en la población propiamente dicha.

Cuantificación: La zona afectada por eyecciones de agua y sedimentos alcanza las 13 hectáreas en esta localidad. Los craterlets (bocas) por los que se expulsó los materiales de hasta 10 cm, aunque las acumulaciones de arena resultantes (volcanes de arena) debieron de sobrepasar los 5 m de diámetro o extensión lateral de acuerdo a la extensa área afectada. Grietas de grandes dimensiones preferentemente paralelas a las acequias y cauces existentes, los cuales quedaron desdibujados y causaron la destrucción del puente que existía en esa localidad. Por las descripciones los colapsos del terreno debieron de sobrepasar la escala métrica (> 1-2 m). Las dimensiones y el área afectada por los procesos de licuefacción y lateral spreading en esta localidad indican una intensidad mínima X ESI-07 para la cual estos procesos ya son muy frecuentes en llanuras aluviales o costeras con niveles freáticos someros, como es el caso. Esta intensidad mínima concuerda con el límite superior de la intensidad VIII-IX EMS asignada a la población la cual quedó gravemente afectada con 71 viviendas destruidas (Larramendi, 1829).



Imagen Google Earth de la población de Benijófar mostrando su proximidad al cauce del Segura y su posición sobre la línea de falla del Bajo Segura (línea roja).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	X	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Larramendi, M.J. (1829): Memoria, relación de circunstancias y estado general de pérdidas causadas por la terrible catástrofe de los terremotos de 21 de marzo y siguientes han causado en Torrevieja y Gobernación de Orihuela. Imprenta Real, 1829, Madrid.

Delgado, J. *et al.* (1998): Liquefaction potential in the Lower Segura river basin (southeast Spain). Engineering Geology 49, 61-79.

Tent-Manclús, J.E. (2013): Cambio de la línea de costa en el Bajo Segura (Sur de Alicante) en los últimos 15.000 años. Estudios Geográficos, 74 (275), 683-702.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva Departamento de Geología (USAL); Teresa Bardají Departamento de Geología (UAH); Jorge Cuadrado (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18290321.08.01 *08.01. Cabo Cervera (Alicante)*	EVENTO	HST18290321 TORREVIEJA. A	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/10

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
08 / Cabo Cervera. A	0°38'54,33"O	38°0'7,55"N	0 m	0 km²	12 km	NORTE	X EMS / 6.6 -6.8 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Zona Litoral (Acantilada)	Pendiente del terreno	Acantilado
Descripción Geológica	Zona Litoral de Torrevieja, desde esta localidad a Torrelamata (La Mata) en Cabo Cervera. Pequeño acantilado rocoso (c. 2 m de altura) desarrollado sobre niveles marinos tirrenienses (Último Interglaciar) que se apoya en el sustrato de materiales marinos Pleistocenos (calcarenitas) de la zona, que aparece deformado en la pequeña plataforma de abrasión que se desarrolla al pie del acantilado.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Areniscas y Conglomerados	Areniscas y Conglomerados	Estratificado	Consolidado	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pleistoceno Superior	Pleistoceno Superior	Sin Datos	0,20	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería	Casas, Iglesia	Múltiples, única	Ruina	IX-X EMS / X MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto secundario	Tipo de Efecto ESI-07	RUPTURA SUPERFICIAL: GK/10

Descripción: Casiano Del Prado (1863) informa que el terreno se elevó permanentemente un palmo en la zona del puerto (c. 20 cm), dato que le proporcionaron los pescadores de la zona, indicando que tal variación relativa del nivel del mar (elevación de la costa) se marcaba en el litoral a lo largo de 4 km desde Torrevieja a hasta Cabo Cervera en dirección (NNE), donde precisamente Larramendi indica que se abrió la fractura del Terreno más grande, probablemente de escala decamétrica o mayor y con desplazamiento centimétrico. Tal elevación centimétrica (un palmo) del terreno también se observó en las salinas adyacentes a Torrevieja donde, durante las labores de extracción de la sal en junio de 1829 (3 meses después del terremoto), los obreros que andaban en las labores de extracción en el interior del agua reconocieron esta disminución relativa de la profundidad de la misma.

Interpretación: La elevación del terreno puede estar relacionada con el movimiento inverso de la Falla del Bajo Segura que según algunos autores (Alfaro *et al*., 2012) fue la fuente sismogenética, ya que la zona levantada abarca el bloque levantado del mencionado accidente tectónico. Esta elevación pudo extenderse desde la desembocadura del Segura hasta el Sur de las Salinas de Torrevieja abarcando unos 15 km, pero dado los materiales no consolidados de las zonas norte y sur (playas) el fenómeno de elevación sería difícil que se registrase y conservase posteriormente como ocurrió en la zona del acantilado rocoso. Tan solo en la Torre de la Mata situada sobre un pequeño promontorio sobre materiales similares a los de Cabo Cervera podría verse este hecho. La torre quedó muy dañada observándose agrietamientos en las fotos anteriores a su restauración en 1982. Aunque las observaciones son puntuales, la elevación permanente del terreno pudo afectar a decenas de kilómetros cuadrados a lo largo de toda la margen derecha (Sur) del río Segura. La gran grieta que documenta Larramendi podría tratarse de una fractura de tensión en los materiales más cementados del sector litoral en respuesta al fenómeno de elevación en el bloque levantado de la falla donde se encuentra. Dada la ausencia de datos sobre la gran grieta de Larramendi (1829), la cuantificación se realiza en función de la cantidad de elevación cosísmica y del sector litoral que probablemente afectó, que son efectos primarios.

Cuantificación: Elevación tectónica permanente del terreno de c. 20 cm a lo largo de 4 km. Estos procesos de elevación-subsidencia del terreno inferiores a un metro indican una intensidad mínima de IX grados ESI-07. No obstante, teniendo en cuenta que esta elevación pudo afectar a un segmento costero de unos 15 km de longitud la intensidad más probable sería de X ESI-07.



Vista del acantilado y la plataforma litoral en la zona de Cabo Cervera. En la actualidad no se observa la grieta documentada por Larramendi.



Torre de la Mata (antes de su restauración) se sitúa en un pequeño promontorio rocoso a apenas unos 2 km de Cabo Cervera. Quedó en estado de ruina tras el terremoto.
http://guiacastillosalicante.blogspot.com.es

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	X	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Larramendi, M.J. (1829): Memoria, relación de circunstancias y estado general de pérdidas causadas por la terrible catástrofe de los terremotos de 21 de marzo y siguientes han causado en Torrevieja y Gobernación de Orihuela. Imprenta Real, 1829, Madrid.
Prado, C. De, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva Departamento de Geología (USAL); Teresa Bardají Departamento de Geología (UAH); Jorge Cuadrado (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18290321.09.01 *09.01. Callosa del Segura (Alicante)*	EVENTO	HST18290321 TORREVIEJA. A	EFECTO	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/9

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
09 / Callosa del Segura	0°52'35.69"O	38°7'15.09"N	15-17 m	308,68 ha	17,5 km	SUR-SURESTE	IX-X EMS / 6.7 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Abanico Aluvial	Pendiente del terreno	Muy suave (2 - 5%)
Descripción Geológica	Callosa se sitúa en la vertiente Este de la Sierra de Callosa, sobre un abanico aluvial Holoceno de escasa pendiente en su zona distal. El abanico converge con la extensa llanura aluvial del Bajo Segura, situándose en su límite occidental. En época romana (Siglo I AD), la Sierra de Callosa se mantenía como una isla en la zona más interior del "*Sinus Ilicitanus*" adyacente al antiguo delta del río Segura. A partir del 500 AD el crecimiento del delta la incorpora progresivamente a su llanura deltaica, manteniéndose en la costa de la antigua zona estuarina hasta aproximadamente el año 1000 AD (Tent-Manclús, 2013).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Conglomerados	Sedimentario; Arenas y Gravas	Estratificada	Sin Consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno-Pleistoceno	Holoceno - Histórico	< 8 ka BP C^{14}	0,22	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, Sillería, Ladrillo,	Casas, Molinos, Iglesias	Múltiples, varios, única	Destructivo	VIII EMS / IX MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LICUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/9

Descripción: El Informe de Larramendi (1829) cita que a lo largo de toda la vega del Segura se abrieron millares de agujeros, bocas o respiraderos como de tres o cuatro pulgadas (7 – 10 cm) de diámetro y grietas en diferentes direcciones. Estas se abrieron regularmente hacia las acequias o el cauce del río, cediendo el terreno por la parte menos resistente al tiempo de levantarse la tierra. Se indica que los fluidos arrojados por algunos de estos respiraderos eran fétidos y nocivos para a la vegetación, matando muchas moreras, olivos, trigo y otras plantas por su acción; observándose que sólo resistía la caña o el carrizo. Los procesos de licuefacción en esta localidad fueron muy importantes, afectaron a una extensa superficie de 2.761 Tahúllas (x1.118 m2), unas 308 hectáreas.

Interpretación: Proceso de licuefacción generalizada acompañado por relevantes procesos de lateral spreading (colapso lateral) de márgenes de cauces y acequias. Los craterlets o volcanes de arena por los que se arrojaron arenas de diferentes clases, lodos y aguas saladas se cegaron al poco tiempo en la mayor parte de los casos. La eyección de arenas y aguas salobres o sulfatadas debieron de proceder del acuífero inferior de la vega (de carácter surgente) que se localiza a una profundidad de entre 2 y 5 m en la zona afectada (Delgado *et al*., 1998). La ondulación del terreno es signo de licuefacción generalizada en niveles superficiales. En Callosa, los procesos de licuefacción se producirían en la zona baja de la ciudad (zona distal del abanico) y en la extensa huerta que se sitúa entre esta localidad y las de San Bartolomé y El Rafal a unos 3 km de distancia hacia el SE. Las grietas más importantes en esta localidad serían subparalelas a la dirección de las acequias principales en la zona (NS a N45E) que aproximadamente delimitan la antigua zona estuarina pantanosa existente hasta el Siglo X (Tent-Manclús, 2013).

Cuantificación: La zona afectada por eyecciones de agua y sedimentos de 308 ha (3,087 km²) en esta localidad, suponiendo un 12% de su superficie y un 37% de la superficie total afectada por procesos de licuefacción en la zona (Rodríguez de la Torre, 1984). Los craterlets (bocas) por los que se expulsó los materiales de hasta 10 cm, aunque las acumulaciones de arena resultantes (volcanes de arena) debieron de sobrepasar los 5 m de diámetro o extensión lateral de acuerdo a la extensa área afectada. Grietas de grandes dimensiones preferentemente paralelas a las acequias principales que rodean Callosa por el Este con dirección N40 – 45E. Las dimensiones y la extensa área afectada por los procesos de licuefacción en esta localidad indican una intensidad mínima IX ESI-07 para la cual estos procesos ya son muy frecuentes en llanuras aluviales o costeras con niveles freáticos someros, como es el caso. Esta intensidad mínima concuerda con la antigua intensidad de IX MSK asignada a esta población y superior a la VIII EMS. En Callosa 32 casas fueron destruidas y un total de 274 más sufrieron graves daños (Larramendi, 1829).

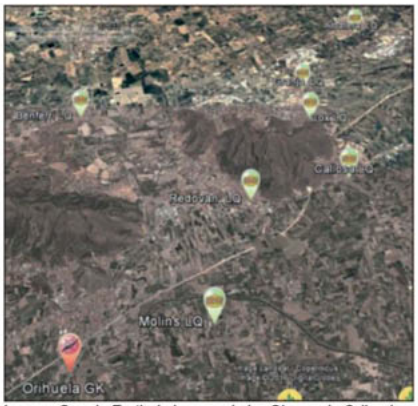


Imagen Google Earth de la zona de las Sierras de Orihuela y Callosa donde se sitúa la localidad de Callosa del Segura.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Larramendi, M.J. (1829): Memoria, relación de circunstancias y estado general de pérdidas causadas por la terrible catástrofe de los terremotos de 21 de marzo y siguientes han causado en Torrevieja y Gobernación de Orihuela. Imprenta Real, 1829, Madrid.
Prado, C. De, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.
Delgado, J. *et al*. (1998): Liquefaction potential in the Lower Segura river basin (southeast Spain). Engineering Geology 49, 61-79.
Rodríguez de La Torre, F. (1984): Los terremotos alicantinos de 1829. Pub. Instituto de Estudios Alicantinos. Alicante, España. 322 pp.
Tent-Manclús, J.E. (2013): Cambio de la línea de costa en el Bajo Segura (Sur de Alicante) en los últimos 15.000 años. Estudios Geográficos, 74 (275), 683-702.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva Departamento de Geología (USAL); Teresa Bardají Departamento de Geología (UAH); Jorge Cuadrado (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18290321.10.01 *10.01. Catral (Alicante)*	EVENTO	HST18290321 TORREVIEJA. A	EFECTO	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
10 / Catral	0°48'13.25"O	38°9'36.40"N	12 m	c. 0,2 ha	13,6 km	SURESTE	IX-X EMS / 6.6 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura aluvial (Paleocanal-levee)	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	Depresión del Bajo Segura. Extensa llanura aluvial de escasa pendiente situada en la zona alrededor de 10-12 m sobre el nivel del mar. Corresponden a antiguas zonas palustres y estuarinas (*"Sinus Ilicitanus"* de época ibero-romana), rellenadas parcialmente por el crecimiento de los antiguos deltas del Vinalopó (Norte) y del Segura (Sur) hasta el Siglo XVIII, en el que tiene lugar la desecación artificial de la zonas palustres más importantes. Esta localidad se sitúa sobre un paleocanal (NE-SO) del antiguo delta del Segura que se desarrolló entre los Siglos I y X según modelos paleogeográficos recientes (Tent-Manclús, 2013). Catral corresponde a la zona de desembocadura del delta Ibero-Romano. En Época Árabe el antiguo canal fluvial había sido reconvertido en acequia mayor.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Conglomerados	Sedimentario; Limos y Arenas	Estratificada	Sin Consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno-Pleistoceno	Holoceno - Histórico	< 8 ka BP C^{14}	0,21	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, Ladrillo	Casas	Algunas	Moderado	VI-VII EMS/ IX MSK (Zona)

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LICUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/8

Descripción: El Informe de Larramendi (1829) cita que a lo largo de toda la vega del Segura se abrieron millares de agujeros, bocas o respiraderos como de tres o cuatro pulgadas (7 – 10 cm) de diámetro y grietas en diferentes direcciones. Catral aparece agrupado en el estado general de pérdidas de Larramendi (1829) junto con las localidades de Albatera, Benferrí, Cox, Elche, Granja de Rocamora, Molins y Redován como afectado por procesos de licuefacción asignándoles un total al conjunto de 17 Tahúllas. Como en los demás casos, los procesos estuvieron ligados en su mayoría a la apertura de grietas en el terreno. Los procesos de licuefacción en esta localidad no serían muy importantes afectando a una superficie quizá en torno a las 2 Tahúllas (c. 2.200 m²).

Interpretación: Proceso de licuefacción generalizada acompañado por procesos de lateral spreading (colapso lateral) de márgenes de cauces y acequias. Los craterlets o volcanes de arena por los que se arrojaron arenas de diferentes clases, lodos y aguas saladas se cegaron al poco tiempo en la mayor parte de los casos. La eyección de arenas y aguas salobres o sulfatadas debieron de proceder del acuífero inferior de la vega (de carácter surgente) que se localiza a una profundidad de entre 2 y 5 m en la zona afectada (Delgado *et al.*, 1998). En el entorno de Catral se produciría la desembocadura de uno de los canales del antiguo delta del Segura alrededor del Siglo X, estando próximo a la zona litoral estuarina en época Musulmana (Tent-Manclús, 2013). Los últimos terrenos se ganaron a la zona estuarina en el Siglo XVIII mediante los trabajos de desecación de las zonas pantanosas adyacentes impulsados por el Cardenal Belluga. Los procesos de licuefacción y grietas más importantes, serían subparalelas a la dirección de las acequias principales en la zona (ENE-OSO). Fue una de las localidades de su zona que quizá por condiciones geológicas locales (más arcilloso) no sufrió daños relevantes (Rodríguez de La Torre, 1984).

Cuantificación: La zona afectada por eyecciones de agua y sedimentos, se puede evaluar como alrededor de 2.200 m². Por su distancia epicentral (13 km), los craterlets (bocas) por los que se expulsó los materiales debieron de ser de menores dimensiones, de unos 6-7 cm, y las acumulaciones de arena resultantes (volcanes de arena) no debieron de sobrepasar los 3 m de extensión lateral de acuerdo al área afectada. Las dimensiones y la pequeña área afectada por los procesos de licuefacción en esta localidad indican una intensidad mínima VIII ESI-07 para la cual estos procesos pueden ocurrir en llanuras aluviales o costeras con niveles freáticos someros, como es el caso. Esta intensidad mínima concuerda con la antigua intensidad VII MSK asignada a esta población, y en el rango de la intensidad VI-VII EMS reevaluada posteriormente.



Imagen aérea de la población de Catral correspondiente al vuelo de 1929 de Ruiz de Alda. Obsérvese las pequeñas dimensiones del núcleo de población incluso a principios del Siglo XX. http://almoradi1829.blogspot.com.es/

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Larramendi, M.J. (1829): Memoria, relación de circunstancias y estado general de pérdidas causadas por la terrible catástrofe de los terremotos de 21 de marzo y siguientes han causado en Torrevieja y Gobernación de Orihuela. Imprenta Real, 1829, Madrid.
Delgado, J. *et al.* (1998): Liquefaction potential in the Lower Segura river basin (southeast Spain). Engineering Geology 49, 61-79.
Rodríguez de La Torre, F. (1984): Los terremotos alicantinos de 1829. Pub. Instituto de Estudios Alicantinos. Alicante, España. 322 pp.
Tent-Manclús, J.E. (2013): Cambio de la línea de costa en el Bajo Segura (Sur de Alicante) en los últimos 15.000 años. Estudios Geográficos, 74 (275), 683-702.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva Departamento de Geología (USAL); Teresa Bardají Departamento de Geología (UAH); Jorge Cuadrado (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18290321.11.01 *11.01. Cox (Alicante)*	EVENTO	HST18290321 TORREVIEJA. A	EFECTO	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
11 / Cox	0°53'14.16"O	38° 8'28.16"N	20 m	c. 0,2 ha	19 km	ESTE-SURESTE	IX-X EMS / 6.6 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Abanico Aluvial	Pendiente del terreno	Muy suave (2 - 5%)
Descripción Geológica	Cox se sitúa al pie del relieve metamórfico de la Sierra de Callosa, sobre un abanico aluvial Holoceno de escasa pendiente en su zona distal construido por las ramblas de la vertiente norte de la Sierra. El abanico converge con la extensa llanura aluvial del Bajo Segura, situándose en su límite occidental, a lo largo de la zona litoral pantanosa del antiguo *"Sinus Ilicitanus"* desde el 500 AD al 1000 AD (Tent-Manclús, 2013). En época romana, la Sierra de Callosa se mantenía como una "isla" en la zona interior pantanosa de la antigua zona estuarina del Bajo Segura al abrigo del crecimiento de los deltas del Segura (Sur) y Vinalopó (Norte).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Conglomerados	Sedimentario; Limos y Arenas	Estratificada	Sin Consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno-Pleistoceno	Holoceno - Histórico	< 8 ka BP C^{14}	0,21	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, Ladrillo,	Casas	Algunas	Moderado	VI EMS/ VIII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LICUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/8

Descripción: El Informe de Larramendi (1829) cita que a lo largo de toda la vega del Segura se abrieron millares de agujeros, bocas o respiraderos como de tres o cuatro pulgadas (7 – 10 cm) de diámetro y grietas en diferentes direcciones. Cox aparece agrupado en el estado general de pérdidas de Larramendi (1829) junto con las localidades de Albatera, Benferrí, Catral, Elche, Granja de Rocamora, Molins y Redován como afectado por procesos de licuefacción asignándoles un total al conjunto de 17 Tahúllas. Como en los demás casos, los procesos estuvieron ligados en su mayoría a la apertura de grietas en el terreno. Los procesos de licuefacción en esta localidad no serían muy importantes afectando a una superficie quizá en torno a las 2 Tahúllas (c. 2.200 m²) o algo superior.

Interpretación: Proceso de licuefacción generalizada acompañado por procesos de lateral spreading (colapso lateral) de márgenes de cauces y acequias. Los craterlets o volcanes de arena por los que se arrojaron arenas de diferentes clases, lodos y aguas saladas se cegaron al poco tiempo en la mayor parte de los casos. La eyección de arenas y aguas salobres o sulfatadas debieron de proceder del acuífero inferior de la vega (de carácter surgente) que se localiza a una profundidad de entre 2 y 5 m en la zona afectada (Delgado *et al.*, 1998). En Cox, Granja de Rocamora y Albatera, los procesos de licuefacción y grietas más importantes, serían subparalelas a la dirección de las acequias principales en la zona (N-S) que, como en Callosa de Segura, aproximadamente delimitan la antigua zona estuarina pantanosa existente hasta el Siglo X (Tent-Manclús, 2013).

Cuantificación: La zona afectada por eyecciones de agua y sedimentos se puede evaluar como alrededor de 2.200 m². Por su distancia epicentral (19 km), los craterlets (bocas) por los que se expulsó los materiales debieron de ser de menores dimensiones, de unos 6-7 cm, y las acumulaciones de arena resultantes (volcanes de arena) no debieron de sobrepasar los 5 m de extensión lateral de acuerdo al área afectada. Las dimensiones y la pequeña área afectada por los procesos de licuefacción en esta localidad indican una intensidad mínima VIII ESI-07 para la cual estos procesos ya son frecuentes en llanuras aluviales o costeras con niveles freáticos someros, como es el caso. Esta intensidad mínima concuerda con la antigua intensidad VIII MSK asignada a esta población, pero es superior a la intensidad VI EMS reevaluada posteriormente.



Imagen Google Earth de la localidad de Cox, situada al pie de la Sierra de Callosa del Segura.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Larramendi, M.J. (1829): Memoria, relación de circunstancias y estado general de pérdidas causadas por la terrible catástrofe de los terremotos de 21 de marzo y siguientes han causado en Torrevieja y Gobernación de Orihuela. Imprenta Real, 1829, Madrid.
Prado, C. De, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.
Delgado, J. *et al.* (1998): Liquefaction potential in the Lower Segura river basin (southeast Spain). Engineering Geology 49, 61-79.
Rodríguez de La Torre, F. (1984): Los terremotos alicantinos de 1829. Pub. Instituto de Estudios Alicantinos. Alicante, España. 322 pp.
Tent-Manclús, J.E. (2013): Cambio de la línea de costa en el Bajo Segura (Sur de Alicante) en los últimos 15.000 años. Estudios Geográficos, 74 (275), 683-702.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva Departamento de Geología (USAL); Teresa Bardají Departamento de Geología (UAH); Jorge Cuadrado (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18290321.12.01 *12.01. Daya Nueva (Alicante)*	EVENTO	HST18290321 TORREVIEJA. A	EFECTO	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/10

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
12 / Daya Nueva	0°45'39.97"O	38°6'49.93"N	10 m	0,33 ha	7,6 km	SURESTE	IX-X EMS / 6.7 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura aluvial (Paleocanal-levé)	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	Depresión del Bajo Segura. Extensa llanura aluvial de escasa pendiente situada en esta zona a unos 10 m sobre el nivel del mar. Corresponde a antiguas zonas palustres y estuarinas (*"Sinus Ilicitanus"* de época ibero-romana), desecadas artificialmente a partir del Siglo XVIII. Daya Nueva se sitúa en la margen izquierda del Segura, bastante distante del río, pero sobre un antiguo de un paleocanal (levee) del Segura que se eleva unos 3m sobre la llanura aluvial. Este paleocanal procede del entorno de la antigua Benejúzar y se continúa formando un arco por Almoradí, Daya Nueva, Daya Vieja hasta las inmediaciones de Rojales a lo largo de unos 11 km desarrollado entre los años 100 a 500 AD (Tent-Manclús, 2013).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Conglomerados	Sedimentario; Limos y Arenas	Estratificada	Sin Consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno-Pleistoceno	Holoceno - Histórico	< 8 ka BP C^{14}	0,22	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, Ladrillo, Sillería	Casas, Iglesias, Molinos	Múltiples, única, varios	Ruina	IX EMS / X MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LICUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/10

Descripción: El Informe de Larramendi (1829) cita que a lo largo de toda la vega del Segura se abrieron millares de agujeros, bocas o respiraderos como de tres o cuatro pulgadas (7 – 10 cm) de diámetro y grietas en diferentes direcciones. Estas se abrieron regularmente hacia las acequias o el cauce del río, cediendo el terreno por la parte menos resistente al tiempo de levantarse la tierra. Se indica que los fluidos arrojados por algunos de estos respiraderos eran fétidos y nocivos para a la vegetación, matando muchas moreras, olivos, trigo y otras plantas por su acción. En toda la zona afectada de la vega del Bajo Segura el terreno ondeaba como el mar, seguramente como consecuencia de los procesos de licuefacción. Del Prado (1863), añade la información que en muchos campos recientemente arados el terreno quedó igualado sin distinguirse los surcos tras el terremoto como si lo hubiesen enrasado. Los procesos de licuefacción en esta pequeña localidad afectaron a una superficie de 3 Tahúllas (x1.118 m²), unas 0,33 hectáreas.

Interpretación: Proceso de licuefacción generalizada acompañado por relevantes procesos de lateral spreading (colapso lateral) de márgenes de cauces y acequias. Los craterlets o volcanes de arena por los que se arrojaron arenas de diferentes clases, lodos y aguas saladas se cegaron al poco tiempo en la mayor parte de los casos. La eyección de arenas y aguas salobres o sulfatadas debieron de proceder del acuífero inferior de la vega (de carácter surgente) que se localiza a una profundidad de entre 2 y 5 m en la zona afectada (Delgado *et al.*, 1998). La ondulación del terreno es signo de licuefacción generalizada en niveles superficiales. Las grietas más importantes en esta zona serían subparalelas a la dirección del antiguo paleocanal (N120 E). La población quedó arruinada con 29 casas destruidas (Larramendi, 1829), tras el terremoto la población se componía de una sola calle con siete casas (Madoz, 1845).

Cuantificación: La zona afectada por eyecciones de agua y sedimentos de 3.354 m² en esta localidad. Los craterlets (bocas) por los que se expulsó los materiales de hasta 10 cm, aunque las acumulaciones de arena resultantes (volcanes de arena) debieron de sobrepasar los 5 m de diámetro o extensión lateral de acuerdo a la extensa área afectada. Grietas de grandes dimensiones preferentemente paralelas a las acequias y cauces existentes. Las dimensiones y fundamentalmente la frecuencia y el área afectada por los procesos de licuefacción y lateral spreading en esta localidad indican una intensidad mínima X ESI-07 para la cual estos procesos ya son muy frecuentes en llanuras aluviales o costeras con niveles freáticos someros, como es el caso. Esta intensidad mínima concuerda con la intensidad IX-X EMS asignada a la población la cual quedó arruinada y tras el terremoto solo se componía de 7 casas (Madoz, 1945).



Imagen aérea de la población de Daya Nueva correspondiente al vuelo de 1929 de Ruiz de Alda. Obsérvese las pequeñas dimensiones del núcleo de población incluso a principios del Siglo XX. Durante el Terremoto de 1829 la localidad quedó completamente destruida. http://almoradi1829.blogspot.com.es/

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	X	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Larramendi, M.J. (1829): Memoria, relación de circunstancias y estado general de pérdidas causadas por la terrible catástrofe de los terremotos de 21 de marzo y siguientes han causado en Torrevieja y Gobernación de Orihuela. Imprenta Real, 1829, Madrid.
Prado, C. De, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.
Delgado, J. *et al.* (1998): Liquefaction potential in the Lower Segura river basin (southeast Spain). Engineering Geology 49, 61-79.
Madoz (1984): Los terremotos alicantinos de 1829. Pub. Instituto de Estudios Alicantinos. Alicante, España. 322 pp.
Tent-Manclús, J.E. (2013): Cambio de la línea de costa en el Bajo Segura (Sur de Alicante) en los últimos 15.000 años. Estudios Geográficos, 74 (275), 683-702.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva Departamento de Geología (USAL); Teresa Bardají Departamento de Geología (UAH); Jorge Cuadrado (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18290321.13.01 *13.01. Daya Vieja (Alicante)*	EVENTO	HST18290321 TORREVIEJA. A	EFECTO	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/10

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
13 / Daya Vieja	0°44'17.95"O	38°6'16.98"N	6-7 m	40 ha	5,3 km	SURESTE	IX-X EMS / 6.7 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura aluvial (Paleocanal-levee)	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	Depresión del Bajo Segura. Extensa llanura aluvial de escasa pendiente situada en esta zona a unos 6-7 m sobre el nivel del mar. Corresponden a antiguas zonas palustres y estuarinas (*"Sinus Ilicitanus"* de época ibero-romana), desecadas artificialmente a partir del Siglo XVIII. Daya Vieja se sitúa en la margen izquierda del Segura, bastante distante del río, pero sobre un antiguo paleocanal (levee) del Segura que se eleva unos 3m sobre la llanura aluvial. Este paleocanal procede del entorno de la antigua Benejúzar y se continúa formando un arco por Almoradí, Daya Nueva, Daya Vieja hasta las inmediaciones de Rojales a lo largo de unos 11 km desarrollado entre los años 100 a 500 AD (Tent-Manclús, 2013).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Conglomerados	Sedimentario; Limos y Arenas	Estratificada	Sin Consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475} IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno-Pleistoceno	Holoceno - Histórico	< 8 ka BP C^{14}	0,22	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, Ladrillo	Casas, Iglesias	Múltiples, única	Destructivo	VIII EMS / X MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LICUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/10

Descripción: El Informe de Larramendi (1829) cita que a lo largo de toda la vega del Segura se abrieron millares de agujeros, bocas o respiraderos como de tres o cuatro pulgadas (7 – 10 cm) de diámetro y grietas en diferentes direcciones. Estas se abrieron regularmente hacia las acequias o el cauce del río, cediendo el terreno por la parte menos resistente al tiempo de levantarse la tierra. Se indica que los fluidos arrojados por algunos de estos respiraderos eran fétidos y nocivos para a la vegetación, matando muchas moreras, olivos, trigo y otras plantas por su acción. En toda la zona afectada de la vega del Bajo Segura, el terreno ondeaba como el mar, seguramente como consecuencia de los procesos de licuefacción. Del Prado (1863), añade la información que en muchos campos recientemente arados el terreno quedó igualado sin distinguirse los surcos tras el terremoto como si lo hubiesen enrasado. Los procesos de licuefacción en esta pequeña localidad afectaron a una superficie de 358 Tahúllas (x1.118 m²), unas 40 hectáreas.

Interpretación: Proceso de licuefacción generalizada acompañado por relevantes procesos de lateral spreading (colapso lateral) de márgenes de cauces y acequias. Los craterlets o volcanes de arena por los que se arrojaron arenas de diferentes clases, lodos y aguas saladas se cegaron al poco tiempo en la mayor parte de los casos. La eyección de arenas y aguas salobres o sulfatadas, debieron de proceder del acuífero inferior de la vega (de carácter surgente) que se localiza a una profundidad de entre 2 y 5 m en la zona afectada (Delgado *et al*., 1998). La ondulación del terreno es signo de licuefacción generalizada en niveles superficiales. Las grietas más importantes en esta zona serían subparalelas a la dirección del antiguo paleocanal (N120 E). La población quedó muy dañada con 1 casa destruida y 14 muy dañadas (Larramendi, 1829) tras el terremoto la población se componía de una sola calle con once casas (Madoz, 1845).

Cuantificación: La zona afectada por eyecciones de agua y sedimentos de 40 hectáreas en esta localidad. Los craterlets (bocas) por los que se expulsó los materiales de hasta 10 cm, aunque las acumulaciones de arena resultantes (volcanes de arena) debieron de sobrepasar los 5 m de diámetro o extensión lateral de acuerdo a la extensa área afectada. Grietas de grandes dimensiones preferentemente paralelas a las acequias y cauces existentes. Las dimensiones y el área afectada por los procesos de licuefacción y lateral spreading en esta localidad indican una intensidad mínima X ESI-07 para la cual estos procesos ya son muy frecuentes en llanuras aluviales o costeras con niveles freáticos someros, como es el caso. Esta intensidad mínima se sitúa por debajo de la intensidad VIII EMS asignada a la población, pero dentro del rango de la X MSK anteriormente considerada.



Imagen del pequeño mapa anexo al informe "Relación sucinta de las desgracias. que han causado en Orihuela", Publicado en Barcelona, 1829 (Anónimo).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	X	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Larramendi, M.J. (1829): Memoria, relación de circunstancias y estado general de pérdidas causadas por la terrible catástrofe de los terremotos de 21 de marzo y siguientes han causado en Torrevieja y Gobernación de Orihuela. Imprenta Real, 1829, Madrid.
Prado, C. De, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.
Delgado, J. *et al.* (1998): Liquefaction potential in the Lower Segura river basin (southeast Spain). Engineering Geology 49, 61-79.
Madoz (1984): Los terremotos alicantinos de 1829. Pub. Instituto de Estudios Alicantinos. Alicante, España. 322 pp.
Tent-Manclús, J.E. (2013): Cambio de la línea de costa en el Bajo Segura (Sur de Alicante) en los últimos 15.000 años. Estudios Geográficos, 74 (275), 683-702.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva Departamento de Geología (USAL); Teresa Bardají Departamento de Geología (UAH); Jorge Cuadrado (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18290321.14.01 *14.01. Dolores (Alicante)*	EVENTO	HST18290321 TORREVIEJA. A	EFECTO	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/10

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
14 / Dolores	0°46'11.17"O	38°8'20.53"N	11-12 m	383 ha	9,8 km	SURESTE	IX-X EMS / 6.7 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura aluvial (Paleocanal-levee)	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	Depresión del Bajo Segura. Extensa llanura aluvial de escasa pendiente situada en la zona en torno a los 10-12 m sobre el nivel del mar. Corresponden a antiguas zonas palustres y estuarinas ("*Sinus Ilicitanus*" de época ibero-romana), desecadas artificialmente a partir del Siglo XVIII. La localidad de Dolores se sitúa sobre un antiguo paleocanal del Segura (levee) que bordeaba por el Sur la Sierra de El Molar adentrándose en la zona pantanosa en los siglos XI al XVI (Tent-Manclús, 2013). Esta población nació en el siglo XVIII al amparo de las obras de desecación y transformación desarrolladas por el cardenal Belluga. En 1715 la villa de Orihuela otorga al Cardenal, una superficie de 25.000 tahúllas de terreno pantanoso e insalubre para su colonización.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Conglomerados	Sedimentario; Limos y Arenas	Estratificada	Sin Consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno-Pleistoceno	Holoceno - Histórico	< 8 ka BP C^{14}	0,22	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, Sillería, Ladrillo	Casas, Iglesias, Molinos	Múltiples, única, único	Destructivo	VII EMS / IX MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LICUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/10

Descripción: El Informe de Larramendi (1829) cita que a lo largo de toda la vega del Segura se abrieron millares de agujeros, bocas o respiraderos como de tres o cuatro pulgadas (7 – 10 cm) de diámetro y grietas en diferentes direcciones. Estas se abrieron regularmente hacia las acequias o el cauce del río, cediendo el terreno por la parte menos resistente al tiempo de levantarse la tierra. Se indica que los fluidos arrojados por algunos de estos respiraderos eran fétidos y nocivos para a la vegetación, matando muchas moreras, olivos, trigo y otras plantas por su acción; observándose que sólo resistía la caña o el carrizo. En toda la zona afectada de la vega del Bajo Segura el terreno ondeaba como el mar, seguramente como consecuencia de los procesos de licuefacción. Los procesos de licuefacción en esta localidad fueron muy extensos afectando a una superficie de 3.424 Tahúllas (x1.118 m²), unas 383 hectáreas.

Interpretación: Proceso de licuefacción generalizada acompañado por relevantes procesos de lateral spreading (colapso lateral) de márgenes de cauces y acequias. Los craterlets o volcanes de arena por los que se arrojaron arenas de diferentes clases, lodos y aguas saladas se cegaron al poco tiempo en la mayor parte de los casos. La eyección de arenas y aguas salobres o sulfatadas, debieron de proceder del acuífero inferior de la vega (de carácter surgente) que se localiza a una profundidad de entre 2 y 5 m en la zona afectada (Delgado *et al.*, 1998). La ondulación del terreno es signo de licuefacción generalizada en niveles superficiales especialmente en terrenos ganados al mar o lagunas, como es el caso. Las grietas más importantes en la zona de Dolores serían subparalelas a la dirección del antiguo paleocanal (N80-90 E) o a la antigua acequia que atravesaba la población con orientación N45 según la Cartografía de Coello (1859). En esta cartografía, realizada 30 años después del terremoto, todavía se observa una amplia zona de barracas en la zona SO de la ciudad hasta el antiguo molino harinero, que según Larramendi (1829) quedó arruinado. Interpretamos que esta zona es la que mayores daños sufrió, localizándose aquí las 29 casas destruidas y 267 dañadas listadas por Larramendi (1829).

Cuantificación: La zona afectada por eyecciones de agua y sedimentos fue la más extensa del conjunto de la vega baja del Segura con 383 hectáreas (3,8 km²) en esta localidad. Los craterlets (bocas) por los que se expulsó los materiales de hasta 10 cm, aunque las acumulaciones de arena resultantes (volcanes de arena) debieron de sobrepasar los 5 m de diámetro o extensión lateral de acuerdo a la extensa área afectada. Grietas de grandes dimensiones preferentemente paralelas a las acequias y cauces existentes. Las dimensiones y la extensa área afectada por los procesos de licuefacción y lateral spreading en esta localidad indican una intensidad mínima X ESI-07 para la cual estos procesos ya son muy frecuentes en llanuras aluviales o costeras con niveles freáticos someros, como es el caso. Esta intensidad mínima concuerda con la antigua intensidad de IX MSK asignada a esta población y es superior a la VIII EMS asignada.



Plano de Dolores según la cartografía de Francisco Coello de1859. Se observa la zona de Barracas al SO de la villa como consecuencia del terremoto de 1829. Esta población nació en el siglo XVIII al amparo de las obras de desecación y transformación de la Vega del Bajo Segura desarrolladas por el Cardenal Belluga (Obispo de Cartagena) y amparadas por el Rey Felipe V. Terreno desecado entre 1701 – 1715 (unos cien años antes del terremoto) y muy susceptible a procesos de licuefacción.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	X	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Larramendi, M.J. (1829): Memoria, relación de circunstancias y estado general de pérdidas causadas por la terrible catástrofe de los terremotos de 21 de marzo y siguientes han causado en Torrevieja y Gobernación de Orihuela. Imprenta Real, 1829, Madrid.
Prado, C. De, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.
Delgado, J. *et al.* (1998). Liquefaction potential in the Lower Segura river basin (southeast Spain). Engineering Geology 49, 61-79.
Rodríguez de La Torre, F. (1984): Los terremotos alicantinos de 1829. Pub. Instituto de Estudios Alicantinos. Alicante, España. 322 pp.
Tent-Manclús, J.E. (2013): Cambio de la línea de costa en el Bajo Segura (Sur de Alicante) en los últimos 15.000 años. Estudios Geográficos, 74 (275), 683-702.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva Departamento de Geología (USAL); Jorge Cuadrado (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18290321.16.01 *16.01. Formentera de Segura (Alicante)*	EVENTO	HST18290321 TORREVIEJA. A	EFECTO	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/10

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
16 / Formentera de Segura	0°44'47.16"O	38° 5'2.27"N	10 m	4,64 ha	5,5 km	ESTE	**IX-X EMS / 6.7 M***

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura aluvial	Pendiente del terreno	Muy suave (2 - 5%)
Descripción Geológica	Depresión del Bajo Segura. Extensa llanura aluvial de escasa pendiente situada en la zona a unos 10 m sobre el nivel del mar. Corresponden a antiguas zonas palustres y estuarinas ("*Sinus Ilicitanus*" de época ibero-romana), desecadas artificialmente a partir del Siglo XVIII. La localidad de Formentera se sitúa en la margen izquierda del Segura, adosada a su cauce, opuesta a la población de Benijófar. Al igual que el resto de localidades de la zona, esta pequeña localidad comienza a tomar importancia a partir del Siglo XVIII en relación a los trabajos de desecación y drenaje de las zonas pantanosas. Existen antecedentes desde el Siglo XV.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Conglomerados	Sedimentario; Limos y Arenas	Estratificada	Sin Consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno-Pleistoceno	Holoceno - Histórico	< 8 ka BP C^{14}	0,22	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, Ladrillo, Sillería	Casas, Iglesias, Molinos	Múltiples, varias, varias	Ruina	IX-X EMS / X MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LICUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/10

Descripción: El Informe de Larramendi (1829) cita que a lo largo de toda la vega del Segura se abrieron millares de agujeros, bocas o respiraderos como de tres o cuatro pulgadas (7 – 10 cm) de diámetro y grietas en diferentes direcciones. Estas se abrieron regularmente hacia las acequias o el cauce del río, cediendo el terreno por la parte menos resistente al tiempo de levantarse la tierra. Se indica que los fluidos arrojados por algunos de estos respiraderos eran fétidos y nocivos para a la vegetación, matando muchas moreras, olivos, trigo y otras plantas por su acción. El informe de Larramendi (1829) indica explícitamente que en toda la zona afectada de la vega del Bajo Segura el terreno ondeaba como el mar, seguramente como consecuencia de los procesos de licuefacción. Del Prado (1863), añade la información que en muchos campos recientemente arados el terreno quedó igualado sin distinguirse los surcos tras el terremoto como si lo hubiesen enrasado. Los procesos de licuefacción en esta localidad afectaron a una superficie de 41,5 Tahúllas (x1.118 m2), unas 4,6 hectáreas.

Interpretación: Proceso de licuefacción generalizada acompañado por relevantes procesos de lateral spreading (colapso lateral) de márgenes de cauces y acequias. Los craterlets o volcanes de arena por los que se arrojaron arenas de diferentes clases, lodos y aguas saladas se cegaron al poco tiempo en la mayor parte de los casos. La eyección de arenas y aguas salobres o sulfatadas, debieron de proceder del acuífero inferior de la vega (de carácter surgente) que se localiza a una profundidad de entre 2 y 5 m en la zona afectada (Delgado *et al.*, 1998). La ondulación del terreno es signo de licuefacción generalizada en niveles superficiales. Las grietas más importantes se abrieron subparalelas al cauce del río de dirección N80-100 E, sobre el que se situaba la población. Los procesos de licuefacción y lateral spreading fueron seguramente los responsables de la destrucción de la mayor parte de las 78 casas que componían el pueblo, que quedó totalmente arruinado según se consigna en el Diccionario Geográfico de Madoz (1845). También fueron destruidas 2 iglesias y los dos molinos de la localidad (Larramendi, 1829).

Cuantificación: La zona afectada por eyecciones de agua y sedimentos alcanza las 4,6 hectáreas en esta localidad. Los craterlets (bocas) por los que se expulsó los materiales de hasta 10 cm, aunque las acumulaciones de arena resultantes (volcanes de arena) debieron de sobrepasar los 5 m de diámetro o extensión lateral de acuerdo al área afectada. Grietas de grandes dimensiones preferentemente paralelas a las acequias y cauces existentes, los cuales quedaron desdibujados. Por las descripciones los colapsos del terreno debieron de sobrepasar la escala métrica (> 1-2 m). Las dimensiones y el área afectada por los procesos de licuefacción y lateral spreading en esta localidad (su totalidad) indican una intensidad mínima X ESI-07 para la cual estos procesos ya son muy frecuentes en llanuras aluviales o costeras con niveles freáticos someros, como es el caso. Esta intensidad mínima concuerda con el límite superior de la intensidad VIII-IX EMS asignada a la población la cual quedó totalmente arruinada, habiendo de ser reconstruida (Larramendi, 1829).



Imagen aérea de la población de Formentera del Segura correspondiente al vuelo de 1929 de Ruiz de Alda. Obsérvese las pequeñas dimensiones del núcleo de población incluso a principios del Siglo XX. El núcleo de población en la ribera del río quedó prácticamente destruido como consecuencia de graves procesos de agrietamiento y lateral spreading a lo largo de la margen del río donde se sitúa. http://almoradi1829.blogspot.com.es/

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	X	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Larramendi, M.J. (1829): Memoria, relación de circunstancias y estado general de pérdidas causadas por la terrible catástrofe de los terremotos de 21 de marzo y siguientes han causado en Torrevieja y Gobernación de Orihuela. Imprenta Real, 1829, Madrid.

Prado, C. De, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.

Delgado, J. *et al.* (1998): Liquefaction potential in the Lower Segura river basin (southeast Spain). Engineering Geology 49, 61-79.

Madoz (1984): Los terremotos alicantinos de 1829. Pub. Instituto de Estudios Alicantinos. Alicante, España. 322 pp.

Tent-Manclús, J.E. (2013): Cambio de la línea de costa en el Bajo Segura (Sur de Alicante) en los últimos 15.000 años. Estudios Geográficos, 74 (275), 683-702.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva Departamento de Geología (USAL); Teresa Bardají Departamento de Geología (UAH); Jorge Cuadrado (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18290321.19.01 *19.01. Guardamar (Alicante)*	EVENTO	HST18290321 TORREVIEJA. A	EFECTO	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/10

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
19 / Guardamar	0°39'39.68"O	38°5'58.06"N	2 m	4,25 ha	2,7 km	SUROESTE	IX-X EMS / 6.6 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura aluvial (desembocadura)	Pendiente del terreno	Muy suave (2 - 5%)
Descripción Geológica	Depresión del Bajo Segura. Zona de desembocadura del río Segura cerrada por cordones dunares de edad Holocena. Aunque la población se encuentra situada en la margen derecha del Segura sobre conglomerados aluviales Plio-Pleistocenos, el efecto que aquí se reseña se ubica en su margen izquierda sobre la llanura aluvial adyacente a los relieves de la antigua población y castillo. En esta zona el terreno está constituido por materiales aluviales y litorales Holocenos e históricos. Hasta principios del Siglo XVIII la población se situaba en la zona litoral de los terrenos pantanosos correspondientes al antiguo *"Sinus Ilicitanus"* (Tent-Manclús, 2013).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Conglomerados	Sedimentario; Arenas y Gravas	Estratificada	Sin Consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno-Pleistoceno	Holoceno – Histórico	Sin Datos	0,22	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, Ladrillo	Casas, Iglesias, Molinos, Puentes	Múltiples, única, varios, único	Destructivo	IX EMS / X MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LICUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/10

Descripción: El Informe de Larramendi (1829) cita que a lo largo de toda la vega del Segura se abrieron millares de agujeros, bocas o respiraderos como de tres o cuatro pulgadas (7 – 10 cm) de diámetro y grietas en diferentes direcciones. Estas se abrieron regularmente hacia las acequias o el cauce del río, cediendo el terreno por la parte menos resistente al tiempo de levantarse la tierra. Se indica que los fluidos arrojados por algunos de estos respiraderos eran fétidos y nocivos para a la vegetación, matando muchas moreras, olivos, trigo y otras plantas por su acción. En los términos de Rojales, Benijófar y Guardamar, los más próximos al litoral, entre las aguas negras y hediondas que arrojaron las diferentes bocas que se abrieron en el terreno, se encontraron muchas pechinas y otras conchas que se crían en el mar (Rodríguez de la Torre, 1984). Los procesos de licuefacción en esta localidad afectaron a una superficie de 38 Tahúllas (x1.118 m2), unas 4,25 hectáreas.

Interpretación: Proceso de licuefacción generalizada acompañado por relevantes procesos de lateral spreading (colapso lateral) de márgenes de cauces y acequias. Los craterlets o volcanes de arena por los que se arrojaron arenas de diferentes clases, lodos y aguas saladas se cegaron al poco tiempo en la mayor parte de los casos. La eyección de arenas y aguas salobres o sulfatadas, debieron de proceder del acuífero inferior de la vega (de carácter surgente) que se localiza a una profundidad de entre 2 y 5 m en la zona afectada (Delgado *et al*., 1998). La ondulación del terreno es signo de licuefacción generalizada en niveles superficiales. En esta zona los materiales licuefactados eran de origen marino-litoral que se encuentran a profundidades de 5-10 m en esta área (Alfaro *et al*. 2003). Las grietas más importantes se abrieron subparalelas al cauce del río de carácter muy meandriforme en esta zona, con direcciones entre N80 E y N40 E. Este efecto lo localizamos en los terrenos situados en la margen derecha del río con terrenos más arenosos y no en la antigua población situada sobre un cerro labrado en conglomerados Plio-Pleistocenos, donde estos procesos no podrían tener lugar.

Cuantificación: La zona afectada por eyecciones de agua y sedimentos alcanza las 4,25 hectáreas en esta localidad. Los craterlets (bocas) por los que se expulsó los materiales de hasta 10 cm, aunque las acumulaciones de arena resultantes (volcanes de arena) debieron de sobrepasar los 5 m de diámetro o extensión lateral de acuerdo a la extensa área afectada. Grietas de grandes dimensiones preferentemente paralelas a las acequias y cauces existentes, los cuales quedaron desdibujados y causaron la destrucción del puente que existía en esa localidad. Por las descripciones, los colapsos del terreno debieron de sobrepasar la escala métrica (> 1-2 m). Las dimensiones y el área afectada por los procesos de licuefacción y lateral spreading en esta localidad indican una intensidad mínima X ESI-07 para la cual estos procesos ya son muy frecuentes en llanuras aluviales o costeras con niveles freáticos someros, como es el caso. Esta intensidad mínima entraría dentro del rango de la intensidad máxima X EMS y MSK asignada a la población la cual quedó completamente destruida y tuvo que ser reedificada en lugar próximo (Larramendi, 1829).



Ruinas del Castillo de Guardamar en 1902.
http://sendasyleyendas.com



Imagen aérea de la población de Guardamar tras su completa reconstrucción correspondiente al vuelo de 1929 de Ruiz de Alda. Obsérvese los trazados ortogonales de las calles diseñados por Larramendi. La localidad se reubicó en otra zona (próxima) tras el terremoto.
http://almoradi1829.blogspot.com.es/

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	X	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Larramendi, M.J. (1829): Memoria, relación de circunstancias y estado general de pérdidas causadas por la terrible catástrofe de los terremotos de 21 de marzo y siguientes han causado en Torrevieja y Gobernación de Orihuela. Imprenta Real, 1829, Madrid.
Prado, C. De, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.
Delgado, J. *et al*. (1998): Liquefaction potential in the Lower Segura river basin (southeast Spain). Engineering Geology 49, 61-79.
Rodríguez de La Torre, F. (1984): Los terremotos alicantinos de 1829. Pub. Instituto de Estudios Alicantinos. Alicante, España. 322 pp.
Tent-Manclús, J.E. (2013): Cambio de la línea de costa en el Bajo Segura (Sur de Alicante) en los últimos 15.000 años. Estudios Geográficos, 74 (275), 683-702.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva Departamento de Geología (USAL); Teresa Bardají Departamento de Geología (UAH); Jorge Cuadrado (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18290321.22.01 *22.01. Los Garres (Murcia)*	EVENTO	HST18290321 TORREVIEJA. A	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7 

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
22 / Los Garres (Murcia)	1°5'40,47"O	37°56'55,85"N	190 m	10 ha	39,0 km	NORESTE	IX-X/6,7M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Vertiente occidental de la Sierra de Carrascoy	Pendiente del terreno	Cantil
Descripción Geológica	Zona escarpada con cantiles de hasta 100-120 m situados inmediatamente detrás de la población. Los cantiles se desarrollan sobre argilitas y filitas pérmicas sobre las que se disponen unas potentes formaciones de dolomías triásicas (buzando a favor de la pendiente) que dan un importante resalte a lo largo del cantil entre las localidades de Los Garres y Algezares, separadas unos 2 km.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario	Dolomías	Estratificada	Consolidado	II (1,2)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475} IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Permo-Triásico	Permo-Triásico	Sin Datos	0,12	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería	Caseríos, casas	Algunas	Moderado	VII

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7

Descripción: Larramendi (1829) indica que numerosos desprendimientos ocurrieron en las pequeñas Sierras confrontadas a Orihuela, que corresponden a la vertiente occidental de la Sierra de Carrascoy y a su continuación por las pequeñas sierras anticlinales que limitan por el Sur la vega baja del Segura, como las de Hurchillo y Benejúzar. Rodríguez de la Torre (1984) identifica y documenta la caída de grandes bloques en la localidad de Los Garres, al pie de la Sierra de Carrascoy.

Interpretación: Las dolomías Triásicas se sitúan sobre materiales menos consistentes como son las argilitas y filitas permo-triásicas, dando lugar a grandes resaltes rocosos con un socave basal. Además, tanto las filitas como las dolomías se encuentran buzando unos 30º hacia el NO, a favor de la pendiente, lo que confiere a estos resaltes rocosos un plus de peligrosidad muy importante. En la actualidad se observan grandes cabeceras de desprendimientos que son habituales en la zona. En las laderas situadas por debajo de los resaltes rocosos se observan numerosos bloques desprendidos de entre 1 y 5 m^3, aunque algunos bloques en la misma base de los resaltes alcanzan los 10 m^3. También se observa que bloques de carácter métrico, incluso en las cercanías de la población, se han desplazado (run-out) hasta 160-180 m ladera abajo. Lógicamente estos bloques serían los que llamaron la atención a los habitantes de esta localidad.

Cuantificación: Efecto difícil de cuantificar debido a que no existe constancia escrita de las dimensiones de los mismos y la zona presenta una alta susceptibilidad a este tipo de procesos. No obstante, los bloques más numerosos cercanos a las zonas pobladas poseen de 1 a 3 metros de longitud, del volumen de un automóvil pequeño los más grandes. Esto concuerda con una intensidad VII ESI-07, por otro lado acorde a la intensidad EMS y MSK asignada a la población.



Imagen Google Earth de los resaltes rocosos de la Sierra de Carrascoy bajo los que se sitúa la población de Los Garres.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan, con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del Siglo XX.*

Referencias bibliográficas:

Larramendi, M.J. (1829): Memoria, relación de circunstancias y estado general de pérdidas causadas por la terrible catástrofe de los terremotos de 21 de marzo y siguientes han causado en Torrevieja y Gobernación de Orihuela. Imprenta Real, 1829, Madrid.
Prado, C. De, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.
Rodríguez de La Torre, F. (1984): Los terremotos alicantinos de 1829. Pub. Instituto de Estudios Alicantinos. Alicante, España. 322 pp.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva Departamento de Geología (USAL); Teresa Bardají Departamento de Geología (UAH)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18290321.23.01 *23.01. Molins (Alicante)*	EVENTO	HST18290321 TORREVIEJA. A	EFECTO	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
23 / Molins	0°54'48.76"O	38°4'58.07"N	20 m	c. 0,2 ha	20,2 km	ESTE	IX-X EMS / 6.6 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura aluvial (Paleocanal-levee)	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	Depresión del Bajo Segura. Extensa llanura aluvial de escasa pendiente situada en la zona alrededor de 20 m sobre el nivel del mar. Corresponden a antiguas zonas palustres y estuarinas (*"Sinus Ilicitanus"* de época íbero-romana), rellenadas parcialmente por el crecimiento de los antiguos deltas del Vinalopó (Norte) y del Segura (Sur) hasta el Siglo XVIII, en el que tiene lugar la desecación artificial de la zonas palustres más importantes. Esta localidad se sitúa en las cercanías de un paleocanal (E-O) del antiguo delta del Segura que se desarrolló durante época romana al Sur de Orihuela según modelos paleogeográficos recientes (Tent-Manclús, 2013).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Conglomerados	Sedimentario; Limos y Arenas	Estratificada	Sin Consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno-Pleistoceno	Holoceno - Histórico	< 8 ka BP C^{14}	0,21	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, Ladrillo	Casas	Algunas	Moderado	VI-VII EMS/ VIII MSK (Zona)

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LICUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/8

Descripción: El Informe de Larramendi (1829) cita que a lo largo de toda la vega del Segura se abrieron millares de agujeros, bocas o respiraderos como de tres o cuatro pulgadas (7 – 10 cm) de diámetro y grietas en diferentes direcciones. Molins aparece agrupado en el estado general de pérdidas de Larramendi (1829) junto con las localidades de Albatera, Benferrí, Catral, Cox, Elche, Granja de Rocamora y Redován como afectado por procesos de licuefacción asignándoles un total al conjunto de 17 Tahúllas. Como en los demás casos, los procesos estuvieron ligados en su mayoría a la apertura de grietas en el terreno. Los procesos de licuefacción en esta localidad no serían muy importantes afectando a una superficie quizá en torno a las 2 Tahúllas (c. 2.200 m²).

Interpretación: Proceso de licuefacción localizada acompañado por procesos de lateral spreading (colapso lateral) de márgenes de cauces y acequias. Los craterlets o volcanes de arena por los que se arrojaron arenas de diferentes clases, lodos y aguas saladas se cegaron al poco tiempo en la mayor parte de los casos. La eyección de arenas y aguas salobres o sulfatadas debieron de proceder del acuífero inferior de la vega (de carácter surgente) que se localiza a una profundidad de entre 2 y 5 m en la zona afectada (Delgado *et al.*, 1998). El entorno de Molins era atravesado por uno de los canales del antiguo delta del Segura en época romana (Siglo I) estando próximo a la zona litoral estuarina (Tent-Manclús, 2013). Los procesos de licuefacción y grietas más importantes serían subparalelos a la dirección de las acequias principales en la zona (E-O). Fue una de las localidades de su zona que, quizá por condiciones geológicas locales (más arcilloso), no sufrió daños relevantes (Rodríguez de La Torre, 1984). No obstante, en la época del terremoto era un caserío perteneciente al Marquesado de Molins y el hecho de que fuera incluido en el informe Larramendi (1829) junto con poblaciones más importantes (p.ej. Elche) podría indicar que aquí los efectos fueron mayores y dignos de mención.

Cuantificación: La zona afectada por eyecciones de agua y sedimentos se puede evaluar como alrededor de 2.200 m². Por su distancia epicentral (20 km), los craterlets (bocas) por los que se expulsó los materiales debieron de ser de menores dimensiones, de unos 6-7 cm, y las acumulaciones de arena resultantes (volcanes de arena) no debieron de sobrepasar los 3 m de extensión lateral de acuerdo al área afectada. Las dimensiones y la pequeña área afectada por los procesos de licuefacción en esta localidad indican una intensidad mínima VIII ESI-07 para la cual estos procesos pueden ocurrir en llanuras aluviales o costeras con niveles freáticos someros, como es el caso. Esta intensidad mínima concuerda con la antigua intensidad VII MSK asignada a esta población, y en el rango de la intensidad VI-VII EMS reevaluada posteriormente.



Imagen Google Earth de la zona de las Sierras de Orihuela y Callosa a cuya espalda se sitúa la localidad de Benferrí.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Larramendi, M.J. (1829): Memoria, relación de circunstancias y estado general de pérdidas causadas por la terrible catástrofe de los terremotos de 21 de marzo y siguientes han causado en Torrevieja y Gobernación de Orihuela. Imprenta Real, 1829, Madrid.
Delgado, J. *et al.* (1998): Liquefaction potential in the Lower Segura river basin (southeast Spain). Engineering Geology 49, 61-79.
Rodríguez de La Torre, F. (1984). Los terremotos alicantinos de 1829. Pub. Instituto de Estudios Alicantinos. Alicante, España. 322 pp.
Tent-Manclús, J.E. (2013): Cambio de la línea de costa en el Bajo Segura (Sur de Alicante) en los últimos 15.000 años. Estudios Geográficos, 74 (275), 683-702.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva Departamento de Geología (USAL); Teresa Bardají Departamento de Geología (UAH); Jorge Cuadrado (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18290321.24.01 *24.01. Montesinos (La Herrada), Alicante*	EVENTO	HST18290321 TORREVIEJA. A	EFECTO	ANOMALÍA HIDROLÓGICA: HA/10

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
24 / Montesinos, La Herrada, A	0°44'47,22"O	38°2'16,58"N	44 m	0 km²	7,5 km	NORESTE	X EMS / 6.6 -6.8 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Laguna litoral (que se explota como salina)	Pendiente del terreno	Llano < 2%
Descripción Geológica	La localidad de Los Montesinos se encuentra ubicada apenas a 850 m de la zona litoral norte de la Laguna de Torrevieja, sobre depósitos de limos y arcillas lagunares depositados cuando la laguna poseía mayor extensión durante el Pleistoceno Superior. No obstante, la Finca de La Herrada se encuentra un poco más al norte, sobre materiales lagunares (limos negros y rojos) algo más antiguos.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Arcillas, Limos negros y rojos	Arcillas, Limos negros y rojos	Estratificado	Semi-consolidado	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pleistoceno Superior	Pleistoceno Superior	Sin datos	0,20	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, Sillería, Ladrillo	Casas, Edificios e Iglesias	Múltiples	Ruina	IX-X EMS / X MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	ANOMALÍA HIDROLÓGICA: HA/10

Descripción: Larramendi (1829) indica que: *En la Herrada, hacienda de la partida rural llamada Montesinos, inmediata a las salinas, hay un pozo de 12 a 13 metros de profundidad cuya agua tuvo tal aumento que estuvo corriendo sobre el brocal durante un mes; después volvió a su nivel ordinario, pero mejorando de calidad, según todos aseguran"*... (91, p. 622). El informe no aporta más datos sobre esta localidad, de hecho no aparece con intensidad asignada en ningún catálogo o base de datos del IGN, ni en estudios macrosísmicos de otros autores. Esta anomalía debe de estar relacionada con que la partida rural de Montesinos pertenecía en el momento del terremoto (y hasta 1990) al término municipal de Almoradí. El informe Larramendi (1829) sí que consigna daños muy importantes en esta localidad (389 casas asoladas y 69 quebrantadas, 2 Iglesias y 4 Ermitas con daños graves), que quizá hagan alusión al término municipal completo y no solo a la localidad, ya que se consignan daños en 4 Ermitas. De hecho, La Ermita de Nuestra Señora del Rosario (o de La Marquesa) se construyó precisamente en 1829, probablemente sobre las ruinas de otra anterior dañada. Se sitúa un poco al Sur de Los Montesinos y La Herrada. El diccionario Geográfico de Madoz (1845-1850) indica que: *"todas las casas situadas en los alrededores de la Ermita, casas del vicario, sacristán, arrendador de la heredad de la marquesa, y las de 3 o 4 menestrales precisos para los trabajos agrícolas fueron destruidas por el terremoto de 1839, junto con las casas de labor y de recreo de las muchas haciendas de este distrito, que posteriormente fueron reedificadas por la administración de rentas de Orihuela"*. La reciente restauración de la Torre de la Ermita (2013) ha revelado que se construyó sobre una antigua torre vigía medieval (árabe).

Interpretación: Anomalía hidrológica significativa que implica un aumento del nivel del agua subterránea de entre 12 – 14 metros (se derramó por encima del brocal) y el efecto fue notable ya que se prolongó por espacio de al menos un mes. Estos fenómenos de sobrepresión del agua subterránea son acordes a los que se registran en la vecina Laguna de Torrevieja, catalogados en otra ficha.

Cuantificación: Los datos aportados indican una extraordinaria elevación del nivel de las aguas subterráneas en la zona, de unos 12-14 m, y que se prolongó durante un mes. Junto con los efectos que se consignan en las vecinas salinas, permite asignar a este efecto una intensidad mínima de X en la escala ESI-07, intensidad que es acorde a los datos sobre la destrucción de casas, iglesias y caseríos que aporta el Diccionario Geográfico de Madoz (1845 – 1850).



Aspecto de la Torre de la Ermita de La Marquesa antes y después de su restauración. Web del Ayuntamiento de los Montesinos. http://www.losmontesinos.es/

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	X*	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Larramendi, M.J. (1829): Memoria, relación de circunstancias y estado general de pérdidas causadas por la terrible catástrofe de los terremotos de 21 de marzo y siguientes han causado en Torrevieja y Gobernación de Orihuela. Imprenta Real, 1829, Madrid.

Prado, C. De, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.

Madoz, P. (1845 -1850): Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus posesiones de Ultramar. 16 Tomos, Madrid. http://www.diccionariomadoz.org/

Alfaro, P. *et al.* (2012): The Bajo Segura Fault Zone: Active blind thrusting in the Eastern Betic Cordillera (SE Spain). Journal of Iberian Geology, 38 (1), 271-284.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva Departamento de Geología (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18290321.25.01 *25.01. Mula, Los Baños, Murcia*	EVENTO	HST18290321 TORREVIEJA. A	EFECTO	ANOMALÍA HIDROGEOLÓGICA: HD/6

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
25 / Mula, Los Baños, M.	1°25'34,60"O	38°2'17,25"N	215m	0 km²	65,5 km	ESTE	X EMS / 6.6 -6.8 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Baños Termales de Mula, situados en el Valle del Río Mula	Pendiente del terreno	Llano < 2%
Descripción Geológica	Los Baños termales de Mula se localizan en la Base del Cañón del Río Mula en las cercanías a su confluencia con un afluente por su margen izquierda. Son conocidos desde época romana cuando el manantial (y termas romanas) se ubicaban en la margen izquierda del río, aunque en la actualidad manan por la margen derecha, por la base del cerro de La Almagra. Posteriormente, a consecuencia de un terremoto ocurrido durante el Siglo VII, la surgencia se mudó a su situación actual.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Margas y Areniscas	Margas y Areniscas	Estratificado	Semi-consolidado	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Mioceno	Sin Datos	0,12	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sin Datos	Sin Datos	Sin Datos	Sin Datos	VI MSK (Zona)

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	ANOMALÍA HIDROGEOLÓGICA: HD/6

Descripción: Larramendi (1829) indica que pasó expresamente oficio a las justicias de Alhama de Murcia, Archena, Mula y Fortuna para que le consignaran que había ocurrido en tales baños termales durante el terremoto del Mes de marzo de 1829: *"Las de los dos primeros pueblos (Alhama y Archena) contestan que sus aguas termales no se habían alterado. La de Fortuna dice que antes de los terremotos tenían 33 grados y medio de temperatura y que habían bajado tres grados (hasta 30,5ºC). De los Baños de Mula respondieron que las aguas se habían enturbiado y aumentado de temperatura".*

Interpretación: Se catalogan aquí las alteraciones hidrogeológicas documentadas en los Baños Termales de Mula, aunque en la descripción se ha incluido el párrafo completo sobre los baños termales del informe de Larramendi (1829) que ilustra lo que ocurrió en el "campo lejano" del terremoto (unos 65 km de distancia epicentral). Se elige el ejemplo de Mula porque, aunque no es el más cercano al epicentro macrosísmico (Fortuna está a 40 km), se consignan dos efectos: enturbiamiento y aumento de temperatura. El aumento debió de estar en el rango del de Fortuna (c. ± 3ºC) ya que fue lo suficientemente sensible para que se notase y, al igual que en Fortuna, debió de descender la temperatura, aunque el informe solo dice cambió la temperatura. En este manantial termal la temperatura media del agua es de entre 36 a 39 grados centígrados.

Cuantificación: En ningún informe aparecen consignados los daños en las localidades de Mula o Baños de Mula, las más cercanas a los baños termales. En el Catalogo del IGN aparecen consignados "Efectos Naturales" (sin catalogación), pero en la mayoría de los mapas de intensidades aparece esta localidad dentro de la zona correspondiente a VI MSK. No obstante, las anomalías hidrogeológicas, especialmente los cambios en la temperatura, en la Escala ESI-07 comienzan a ser patentes a partir de intensidad mínima de VII. Pensamos que esta localidad se encontraría cercana a la zona de límite de intensidad VI-VII



Aspecto del entorno natural del valle del Río Mula en la zona donde se ubican los baños termales de Mula (Baños el Pozo). http://bañostermalesdemula.com/historia/

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VI	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:	Larramendi, M.J. (1829): Memoria, relación de circunstancias y estado general de pérdidas causadas por la terrible catástrofe de los terremotos de 21 de marzo y siguientes han causado en Torrevieja y Gobernación de Orihuela. Imprenta Real, 1829, Madrid.		
Información Recopilada	*Pablo G. Silva Departamento de Geología (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18290321.29.01 *29.01. Rafal (Alicante)*	EVENTO	HST18290321 TORREVIEJA. A	EFECTO	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/9

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
29 / Rafal	0°50'56.25"O	38°6'11.26"N	17-18 m	5,3 ha	14,7 km	ESTE	IX-X EMS / 6.7 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura aluvial (Paleocanal-levee)	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	Depresión del Bajo Segura. Extensa llanura aluvial de escasa pendiente situada en la zona a algo menos de 20 m sobre el nivel del mar. Corresponden a antiguas zonas palustres y estuarinas ("*Sinus Ilicitanus*" de época íbero-romana), rellenadas parcialmente por el crecimiento de los antiguos deltas del Vinalopó (Norte) y del Segura (Sur) hasta el Siglo XVIII, en el que tiene lugar la desecación artificial de la zonas palustres más importantes. Esta localidad se sitúa sobre un paleocanal (NE-SO) del antiguo delta del Segura que data de, al menos, época romana según modelos paleogeográficos recientes (Tent-Manclús, 2013).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Conglomerados	Sedimentario; Limos y Arenas	Estratificada	Sin Consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno-Pleistoceno	Holoceno - Histórico	< 8 ka BP C^{14}	0,23	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, Ladrillo, Sillería	Casas, Iglesia, Molino	Múltiples, única, único	Grave	VIII EMS / X MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LICUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/9

Descripción: El Informe de Larramendi (1829) cita que a lo largo de toda la vega del Segura se abrieron millares de agujeros, bocas o respiraderos como de tres o cuatro pulgadas (7 – 10 cm) de diámetro y grietas en diferentes direcciones. Estas se abrieron regularmente hacia las acequias o el cauce del río, cediendo el terreno por la parte menos resistente al tiempo de levantarse la tierra. Se indica que los fluidos arrojados por algunos de estos respiraderos eran fétidos y nocivos para a la vegetación, matando muchas moreras, olivos, trigo y otras plantas por su acción; observándose que sólo resistía la caña o el carrizo. El informe de Larramendi (1829) indica explícitamente que en toda la zona afectada de la vega del Bajo Segura el terreno ondeaba como el mar, seguramente como consecuencia de los procesos de licuefacción. Del Prado (1863), añade la información que en muchos campos recientemente arados el terreno quedó igualado sin distinguirse los surcos tras el terremoto como si lo hubiesen enrasado. Los procesos de licuefacción en esta localidad afectaron a una superficie de 48 Tahúllas (x1.118 m2), unas 5,36 hectáreas.

Interpretación: Proceso de licuefacción generalizada acompañado por relevantes procesos de lateral spreading (colapso lateral) de márgenes de cauces y acequias. Los craterlets o volcanes de arena por los que se arrojaron arenas de diferentes clases, lodos y aguas saladas se cegaron al poco tiempo en la mayor parte de los casos. La eyección de arenas y aguas salobres o sulfatadas, debieron de proceder del acuífero inferior de la vega (de carácter surgente) que se localiza a una profundidad de entre 2 y 5 m en la zona afectada (Delgado *et al.*, 1998). La ondulación del terreno es signo de licuefacción generalizada en niveles superficiales. Las grietas más importantes se abrieron subparalelas al antiguo paleocanal del delta de dirección N50 E.

Cuantificación: La zona afectada por eyecciones de agua y sedimentos es de 53.664 m² en esta localidad, afectando a algo más del 3,3 % de su superficie (160 ha). A pesar de la pequeña superficie de esta localidad, es la sexta en área afectada de las 20 localidades que registran procesos de licuefacción. Los craterlets (bocas) por los que se expulsó los materiales de hasta 10 cm, aunque las acumulaciones de arena resultantes (volcanes de arena) debieron de sobrepasar los 5 m de diámetro o extensión lateral de acuerdo a la extensa área afectada. Grietas de grandes dimensiones preferentemente paralelas a las acequias y cauces existentes. La frecuencia y el área afectada por los procesos de licuefacción y lateral spreading en esta localidad indican una intensidad mínima IX ESI-07 para la cual estos procesos ya son muy frecuentes en llanuras aluviales o costeras con niveles freáticos someros, como es el caso. Esta intensidad mínima concuerda con la intensidad IX-X EMS registrada en la población la cual quedó totalmente gravemente afectada con 5 viviendas destruidas y 38 quebrantadas. Teniendo en cuenta el pequeño tamaño de esta pequeña localidad en la época, afectaría a un 70-80% de la población.



Imagen Google Earth mostrando la zona de la localidad de Rafal situado entre las poblaciones de Callosa y Almoradí.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Larramendi, M.J. (1829): Memoria, relación de circunstancias y estado general de pérdidas causadas por la terrible catástrofe de los terremotos de 21 de marzo y siguientes han causado en Torrevieja y Gobernación de Orihuela. Imprenta Real, 1829, Madrid.
Prado, C. De, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.
Delgado, J. *et al.* (1998): Liquefaction potential in the Lower Segura river basin (southeast Spain). Engineering Geology 49, 61-79.
Rodríguez de La Torre, F. (1984): Los terremotos alicantinos de 1829. Pub. Instituto de Estudios Alicantinos. Alicante, España. 322 pp.
Tent-Manclús, J.E. (2013): Cambio de la línea de costa en el Bajo Segura (Sur de Alicante) en los últimos 15.000 años. Estudios Geográficos, 74 (275), 683-702.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva Departamento de Geología (USAL); Teresa Bardají Departamento de Geología (UAH); Jorge Cuadrado (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18290321.32.02 *32.02. Salinas de Torrevieja*	EVENTO	HST18290321 TORREVIEJA. A	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/10 GK

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
32 / Salinas de Torrevieja	0°42'44,49"O	37°58'31,17"N	3m	14 km²	NNE 12,0 km	NOR-NORESTE	X EMS / 6.6 -6.8 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Laguna litoral (que se explota como salina)	Pendiente del terreno	Llano < 2%
Descripción Geológica	Las Salinas de Torrevieja, junto con la de La Mata (al Norte), constituyen una laguna litoral (lagoon) cerrado al mar por un cordón litoral del Pleistoceno Superior. Se explotan desde aproximadamente el año 1760, pero de forma industrial desde aproximadamente el año 1803, que es cuando se crea la población de Torrevieja para la administración de las Salinas. Tienen un eje mayor de unos 5,5 km de longitud y unos 3,5 km de anchura y se conecta con el mar mediante un canal de unos 3 km de longitud (El Acequión).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Areniscas y Arcillas	Arcillas y depósitos de Sal	Estratificado	Semi-consolidado	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pleistoceno Superior	Holoceno	Histórico	0,20	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, Sillería, Ladrillo	Casas, Edificios e Iglesias	Múltiples	Ruina	IX-X EMS / X MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO:GK/10

Descripción: Larramendi (1829) indica que se abrieron múltiples grietas en toda la zona afectada por el terremoto, pero se refiere fundamentalmente a la vega del Segura, no mencionando en este aspecto Torrevieja, que indica que no sufrió procesos de agrietamiento, licuefacción o hidrológicos importantes, Sin embargo, la población quedó totalmente devastada (534 casas destruidas) siendo necesaria su completa reconstrucción. No obstante, el informe de De Prado (1863) en una nota a pie de página indica: *"En el fondo de aquella laguna hay once capas de sal que cogen un metro de espesor. Los terremotos produjeron en ellas unas rendijas, ó sea lo que los geólogos llaman fallas, quedando de un lado mas altas que de otro, y cuya dirección es de O a E como la de las oscilaciones (del terreno), según me manifestó mi amigo D. Sergio Suarez, Director de aquellas salinas, que actualmente se halla en Madrid. Esta dirección corresponde a la del Sistema de Sierra-Nevada, que no es otra que la de los Alpes".*

Interpretación: Formación de fracturas E-O con desplazamiento relativo entre los diferentes bloques. Aunque no se dan dimensiones, los desplazamientos deberían de ser como mínimo centimétricos (para ser notorios) atravesando el metro de espesor que como mínimo tendría la capa de sal del fondo de la laguna en el momento del terremoto. Tampoco se dan datos sobre su longitud y número o densidad, como se ha dicho anteriormente, para hacerse notorias tendrían como mínimo longitud métrica y ser bastante numerosas. Dado que la zona que habitualmente se explota (y explotaba en la época) de la Salina es su sector SE, es allí donde deberían de haberse documentado estos procesos. La dirección E-O es la misma que la de la falla del Bajo Segura y de la dirección de las ondulaciones del terreno que marcarían los frentes de ondas superficiales procedentes del epicentro situado al NNO de las salinas. Estos sistemas de fracturación podrían deberse bien a la ondulación del terreno o bien al proceso de elevación tectónica cosísmica de unos 20 cm (un palmo castellano) que se registra tanto en el litoral como en la propia salina.

Cuantificación: Difícil de cuantificar por la falta de datos descriptivos, pero las pequeñas fallas y fracturas que cuartearon el depósito salino de un metro de potencia debieron ser notorias y numerosas. Desplazamientos centimétricos y longitudes métricas como mínimo. Todos estos procesos se registran en la Escala ESI-07 a partir de intensidad VIII, pero dado los otros efectos geológicos acompañantes y la destrucción de la ciudad adyacente, se le asigna intensidad X ESI-07. Esto supondría el registro de fracturas de longitud decamétrica, a lo cual ayudaría la naturaleza no-consolidada del sustrato aluvial y saturado sobre el que se asentaba la capa de sal cuarteada.



Salinas de Torrevieja. Antiguas instalaciones para la explotación de la sal, en la actualidad.



Salinas y puerto de Torrevieja en la actualidad. Se observa claramente donde se realizan y realizaban las labores de explotación de la sal y el Acequión. Panoramio

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	X*	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Larramendi, M.J. (1829): Memoria, relación de circunstancias y estado general de pérdidas causadas por la terrible catástrofe de los terremotos de 21 de marzo y siguientes han causado en Torrevieja y Gobernación de Orihuela. Imprenta Real, 1829, Madrid.
Prado, C. De, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. Rev. Minera, 14 (322 - 325), 180 pp.
Celdrán Bernabéu, M.A. y Azorín Molina, C. (2004): La explotación industrial de las salinas de Torrevieja (Alicante). Investigaciones Geográficas, 35, 105 – 132.
Alfaro, P. *et al.* (2012): The Bajo Segura Fault Zone: Active blind thrusting in the Eastern Betic Cordillera (SE Spain). Journal of Iberian Geology, 38 (1), 271-284.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva Departamento de Geología (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18290321.32.04 *32.04. Salinas de Torrevieja*	EVENTO	HST18290321 TORREVIEJA. A	EFECTO	ANOMALÍA HIDROLÓGICA: HA/10

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
32 / Salinas de Torrevieja	0°42'44,49"O	37°58'31,17"N	3 m	14 km²	NNE 12,0 km	NOR-NORESTE	X EMS / 6.6 -6.8 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Laguna litoral (que se explota como salina)	Pendiente del terreno	Llano < 2%
Descripción Geológica	Las Salinas de Torrevieja, junto con la de La Mata (al Norte), constituyen una laguna litoral (lagoon) cerrado al mar por un cordón litoral del Pleistoceno Superior. Se explotan desde aproximadamente el año 1760, pero de forma industrial desde aproximadamente el año 1803, que es cuando se crea la población de Torrevieja para la administración de las Salinas. Tienen un eje mayor de unos 5,5 km de longitud y unos 3,5 km de anchura y se conecta con el mar mediante un canal de unos 3 km de longitud (El Acequión).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Areniscas y Arcillas	Arcillas y depósitos de Sal	Estratificado	Semi-consolidado	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pleistoceno Superior	Holoceno	Histórico	0,20	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, Sillería, Ladrillo	Casas, Edificios e Iglesias	Múltiples	Ruina	IX-X EMS / X MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	ANOMALÍA HIDROLÓGICA: HA/10

Descripción: Larramendi (1829) indica que se abrieron múltiples grietas en toda la zona afectada por el terremoto, pero se refiere fundamentalmente a la vega del Segura, no mencionando en este aspecto Torrevieja que indica que no sufrió procesos de agrietamiento, licuefacción o hidrológicos importantes, Sin embargo, la población quedó totalmente devastada (534 casas destruidas) siendo necesaria su completa reconstrucción. El informe de De Prado (1863) indica que: *"El maestro o práctico que dirige las labores de aquella salina me dijo que cuando por el mes de junio después de los temblores de marzo y abril de 1829 se comenzaron las labores de aquel año vieron con sorpresa que en toda la extensión de la laguna se habían formado en su fondo muchos hoyos desde 3 a 30 metros de diámetro, aunque relativamente de muy poco fondo. Allí hay siempre de 30 a 40 centímetros de agua, y la sal se forma en el fondo por saturación, de donde se extraen en costras de unos 8 ó 10 centímetros de grueso. En los hoyos referidos no se extrajo ninguna en 3 ó 4 años, al cabo de los cuales el nivel del fondo de la laguna se hallaba igualado todo. Sin embargo, de cuando en cuando se notan todavía en los mismos eyecciones de agua y cieno que se levantan sobre la superficie o tablazo de la laguna hasta un metro, abriéndose paso a través de las capas de la sal, que en dichos hoyos llegan a tener acaso 1 metro 50 de espesor"* (91, pp. 620-1).

Interpretación: Aunque no se especifica textualmente, es lógico pensar que todos esos "hoyos" de hasta 30 m de diámetro y de hasta 1,5 m de profundidad (atravesando toda la capa de sal del fondo de la laguna) se formaron por expulsión de agua durante el terremoto principal (en su mayoría), pudiendo haber dado lugar a water fountains y se interpretan como craterlets de licuefacción. De hecho, se indica en el mismo informe que en esos hoyos no se depositó sal durante un periodo de 3 o 4 años, lo que se interpreta como un flujo de agua subterránea (no salina) residual que impediría la cristalización de la sal. También se indica que tres meses después (en junio) esos hoyos provocaban la eyección de chorros verticales de agua y cieno de hasta un metro de altura (water fountains) lo que indica una sobrepresión remanente en el acuífero (no-salino) de la zona. Como se observa, se cataloga un efecto hidrológico (HA) pero es un fenómeno mixto con licuefacción (LQ).

Cuantificación: Se aportan numerosos datos descriptivos del proceso catalogado. Se cita que los craterlets ocuparon toda la extensión de la Laguna y también se indica que fueron muchos (múltiples). En cuanto a las dimensiones, los menores tendrían 3 m y los mayores 30 m de diámetro. En cuanto a su actividad, se indica actividad remanente 3 meses después del terremoto. Todos estos datos permiten asignar una intensidad X en la Escala ESI-07, acorde con el nivel de destrucción registrado en la localidad de Torrevieja.



Aspecto que podría haber presentado el fondo de las salinas tras el terremoto. La imagen es de Spotted Lake (Canadá), aunque en este caso se trata de la formación de depósitos minerales. http://www.cbc.ca/news/canada/landmarks



Salinas y puerto de Torrevieja en la actualidad. Se observa claramente donde se realizan y realizaban las labores de explotación de la sal y el Acequión. Panoramio

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	X*	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Larramendi, M.J. (1829): Memoria, relación de circunstancias y estado general de pérdidas causadas por la terrible catástrofe de los terremotos de 21 de marzo y siguientes han causado en Torrevieja y Gobernación de Orihuela. Imprenta Real, 1829, Madrid.

Prado, C. De, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. Rev. Minera, 14 (322 - 325), 180 pp.

Celdrán Bernabéu, M.A. y Azorín Molina, C. (2004): La explotación industrial de las salinas de Torrevieja (Alicante). Investigaciones Geográficas, 35, 105 – 132.

Alfaro, P. *et al.* (2012): The Bajo Segura Fault Zone: Active blind thrusting in the Eastern Betic Cordillera (SE Spain). Journal of Iberian Geology, 38 (1), 271-284.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva Departamento de Geología (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18290321.33.01 *33.01. San Felipe Neri (Alicante)*	EVENTO	HST18290321 TORREVIEJA. A	EFECTO	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
33 / San Felipe Neri	0°47'48.46"O	38°10'39.77"N	6 m	c. 1000m²	14,5 km	SURESTE	IX-X EMS / 6.6 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura aluvial (Margen Lacustre)	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	Depresión del Bajo Segura. Extensa llanura aluvial de escasa pendiente situada en esta zona central en torno a los 5-6 m sobre el nivel del mar. Corresponden a antiguas zonas palustres y estuarinas ("*Sinus Ilicitanus*" de época íbero-romana), desecadas artificialmente a partir del Siglo XVIII. La localidad de San Felipe se encuentra en el margen occidental de La Laguna del Hondo, uno de los relictos "no desecados" de la antigua zona pantanosa al Oeste de la Sierra de El Molar. Como el resto de poblaciones en esta zona, la población surge en el siglo XVIII al amparo de las obras de desecación y transformación de las zonas pantanosas desarrolladas por el Cardenal Belluga a partir de 1715. Se sitúa sobre terrenos ganados a la zona pantanosa litoral.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Conglomerados	Sedimentario; Limos y Arenas	Estratificada	Sin Consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno-Pleistoceno	Holoceno - Histórico	< 8 ka BP C^{14}	0,22	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, Sillería, Ladrillo	Casas, Iglesias	Múltiples, única	Destructivo	VII-VIII EMS / IX MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LICUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/8

Descripción: El Informe de Larramendi (1829) cita que a lo largo de toda la vega del Segura se abrieron millares de agujeros, bocas o respiraderos como de tres o cuatro pulgadas (7 – 10 cm) de diámetro y grietas en diferentes direcciones. Incluye a San Felipe Neri en su listado general de pérdidas pero no le asigna ninguna tahúlla afectada por procesos de licuefacción. Sin embargo, datos históricos recopilados por Rodríguez de La Torre (1984) indican que *"en esta jurisdicción se han abierto 140 bocas, de las cuales ha salido una gran porción de agua y arenas de varios colores, causando la novedad de haberse secado los sementeros y demás plantas"*. En toda la zona afectada de la vega del Bajo Segura, el terreno ondeaba como el mar, seguramente como consecuencia de los procesos de licuefacción. Los procesos de licuefacción en esta localidad debieron ser escasos y no se poseen datos para evaluar el área afectada por los mismos, seguramente inferior a una tahúlla (1.118 m²), pero es la única de la que se tiene información sobre su número (140 volcanes de arena).

Interpretación: Proceso de licuefacción generalizada acompañado por procesos de agrietamientos del terreno relacionados con lateral spreading (colapso lateral) de márgenes de cauces y acequias. Los craterlets o volcanes de arena por los que se arrojaron arenas de diferentes clases, lodos y aguas saladas en esta localidad superaron ampliamente la centena (Rodríguez de La Torre, 1984), por lo que se supone que en otras localidades con mayor área afectada tuvieron que superar ampliamente el millar los de mayores dimensiones (> 10 cm). La ondulación del terreno es signo de licuefacción generalizada en niveles superficiales especialmente en terrenos ganados al mar o lagunas, como es el caso. Las grietas más importantes en esta localidad serían subparalelas a la dirección del antiguo paleocanal (N90-110 E). La población sufrió graves daños listándose 16 casas e iglesia destruida y 10 casas dañadas (Larramendi, 1829). Según el Diccionario Geográfico de Madoz (1845-1850), a mediados del Siglo XIX esta población tan solo se componía de 30 casas, por lo que el evento afectó gravemente a casi el 90% de las edificaciones existentes en la época.

Cuantificación: La zona afectada por eyecciones de agua y sedimentos fue seguramente inferior a una tahúlla con 140 volcanes de arena documentados de dimensiones similares a las del resto de la zona afectada. Los craterlets (bocas) por los que se expulsó los materiales tenían entre 7 y 10 cm de diámetro. Las acumulaciones de arena resultantes (volcanes de arena) debieron de ser inferiores a los 5 m de extensión lateral de acuerdo a la escasa área afectada. Las dimensiones y la poca extensión de los procesos de licuefacción en esta localidad indican una intensidad mínima VIII ESI-07 para la cual estos procesos son ya frecuentes en llanuras aluviales o costeras con niveles freáticos someros, como es el caso (Delgado *et al* 1998). Esta intensidad mínima es inferior con la antigua intensidad de IX MSK asignada a esta población y en el rango superior de la VII-VIII EMS asignada.



Imagen Google Earth de la pequeña localidad de San Felipe de Neri (Real Sitio), fundada por el Cardenal Belluga en 1735 tras los trabajos de desecación de la zona.



Laguna del Hondo, relicto de las grandes zonas pantanosas que ocupaban toda la zona (cercanías de San Felipe Neri).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Larramendi, M.J. (1829): Memoria, relación de circunstancias y estado general de pérdidas causadas por la terrible catástrofe de los terremotos de 21 de marzo y siguientes han causado en Torrevieja y Gobernación de Orihuela. Imprenta Real, 1829, Madrid.
Delgado, J. *et al.* (1998): Liquefaction potential in the Lower Segura river basin (southeast Spain). Engineering Geology 49, 61-79.
Rodríguez de La Torre, F. (1984): Los terremotos alicantinos de 1829. Pub. Instituto de Estudios Alicantinos. Alicante, España. 322 pp.
Tent-Manclús, J.E. (2013): Cambio de la línea de costa en el Bajo Segura (Sur de Alicante) en los últimos 15.000 años. Estudios Geográficos, 74 (275), 683-702.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva Departamento de Geología (USAL); Teresa Bardají Departamento de Geología (UAH); Jorge Cuadrado (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18290321.34.02 *34.02. San Fulgencio (Alicante)*	EVENTO	HST18290321 TORREVIEJA. A	EFECTO	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/10

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
34 / San Fulgencio	0°43'9.25"O	38°6'43.50"N	4-5 m	28,6 ha	4,4 km	SURESTE	IX-X EMS / 6.6 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura aluvial (Paleocanal-levee)	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	Depresión del Bajo Segura. Extensa llanura aluvial de escasa pendiente situada en esta zona en torno a los 2-3 m sobre el nivel del mar. Corresponden a antiguas zonas palustres y estuarinas (*Sinus Ilicitanus"* de época ibero-romana), desecadas artificialmente a partir del Siglo XVIII. La localidad de San Fulgencio se sitúa sobre un antiguo paleocanal del Segura (levee) que bordeaba por el Sur la Sierra de El Molar adentrándose en la zona pantanosa en los siglos X al XV (Tent-Manclús, 2013) y elevándose sobre ella unos 2-3 m. Esta población nació en el siglo XVIII al amparo de las obras de desecación y transformación de las zonas pantanosas desarrolladas por el Cardenal Belluga a partir de 1715.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Conglomerados	Sedimentario; Limos y Arenas	Estratificada	Sin Consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno-Pleistoceno	Holoceno - Histórico	< 8 ka BP C^{14}	0,22	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, Sillería, Ladrillo	Casas, Iglesias, Molinos	Múltiples, única, único	Destructivo	VIII EMS / X MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LICUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/10

Descripción: El Informe de Larramendi (1829) cita que a lo largo de toda la vega del Segura se abrieron millares de agujeros, bocas o respiraderos como de tres o cuatro pulgadas (7 – 10 cm) de diámetro y grietas en diferentes direcciones. Se cita expresamente que en San Fulgencio algunas de las bocas abiertas eran de mayores dimensiones. Las grietas se abrieron regularmente hacia las acequias o el cauce del río, cediendo el terreno por la parte menos resistente al tiempo de levantarse la tierra. Se indica que los fluidos arrojados por algunos de estos respiraderos eran fétidos y nocivos para a la vegetación, matando muchas moreras, olivos, trigo y otras plantas por su acción. En toda la zona afectada de la vega del Bajo Segura el terreno ondeaba como el mar, seguramente como consecuencia de los procesos de licuefacción. Los procesos de licuefacción en esta localidad fueron de los más extensos, afectando a una superficie de 256 Tahúllas (x1.118 m2), unas 28,6 hectáreas.

Interpretación: Proceso de licuefacción generalizada acompañado por relevantes procesos de lateral spreading (colapso lateral) de márgenes de cauces y acequias. Los craterlets o volcanes de arena por los que se arrojaron arenas de diferentes clases, lodos y aguas saladas en esta localidad fueron los de mayores dimensiones (> 10 cm). Rodríguez de La Torre (1984) indica que en esta población la eyección de agua perduró por más tiempo que en otras zonas, ya que en medio de las ruinas de su iglesia rompió una fuente muy copiosa. La ondulación del terreno es signo de licuefacción generalizada en niveles superficiales especialmente en terrenos ganados al mar o lagunas como es el caso. Las grietas más importantes en esta localidad serían subparalelas a la dirección del antiguo paleocanal (N90-110 E). La población sufrió graves daños listándose 59 casas e iglesia destruida y 76 casas dañadas (Larramendi, 1829).

Cuantificación: La zona afectada por eyecciones de agua y sedimentos fue una de las más extensas del conjunto de la vega baja del Segura afectando a 28,6 hectáreas en esta localidad. Los craterlets (bocas) por los que se expulsó los materiales fueron los mayores documentados de toda la zona afectada (> 10 cm) aunque la mayoría de entre 7 y 10 cm. Consecuentemente, las acumulaciones de arena resultantes (volcanes de arena) debieron de sobrepasar con creces los 5 m de extensión lateral de acuerdo a la extensa área afectada. Grietas de grandes dimensiones preferentemente paralelas a las acequias y cauces existentes. Las dimensiones y la extensa área afectada por los procesos de licuefacción y lateral spreading en esta localidad indican una intensidad mínima X ESI-07 para la cual estos procesos son característicos en llanuras aluviales o costeras con niveles freáticos someros, como es el caso (Delgado *et al* 1998). Esta intensidad mínima concuerda con la antigua intensidad de X MSK asignada a esta población y es superior a la VIII EMS asignada.



Imagen Google Earth de la pequeña población de San Fulgencio ilustrando la ocurrencia de efectos de licuefacción e hidrogeológicos en la población. Como el resto de localidades de la zona, fundada en 1729 tras los trabajos de desecación de la zona por el Cardenal Belluga.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	X	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Larramendi, M.J. (1829): Memoria, relación de circunstancias y estado general de pérdidas causadas por la terrible catástrofe de los terremotos de 21 de marzo y siguientes han causado en Torrevieja y Gobernación de Orihuela. Imprenta Real, 1829, Madrid.
Delgado, J. *et al.* (1998): Liquefaction potential in the Lower Segura river basin (southeast Spain). Engineering Geology 49, 61-79.
Rodríguez de La Torre, F. (1984): Los terremotos alicantinos de 1829. Pub. Instituto de Estudios Alicantinos. Alicante, España. 322 pp.
Tent-Manclús, J.E. (2013): Cambio de la línea de costa en el Bajo Segura (Sur de Alicante) en los últimos 15.000 años. Estudios Geográficos, 74 (275), 683-702.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva Departamento de Geología (USAL); Teresa Bardají Departamento de Geología (UAH); Jorge Cuadrado (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18290321.37.02 *37.02. Torrevieja (Alicante)*	EVENTO	HST18290321 TORREVIEJA. A	EFECTO	ELEVACIÓN / SUBSIDENCIA COSÍSMICA: UP/10

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
37 / Torrevieja	0°40'39,20"O	37°58'26,18"N	0 m	≥ 4 km²	12,0 km	NORTE	IX-X EMS/ 6.9 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Puerto y acantilado litoral rocoso	Pendiente del terreno	Acantilado (línea de costa)
Descripción Geológica	Zona Litoral de Torrevieja desde esta localidad a Torrelamata (La Mata) en Cabo Cervera. Pequeño acantilado rocoso (c. 2 m) desarrollado sobre niveles marinos tirrenienses (Último Interglaciar) que se apoya en el sustrato de materiales marinos Pleistocenos (calcarenitas) de la zona, que aparece deformado en la pequeña plataforma de abrasión que se desarrolla al pie del acantilado.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Areniscas y Conglomerados	Roca	Estratificado	Consolidado	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pleistoceno Superior	Pleistoceno Superior	Sin Datos	0,20	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería	Casas, Iglesia	Múltiples, única	Ruina	X EMS / X MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Primario	Tipo de Efecto ESI-07	ELEVACIÓN / SUBSIDENCIA COSÍSMICA: UP/10

Descripción: Casiano Del Prado (1863) informa que el terreno se elevó permanentemente un palmo en la zona del puerto (c. 20 cm), dato que le proporcionaron los pescadores de la zona, indicando que tal variación relativa del nivel del mar (elevación de la costa) se marcaba en el litoral a lo largo de 4 km desde Torrevieja a hasta Cabo Cervera en dirección (NNE), donde precisamente Larramendi indica que se abrió la fractura del terreno más grande, probablemente de escala decamétrica o mayor y con desplazamiento centimétrico. Tal elevación centimétrica (un palmo) del terreno también se observó en las salinas adyacentes a Torrevieja donde, durante las labores de extracción de la sal en junio de 1829 (3 meses después del terremoto), los obreros que andaban en las labores de extracción en el interior del agua reconocieron esta disminución relativa de la profundidad de la misma.

Interpretación: La elevación del terreno puede estar relacionada con el movimiento inverso de la Falla del Bajo Segura que según algunos autores (Alfaro *et al*., 2012) fue la fuente sismogenética, ya que la zona levantada abarca el bloque levantado del mencionado accidente tectónico. Esta elevación pudo extenderse desde la desembocadura del Segura hasta el Sur de las Salinas de Torrevieja abarcando unos 15 km, pero dados los materiales no consolidados de las zonas norte y sur (playas), el fenómeno de elevación sería difícil de registrarse y conservarse posteriormente, como ocurrió en la zona del acantilado rocoso. Tan solo en la Torre de la Mata situada sobre un pequeño promontorio sobre materiales similares a los de Cabo Cervera podría verse este hecho. La torre quedó muy dañada observándose agrietamientos en las fotos anteriores a su restauración en 1982. Aunque las observaciones son puntuales, la elevación permanente del terreno pudo afectar a decenas de kilómetros cuadrados a lo largo de toda la margen derecha (Sur) del río Segura. La gran grieta que documenta Larramendi podría tratarse de una fractura de tensión en los materiales más cementados del sector litoral en respuesta al fenómeno de elevación en el bloque levantado de la falla donde se encuentra. Dada la ausencia de datos sobre la gran grieta de Larramendi (1829), la cuantificación se realiza en función de la cantidad de elevación cosísmica y del sector litoral que probablemente afectó, que son efectos primarios.

Cuantificación: Elevación tectónica permanente del terreno de c. 20 cm a lo largo de 4 km. Estos procesos de elevación-subsidencia del terreno inferiores a un metro indican una intensidad mínima de IX grados ESI-07. No obstante, teniendo en cuenta que esta elevación pudo afectar a un segmento costero de unos 15 km de longitud la intensidad más probable sería de X ESI-07.



Vista de la playa del arenal, actual relleno del puerto y explanada de la feria. Foto A Darblade – Colección Fco Sala Aniorte http://www.cronistasoficiales.com

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	X*	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

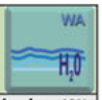
Larramendi, M.J. (1829): Memoria, relación de circunstancias y estado general de pérdidas causadas por la terrible catástrofe de los terremotos de 21 de marzo y siguientes han causado en Torrevieja y Gobernación de Orihuela. Imprenta Real, 1829, Madrid.

Prado, C. De, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.

Alfaro, P. *et al*. (2012): The Bajo Segura Fault Zone: Active blind thrusting in the Eastern Betic Cordillera (SE Spain). Journal of IberianGeology 38 (1) 2012: 271-284.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva Departamento de Geología (USAL); Teresa Bardají Departamento de Geología (UAH).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18290321.37.03 *37.03. Puerto de Torrevieja (Alicante)*	EVENTO	HST18290321 TORREVIEJA. A	EFECTO	ANOMALÍA EN CUERPOS DE AGUA: WA/10 

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
37 / Torrevieja. A	0°41'8,80"O	37°58'32,02"N	0 m	4000 m²	12 Km	NORTE	IX-X EMS / 6.6 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Zona Litoral (Puerto)	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	Antiguo Puerto de Torrevieja, situado en una pequeña bahía natural orientada hacia el Sur, en el extremo meridional de la mencionada localidad al abrigo de un saliente rocoso orientado NNO-SSE de conglomerados, limos y arenas fuertemente encostrados (Fm. Sucina)		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Conglomerados	Cuerpo de Agua	Masiva	Fluido	Ninguno
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno-Pleistoceno	No hay materiales afectados	Sin Datos	0,20	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería	Casas, Iglesias	Múltiples, varias	Destructivo	IX-X EMS / X MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	ANOMALÍA EN CUERPOS DE AGUA: WA/10

Descripción: El informe de Larramendi (1829) indica que en la zona litoral se observó que el agua se retiró notablemente durante el terremoto pero que al poco volvieron a su altura natural. No obstante, el informe de Casiano del Prado (1863) indica que en el Puerto de Torrevieja *"Una fragata sueca, cargada de sal, sufrió tales sacudimientos que tuvo que irse a Cartagena a descargar para reparar las averías que le habían resultado"*. Similares efectos (choque de embarcaciones) se registraron en el Puerto de Alicante a unos 33 km de distancia.

En relación con efectos sobre las embarcaciones en el entorno litoral, el estudio de Rodríguez de La Torre (1984) indica que un barco que navegaba a 14 millas marinas (22 km) al NE del Cabo de Palos sintió un fuerte sacudimiento consecuencia del terremoto, cuyo epicentro se situaría unos 35 km al NE. Este dato se indica en la "*carta del marino de Portman*" publicada en el "Diario de Barcelona", y que se reprodujo en todos los diarios nacionales posteriormente.

Cuantificación: De la descripción se desprende que la sacudida sísmica ocasionó oleaje anómalo de escala métrica y agitación de las aguas en la zona protegida del puerto, como si de una cuenca de agua (embalse o laguna) se tratase afectando al antiguo puerto cuya superficie no sobrepasaba los 5000 m². Por otro lado, los efectos en mar abierto no son descritos en la Escala ESI-07.

Interpretación: El oleaje anómalo en cuencas cerradas de escala métrica se considera a partir de una intensidad VIII ESI-07. No obstante, la localidad de Torrevieja fue la que mayor daño sufrió, donde los efectos fueron destructivos de intensidad X EMS/MSK. La ciudad y las instalaciones portuarias tuvieron que ser completamente reconstruidas. En definitiva, una intensidad X debe considerarse como mínima para el sector litoral.

Es posible que todo el conjunto de procesos que se indican en esta ficha sean consecuencia de la elevación de todo el sector litoral localizado en el labio levantado de la Falla del Bajo Segura que se describe en otra ficha de esta localidad. Todos los datos indican que ocurrió un oleaje anómalo en toda la zona litoral al Sur del epicentro macrosísmico, pero no hay ningún dato sobre inundaciones o desbordamientos marinos que permitan suponer que se produjo algún tipo de tsunami.



Antiguo puerto de Torrevieja visto desde la ciudad imagen de mediados del Siglo XX.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	X	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Larramendi, M.J. (1829): Memoria, relación de circunstancias y estado general de pérdidas causadas por la terrible catástrofe de los terremotos de 21 de marzo y siguientes han causado en Torrevieja y Gobernación de Orihuela. Imprenta Real, 1829, Madrid.

Prado, C. De, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.

Rodríguez de la Torre F., 1984: Los terremotos alicantinos de 1829. Publicaciones del Instituto de Estudios Alicantinos, I, 100, Alicante, 322 pp.

Albini P. y Rodríguez de la Torre, F. (2001): The 1828-1829 earthquake sequence in the provinces of Murcia and Alicante (Southeastern Spain): a reappraisal of the historical sources. In: T. Glade, P. Albini and F. Frances (eds.), The Use of Historical Data in Natural Hazards Assessment. Advances in Natural and Technological Hazards Research, vol. 17, Kluwer, Dordrecht, 35-54.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva Departamento de Geología (USAL); Teresa Bardají Departamento de Geología (UAH); Jorge Cuadrado (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

9.13. HST 18630610 HUÉRCAL-OVERA (Almería) 1863 AD
Terremoto de Huércal-Overa (Histórico Reciente, Siglo XIX)

HST 18630610: HUÉRCAL – OVERA (Almería). 1863 AD											HISTÓRICO	
FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO	
18630610*AD*	11:10	1°56' O	37°22' N	4,2– 4,6 M*	VI-VII	VII	VIII	B	B	A	Huércal-Overa. AL.	
Método de datación:		CATALOGADO Ref. Bibliográfica: De Prado (1863)									Tipo Evento:	HST
Prof. km	-	±EZ	-	±EH-	-	Mo	-	Eventos asociados		RÉPLICAS	Agencia:	IGN
EEE Primarios		NO	Longitud Falla		-	Desplazamiento		-			Tipo Desp.:	Sin datos
EEE Secundarios		SÍ	Categoría ESI07		☒GK ☒SM ☐LQ ☒HD ☒HA ☒WA ☐TS						Área afectada:	98 km²
Otros EEE Ambientales		SÍ	☒ OTROS EFECTOS (OT): Movimiento de la vegetación en torno a Huércal-Overa; Expulsión de gases (CO_2) a través de grietas y fracturas en Huércal-Overa y Vera; Ventilación espontánea de pozos mineros en Sierra Almagrera.									
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ	☒ EAEs: Colapsos parciales en las torres y agrietamiento de fachadas de muchas iglesias en Huércal-Overa, Obera y Cuevas. Daños en el Castillo de Cuevas, en el Palacio del Marqués de Villafranca en Almanzora (Arboleas) y en el Convento de los Padres Mínimos de Vera.									

Documentación IGN 2002: 56, 165, 166, 223, 231, 263, 267, 280, 317, 405, 426, 431, 439, 504, 545, 584, 600, 623, 635, 639, 687, 731, 739, 800

Referencias bibliográficas básicas:

Fernández Bolea, E. (2009): Los terremotos de 1863 en la comarca del Levante almeriense. Espiral, Cuadernos del Profesorado, 2 (3), 27-40.
García Asensio, E. (1908): Historia de la Villa de Huércal-Overa y su comarca precedida de un estudio físico-geológico de la cuenca del río Almanzora. Murcia, 295 pp.
Martínez Solares, J.M., Mezcua, J. (2002): Catálogo Sísmico de la Península Ibérica (880 a. C. – 1900). Monografías IGN, 18. IGN, Madrid (Spain), 253 pp.
Masana, E. *et al.* (2005): Large Holocene morphogenic earthquakes along the Albox fault, Betic Cordillera, Spain. Journal of Geodynamics, 40, 119–133.
Prado, C. de, (1863): Los terremotos de la Provincia de Almería. Revista Minera, 14 (322 - 325), 180 pp.
Silva, P.G. *et al.* (2014): Anatomy of an Earthquake: Geological analysis of the Huércal-Overa AD 1863 event (Almería, SE Spain). Resúmenes 2ª Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, IBERFAULT II. Lorca, España. Octubre, 2014.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 18630610 Huércal-Overa AL	1°56' W	37°22' N	4.2– 4.6 M*	VI-VII	VII	VIII	A	Eastern Betic Cordillera (Zone 36)
EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: De Prado (1863); Fernández Bolea (2009); García Asensio (1908); Martínez Solares & Mezcua (2002); Silva *et al.* (2014)							Event Type:	HISTORIC

GENERAL DAMAGE: Moderate damage in houses and severe damage on churches, with partial collapses in the epicentral area (Huércal-Overa, Obera, Arboleas, Cuevas de Almanzora and Vera). No deaths. Seismic series lasted for nearly four months until 23th September 1863, including several important aftershocks of intensity VI-V EMS at Huércal-Overa, Serón, Cuevas and Vera. In the locality of Serón about 50 km to the East of Huércal-Overa an event V-VI EMS occurred on 9th July 1863 causing severe damage on buildings (churches, houses and city council) of this locality by the collapse of the western wall of the Castle over the city centre. The Main Event on 10th June 1863 was felt in Huércal-Overa (V-VI EMS), Cuevas de Almanzora, Arboleas and Vera (VI EMS), Albox, Cantoria and Sierra de Almagrera (V EMS); and felt at distant localities such as in Águilas (33 km); Lorca (39 km), Almería (73 km) and Cartagena (80 km). Previous estimations assigned a maximum intensity of VII MSK.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Environmental damage by secondary effects over an area of 80-98 km² included within the isoseismal zone VI EMS, affecting to the localities of Huércal-Overa, Cuevas de Almanzora, Vera, Caserío de Los Oribes and the ancient Obera in the vicinity of the present locality of Santa Bárbara. Maximum damage of intensity VIII ESI-07 cover an area of near 10 km² along the Almanzora Valley south of Huércal-Overa, where EMS intensities were not established. 19 EEE records for secondary effects and 5 EAE records.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No reported.*
☒ ***3 Ground cracks (GK):*** *Ground cracks of decametric length and decimetric width, with gas emission causing the death of small domestic animals in Huércal-Overa (2.6 km away) and Cuevas de Almanzora (8.9 km away). In the last locality the largest one of the cracks was 30 m length and 10 cm wide. In Los Oribes (3.5 km away) larger cracks of presumed hectometric length caused the desiccation of the Albojaira Lake.*
☒ ***7 Slope movements (SM):*** *Multiple rockfalls of loose material in step valley slopes and cliffs in the Almanzora Valley and around the ramblas of Saltador, Grande and Guzmaina around Huércal-Overa. All sites located less than 3.5 km away from the epicentre, except two cases in the vicinity of Cuevas de Almanzora about 8.5-9.0 km away. More than eleven sites identified seven of them catalogued.*
☐ ***Liquefaction processes (LQ):*** *No reported.*
☒ ***5 Hydrogeological anomalies (3HD; 2HA):*** *One spring temporally run dry and moved 400 m after the even in the Almanzora Valley (3.2 km away). One spring in Huércal-Overa (2.6 km away) increased significantly the flow-rate. New springs with high water turbidity appeared around el Retablo hill in the Almagro Range (4.1 km away). Near the Tres Pacos Mine (6.5 km away) one thermal spring underwent suspect changes in temperature.*
☒ ***2 Anomalous waves and tsunamis (1WA):*** *Significant decrease on the flow-rate of the Almanzora river during several minutes (1.5-2.5 km away) inducing the temporary stop of the existing water-mills around the ancient Obera. The Albojaira Lake (3.5 km away) disappeared.*
☒ ***5 Other effects:*** *Spontaneous ventilation of underground mines in Sierra Almagrera (La Jarosa Creek, 18 km away); increase of discharge rate (x8) on wells around this mining district; Vigorous tree shaking and gas emissions around Huércal-Overa (2.5 km away). Unidentified EMS Natural Effects in El Taberno (17 km away), probably observable hydrological anomalies in the spring of this town.*
☒ ***7 Archaeoseismic damage:*** *Moderate to strong damage in houses, churches and castles in Huércal-Overa, Obera (VII EMS), Cuevas y Vera (VI EMS).*

☒ ***Geological Data:*** *Earthquake report produced two months after the event by Casiano de Prado (1863). Fault trenching in the Albox Fault (7 km North of Huércal-Overa) by Masana et al (2005) documenting several Late Holocene events, but any related to the studied one. Recent geological analysis of the earthquake by Silva et al. (2014) indicate that the earthquake was related to Eastern termination the E-W Betic thrust front developed along the Almanzora Tectonic Corridor.* ***Quality of Geological Information Class A.***

Research / Data compilation by: *P.G. Silva (USAL), A. Fernández (USAL). Published 2014.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 18630610 Huércal-Overa, AL	1°56' O	37°22' N	4,2– 4,6 M*	VI-VII	VII	VIII	A	**Cordillera Bética Oriental (Zona 36)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN
Ref.: De Prado (1863); Fernández Bolea (2009); García Asensio (1908); Martínez Solares & Mezcua (2002); Silva *et al.* (2014)

Tipo de Evento: **HISTÓRICO**

DAÑOS GENERALES: Daños moderados en edificaciones y más dañino en iglesias y castillos, con colapsos parciales en la zona epicentral (Huércal-Overa, Obera, Arboleas, Cuevas de Almanzora and Vera). No se consignaron víctimas mortales. Forma parte de una serie sísmica que duró aproximadamente cuatro meses hasta el 23 de Septiembre de 1863, que incluyó importantes réplicas de intensidad V-VI EMS en Huércal-Overa, Cuevas, Vera y Serón. En esta última localidad (50 km al Oeste de Huércal) un evento de intensidad V-VI EMS ocurrido el 9 de Julio de 1863 causó importantes daños en diferentes edificaciones (iglesia, Ayuntamiento y casas) como consecuencia del colapso del lienzo occidental de la muralla del antiguo Castillo Nazarí de la localidad. El evento principal, ocurrido el 10 de Junio de 1863 fue sentido con intensidad VI-VII EMS en Huércal-Overa, VI en Arboleas, Cuevas de Almanzora y Vera, y con intensidad V en Albox, Cantoria y el distrito minero de la Sierra de Almagrera a unos 18 km de distancia epicentral. Fue sentido con intensidad III EMS en localidades tan distantes como Águilas (33 km); Lorca (39 km), Almería (73 km) y Cartagena (80 km). Estimaciones previas asignan a este terremoto una intensidad máxima de VII MSK (Espinar Moreno, 1998).

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Los daños ambientales por efectos secundarios abarcan un área de 80-98km² incluida dentro de la isosista de intensidad VI afectando a las localidades de Huércal-Overa, Cuevas de Almanzora, Vera, Caserío de Los Oribes y al antiguo despoblado de Obera, localizado en el Valle del Almanzora e incluyendo las actuales barriadas de La Concepción, Santa Bárbara y Los Menas. Los efectos geológicos más severos indican una intensidad VIII ESI-07 cubriendo un área de aproximadamente 10 km² a lo largo del recorrido del Cañón del Almanzora en la Sierra de Almagro, donde las intensidades EMS no han sido establecidas por estudios previos. 19 registros EEE (efectos secundarios) y 5 registros EAE.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No registradas*
☒ ***3 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Grietas en materiales aluviales de longitud decamétrica y anchura decimétrica, acompañadas de emisiones de gas carbónico que causaron la muerte de pequeños animales domésticos (gatos y gallinas) en Huércal-Overa (2,6 km) y Cuevas de Almanzora (8,9 km). En esta última localidad se registró el agrietamiento del terreno de mayores dimensiones con una longitud de 30 m y una anchura de 30 cm. En la zona de los Oribes (3,5 km) se abrieron grietas de mayores dimensiones, presumiblemente de longitud hectométrica, causando la desecación permanente de la antigua Laguna de Albojaira que ocupaba una extensión de 30.000 m².*
☒ ***7 Movimientos de Ladera (SM):*** *Múltiples caídas de rocas en materiales rocosos sueltos en laderas abruptas y cantiles de los valles de Almanzora (Obera y Los Oribes) y ramblas de El Saltador, Guzmaina y Grande en el entorno de Huércal-Overa. Todas las localidades afectadas se sitúan a menos de 3,5 km de distancia epicentral, excepto los registrados en los cantiles y cerros en el entorno de Cuevas de Almanzora (8,5-9 km). Más de 11 sitios localizados, 7 de ellos catalogados.*
☐ ***Procesos de Licuefacción (LQ):*** *No registrados.*
☒ ***5 Anomalías Hidrogeológicas (3HD; 2HA):*** *Una fuente se secó temporalmente por espacio de 15 días, apareciendo de nuevo a 40 m de distancia en el Valle de Almanzora (1,2 km). La única fuente de Huércal-Overa se enturbió temporalmente incrementando significativamente su caudal (2,6 km). Aparecieron nuevas fuentes con aguas turbias y sulfurosas en la Sierra de Almagro, especialmente en el Cerro de El Retablo (4,1 km). En el entorno de la Mina de los Tres Pacos (6,5 km) un manantial experimentó termalidad. La máquina de desagüe del distrito minero de Sierra de Almagro, en el Bco. de El Jaroso (17 km) experimentó un incremento de caudal de entre seis a ocho veces lo habitual.*
☒ ***2 Oleaje Anómalo y Tsunamis (1WA):*** *El río Almanzora disminuyó o paró su flujo durante algunos minutos haciendo que se pararan los molinos harineros del Valle del Almanzora en Obera (1,5-2,5 km). La antigua Laguna de Albojaira (3,5 km) desapareció como consecuencia de la apertura de grandes grietas en su lecho.*
☒ ***5 Otros Efectos:*** *Ventilación espontánea de los pozos mineros de la Sierra Almagrera (Bco. La Jarosa, 18 km); Agitación vigorosa de la vegetación en la vega de Huércal-Overa (Rambla Grande); emisiones de gas carbónico a través de las grietas abiertas en el terreno en Huércal-Overa y Vera.*
☒ ***7 Daños Arqueosísmicos:*** *Daños moderados a graves en edificaciones, iglesias y castillos de Huércal-Overa, Antigua Obera, (VII EMS), Cueva y Vera (VI EMS). colapsos parciales y agrietamientos de torres de iglesias en la Antigua Obera, Huércal-Overa y Vera; caídas orientadas de elementos arquitectónicos en los castillos de los Vélez (Cuevas) y Palacio de Villafranca (Barriada de Almanzora).*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Informe del terremoto por Casiano del Prado (1863) que visitó la zona dos meses después del evento. Trinchera de falla en la Falla de Albox, 7 km al Norte de Huércal-Overa (Masana et al., 2005) documenta algunos terremotos holocenos, pero ninguno relacionado con el que aquí se trata. El análisis geológico de la serie sísmica de Huércal-Overa realizado recientemente por Silva et al. (2014) indica que el terremoto estuvo relacionado con la terminación oriental del frente de cabalgamiento Bético E-O de la Sierra de Almagro que condiciona el Corredor Tectónico del Almanzora.* ***Calidad de la información geológica de Clase A.***

Investigación / Compilación de la información: *P.G. Silva (USAL), A. Fernández (USAL). Publicado en 2014.*

IMAGEN EVENTO

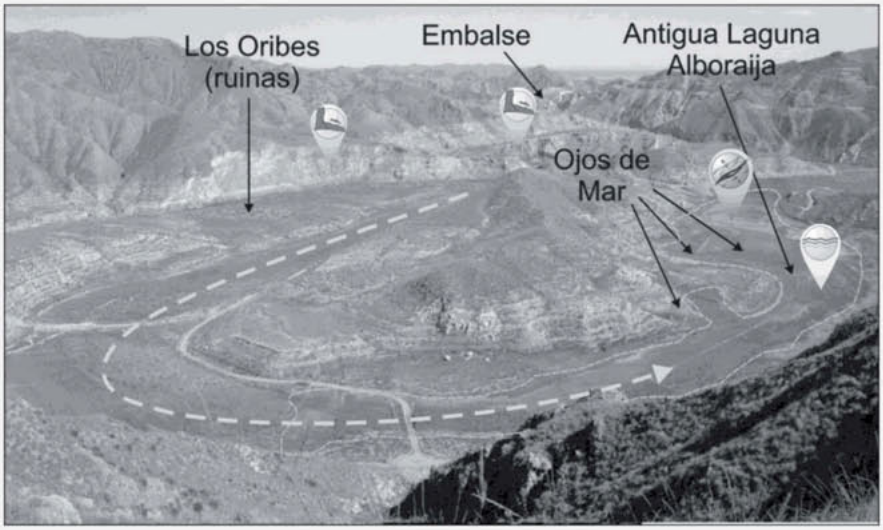


Imagen del meandro abandonado del río Almanzora (Sierra de Almagro) en la zona de Los Oribes, donde se localizaba la antigua Laguna de Albojaira, desecada durante el terremoto por la aparición de grandes grietas en su lecho. Foto original cedida por Martin Stokes (Plymouth University, UK).

DESCRIPCIÓN
HST 18630610: HUÉRCAL – OVERA (Almería). 1863 AD **DATOS GALBIS**

Descripción de Galbis (1932). Terremoto Nº 833: *1863 AD*

10 de junio a fines de septiembre.- Ocurrió un período sísmico muy notable en el SE de España, durante el cual hubo centenares de sacudidas sísmicas que afectaron, sobre todo, a Huércal-Overa, Cuevas de Vera, Vera, Albos, Antas y Jaroso (Almería).

El ingeniero de Minas D. Casiano de Prado, por encargo del Gobierno, hizo un estudio detallado de estos terremotos, visitando los lugares afectados. El resultado de este trabajo se publicó en la Revista Minera, t. XIV, páginas 323 y siguientes, y en él constan las horas en que ocurrieron algunas de las principales sacudidas. Tuvieron menor intensidad que en los pueblos antes citados en Arboledas, Cantoria y Lubrín.

Adquirió dicho ingeniero datos de haberse sentido unas u otras sacudidas ligeramente en Almería, Berja, Adra, Cartagena, Murcia, Lorca, Águilas, Torrevieja. La serie de agosto extendió sus efectos al W y N de Motril y Sierra Nevada, existiendo también noticias de haberse observado en Capileira, Albuñol, La Mamola y Albánchez.

Puede decirse que ***la zona afectada tuvo una longitud de 300 kilómetros, desde la desembocadura del río Segura hasta Motril y Almuñécar, con una anchura de 60 kilómetros***. ***Los más fuertes se sintieron desde la desembocadura del Almanzora, hasta Purchena y Serón, a lo largo de dicho río, en una extensión de 70 u 80 kilómetros.***

Se ocasionaron daños materiales en diferentes pueblos, aunque no fueron grandes, citándose como notables; en Jaroso, grietas en el castillo del marqués de Villafranca; en Huércal-Overa se desplomó la torre de la iglesia; en Vera también se desplomó la torre de un convento; en Albos se hundió una casa; hubo además en varios pueblos casas e iglesias agrietadas, muros caídos, ***grietas en el terreno, citándose una de 30 m. de largo por 10 cm. de ancho a lo largo de una calle de Cuevas de Almanzora, y peñas desprendidas de las montañas***.

La laguna Albojaira, término de Huércal-Overa, se secó, fenómeno que se observó varias veces, sin duda efecto de movimientos sísmicos. No hubo, sin embargo, ninguna desgracia personal, pero sí gran pánico, abandonando las casas en algunos pueblos.

Nota aclaratoria de Galbis (1940). Terremoto Nº 833: *1863 AD*

10 de Junio a fines de Septiembre.- El 10 de Junio, a las 11 h. 20 m., los días 14 y 19 del mismo mes; a las 11 h. del 3 de Julio y a las 23 h. 20 m. del 1º de Septiembre, se sintieron pequeñas sacudidas sísmicas, de las que la más fuerte apenas duró 3 s.

Referencias de Galbis (1932; 1940). Terremoto Nº 833: *1863 AD*

De Clada R. y Flores, M. (año): Ing. Historia y Arqueología sobre la ciudad de Cuevas de Vera.

Díaz Cassou, P. (1900): La Huerta de Murcia. Murcia, 127 pp. Sin fecha ni pie de imprenta.

Díaz Cassou, P. (1900): Topografía, Geología y Climatología de la Huerta de Murcia. 127 pp. Sin fecha ni pie de imprenta (1900 – 1924).

García Asensio, E. (1908): Historia de la Villa de Huércal-Overa y su comarca precedida de un estudio físico-geológico de la cuenca del río Almanzora. Murcia, 295 pp.

Jimeno, H. (1901): Noticias históricas sobre algunos terremotos acaecidos en España. Bol. de la Real Sociedad Española de Historia Natural, t. I, 1901, 175 – 181.

Prado, C. de, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. Rev. Minera, t. XIV, núms. 322 a 325, 69 págs.

Sánchez Navarro-Neumann, M. (1921): Lista de los terremotos más notables sentidos en la península Ibérica desde los tiempos más remotos, hasta 1917, inclusive, con ensayo de agrupación en regiones y períodos sísmicos. La Estación Sismológica y el Observatorio Astronómico y Meteorológico de Cartuja (Granada). Memorias y trabajos de divulgación científica. pp. 11-65.

INTERPRETACIÓN **ANÁLISIS DE DATOS**

HST 18630610: HUÉRCAL – OVERA (Almería). 1863 AD

Autor: Pablo G. Silva, Departamento de Geología, Universidad de Salamanca.

EEE. Efectos Geológicos y Ambientales del Terremoto de Huércal-Overa de 1863 AD

En el análisis de los datos aportados por Casiano de Prado (1863) se mencionan diferentes tipos de efectos ambientales y geológicos (EEE) producidos por el terremoto de Huércal-Overa. De Prado (1863) hace mención de los datos consignados en los partes de los alcaldes de las diferentes poblaciones afectadas, principalmente de Huércal-Overa. Los datos aportados por este autor permiten identificar la ocurrencia de anomalías hidrológicas (AH) e hidrogeológicas (HD), agrietamientos del terreno (GK), movimientos en masa (SM), alteración de las aguas en ríos y lagunas (AW) y otros efectos secundarios (OT) como emanación de gases tóxicos, agitación de la vegetación, ventilación espontánea de pozos mineros. Estos datos se complementan con los que aporta la obra de García Asensio (1908) y los extraídos de diarios de la época por Fernández Bolea (2009). Los datos de estos autores permiten la identificación de nuevos EEEs en el interior de la Sierra de Almagro y en el entorno de Cuevas de Almanzora que no fueron consignados por Casiano de Prado (1863). La mayor parte de los efectos documentados con intensidad ≥ VI ESI-07 se sitúan a una distancia epicentral de menos de 10 km, localizados esencialmente en las localidades de Huércal-Overa, Cuevas de Almanzora, Los Oribes y el antiguo despoblado de Obera. Las dos últimas localidades se sitúan en el Valle del Almanzora unos 4 km al Sur de Huércal-Overa, con distancias epicentrales iguales o inferiores a los 5 km y donde la cuantificación de los efectos consignados indica el registro de intensidades máximas de VIII ESI-07 al menos para seis efectos: a) grandes agrietamientos del terreno y desaparición de la Laguna de Albojaira (Los Oribes); b) desprendimientos de bloques decamétricos en el Cañón del Almanzora; c) retroceso de las aguas del propio río Almanzora (Antigua Obera); desaparición-reaparición de manantiales (Rambla de Bobara); y aparición de manantiales de aguas cenagosas y sulfurosas (Cerro de El Retablo). Estos datos indican que en esta zona del Cañón del Almanzora que atraviesa la Sierra de Almagro se sitúa el área macrosísmica con Imax VIII ESI-07 (Silva *et al.*, 2014). El hecho de que esta zona se encontrara bastante despoblada cuando ocurrió el terremoto (García Asensio, 1908) ha impedido el establecimiento de intensidades EMS en esta zona; no obstante, el informe de Casiano de Prado (1863) indica explícitamente que fue en esta zona de Obera donde con más fuerza y en mayor número se sintieron los terremotos. El análisis de campo y contrastación histórica de localizaciones con datos de Madoz (1845-1850) y García Asensio (1908) indican que parte de los daños y efectos geológicos referentes a Huércal-Overa se sitúan realmente en la zona del antiguo despoblado de Obera (Silva *et al.*, 2014).

Los trabajos de López Marinas (1979) y Espinar Moreno (1994) indican que el terremoto tuvo intensidad máxima de VII MSK en Huércal-Overa, re-catalogado posteriormente con intensidad máxima VI-VII EMS, y magnitud estimada de M 4,2, situado a unos 4 km al SSE de Huércal-Overa (Martínez Solares y Mezcua, 2002). Recientes revisiones de la sismicidad histórica en España (Mezcua *et al.*, 2013) re-localizan el epicentro a unos 7 km al Norte de Huércal-Overa, Intensidad máxima VI-VII EMS y magnitud estimada de M 4,6. Esta nueva re-localización, ajustada a los métodos empíricos usados por estos autores, discrepa del registro geológico ocasionado por el terremoto, más coherente con la localización epicentral listada en el catálogo sísmico del IGN (Martínez Solares y Mezcua, 2002). La nueva localización epicentral coincide espacialmente con el trazado de la Falla de Albox al Norte de Huércal-Overa (zona de Huércal – El Ruchete) donde se realizaron cuatro trincheras de falla (Masana *et al.*, 2005). Esta falla pertenece al terminal-splay de la Falla de Lorca-Alhama de Murcia (García-Meléndez, 2004) y los autores citados identifican en ella un evento paleosísmico posterior al año 650 AD y probablemente anterior al Siglo XIX. Este paleosismo, con desplazamiento centimétrico (ruptura de falla), sería inferior a M 6,4 aunque los autores no especifican su tamaño por falta de datos y sería anterior al que aquí se cataloga (Masana *et al.*, 2005), el cual no se menciona siquiera en ese trabajo.

Los EEE catalogados indican que el epicentro macrosísmico del evento de 1863 se situaría en el entorno del Valle del Almanzora al Sur de Huércal-Overa, entre las poblaciones de Los Oribes y la Antigua Obera (actual barriada de Santa Bárbara) en el entorno de la confluencia de la Rambla de Bobara con el Almanzora, un poco más al Oeste de la localización epicentral del IGN, pero aproximadamente dentro del radio de error (± 1.5 km) de la que se considera en el catálogo del IGN para terremotos históricos (Martínez Solares y Mezcua, 2002). Esta localización del evento sería coherente con el trazado del cabalgamiento del sustrato metamórfico Bético de la Sierra de Almagro sobre los materiales neógenos de la Cuenca de Huércal-Overa, de dirección NE-SW y vergente hacia el SE (Silva *et al.*, 2014). Este accidente tectónico representa la terminación oriental del denominado corredor tectónico del Almanzora, una estructura de carácter cortical, con actividad tectónica cuaternaria contrastada y de impacto en el desarrollo del paisaje en la zona, ligada a importantes fenómenos de captura fluvial de la cuenca del Almanzora (e.g. García-Meléndez *et al.*, 2003; 2004; Stokes y Mather, 2005).

Por lo demás, citar que efectos geológicos y ambientales se registran hasta distancias epicentrales de entre 15 km (Taberno) al Norte del epicentro y de 17-16 km al Este (Sierra Almagrera; La Jarosa) y Sur (Vera) del epicentro respectivamente, pertenecen a la categoría de otros efectos (OT) o se encuentran relacionados con anomalías hidrológicas (HA). En el distrito minero de Sierra Almagrera indicarían el límite V-VI, mientras que en Vera se encontraría todavía dentro de la zona VI, coherente con la intensidad EMS registrada en esa población (Martínez-Solares y Mezcua, 2002). La anomalía de El Taberno, se consigna en Martínez Solares y Mezcua (2002) como efectos naturales EMS sin especificar.

La consulta de la documentación para el presente catálogo no ha permitido identificar qué clase de EEE es esta anomalía. En cualquier caso, dado que la Escala ESI-07 considera la ocurrencia de efectos ambientales a partir de intensidad IV, hemos situado la localidad de El Taberno dentro de la zona VI ESI-07, ya que en poblaciones mucho más distantes (70–80 km) localizadas al Norte (Lorca) y Sur (Almería) del epicentro la sacudida fue de intensidad III EMS (Martínez Solares y Mezcua, 2002). Así pues, los efectos geológicos más importantes de intensidad VII≥ ESI-07 se registraron en una zona de 4-5 km de radio, no superior a los 50 km^2, incluyendo Huércal-Overa, Obera, Los Oribes y el conjunto de la Sierra de Almagro. Se alcanzó intensidad VIII ESI-07 al Sur del epicentro a lo largo del segmento del Cañón del Almanzora localizado entre la antigua Obera (Este) y el Caserío de Los Oribes (Oeste) a lo largo de 4,5 km lineales afectando un área de apenas 10 km^2 en el entorno más próximo de la Sierra de Almagro. Los EEE de intensidad VI se registran hasta 4 km al Norte en Huércal-Overa hasta los 9-10 km al Sur en Cuevas de Almanzora, donde los datos de García Asensio (1908) y Fernández Bolea (2009), indican que los desprendimientos (SM) en los cantiles y cerros que rodean Cuevas de Almanzora fueron comunes durante el terremoto principal y réplicas más importantes. En definitiva, la zona afectada por EEE resulta un rectángulo NE-SE de 7 km de anchura por 14 km de Longitud (98 km^2), superficie ésta cercana a la que en la escala ESI-07 indica intensidad máxima VIII, aunque efectos en el límite inferior de VI ESI-07 se registran hasta los 15-18 km hacia el Sur (Vera) y Este (El Jaroso) del epicentro macrosísmico abarcando un área total cercana a los 120 km^2. De forma independiente, el área afectada (c. 100 km^2) y las dimensiones de los EEEs catalogados en el área epicentral, indican que el evento del 10 de Junio de 1863 tuvo una intensidad máxima de VIII ESI-07, si bien en Huércal-Overa, la intensidad máxima fue de VII ESI-07, si bien las intensidades asignadas a los núcleos urbanos más poblados en la época, Huércal-Overa (VII), Cuevas (VI) y Vera (VI) se encuentran dentro del rango superior de intensidades EMS asignadas a estas poblaciones por Martínez Solares y Mezcua (2002).

Por último, indicar que el terremoto del 10 de Junio de Huércal-Overa, constituye el evento principal de una serie sísmica de algo más de 40 terremotos que se prolongó hasta el mes de Septiembre de 1863 (Espinar Moreno, 1994). La Serie sísmica que se extendió de Este a Oeste por todo el Corredor Tectónico del Almanzora caracterizada por eventos de intensidad III a VI EMS afectando a las localidades de Cantoria, Albox, Purchena y Serón, donde el 9 de Julio se registró uno de intensidad V-VI que ocasionó grandes desperfectos en el Castillo y en edificios aledaños a éste por el derrumbe de su lienzo Norte (De Prado, 1863). Durante los posteriores meses de Agosto y Septiembre los terremotos más importantes (V y IV EMS) se registraron más al sur afectando a las localidades de Cuevas y Vera. El 23 de Septiembre de 1863 se sintió el último terremoto de la serie en Huércal-Overa con intensidad IV EMS (Martínez Solares y Mezcua, 2002). Así pues, la serie sísmica duró aproximadamente unos tres meses, pero los daños consignados por Casiano de Prado (1863) y aquí catalogados hacen referencia a los ocasionados por el terremoto principal (10 de Junio), y sólo uno de ellos a las réplicas más importantes ocurridas el 2 de Julio de 1863 (Huércal GK) con intensidad V-VI EMS (Martínez Solares y Mezcua, 2002). La distribución de las réplicas y de los EEEs catalogados para el evento principal, permite por otra parte relacionar la serie sísmica con el accidente tectónico que condiciona el Corredor E-O del Almanzora y no con la mencionada Falla de Albox como podría desprenderse de los nuevos datos macrosísmicos aportados por Mezcua *et al.* (2013).

EAE. Efectos Arqueosismológicos del Terremoto de Huércal-Overa de 1863 AD

En el análisis de los datos aportados por Casiano De Prado (1863), García Asensio (1908) y Fernández Bolea (2009) y su comparación con datos históricos extraídos del Diccionario Geográfico de Madoz (1840-1845), Fontela Ballesta (1989) y López Cazorla (2006) ha permitido caracterizar y localizar algunos EAEs representativos que ofrecen datos sobre la direccionalidad del movimiento del terreno en Huércal-Overa (Nª Sra. De La Asunción), Cuevas de Almanzora (Castillo de Los Vélez), Vera (Convento de Los Padres Mínimos) y Palacio de Villafranca (Almanzora). Este último es relevante, ya que tanto De Prado (1863), como trabajos posteriores (Espinar Moreno, 1994), localizan erróneamente este edificio en El Jaroso (Sierra Almagrera), a 17 km al Este del epicentro, cuando realmente se encuentra en el Valle del Almanzora a 11 km al Oeste del mismo (Silva *et al.*, 2014). La confusión provine del hecho que los daños en este edificio son comunicados por carta del ingeniero jefe del distrito minero de La Jarosa (Antonio de Falces) a De Prado (1863) y era esta persona la que en el momento de ocurrir el terremoto se encargaba de las obras de remodelación del Palacio de Villafranca en la Barriada de Almanzora (perteneciente a Cantoria) como indica López Cazorla (2006).

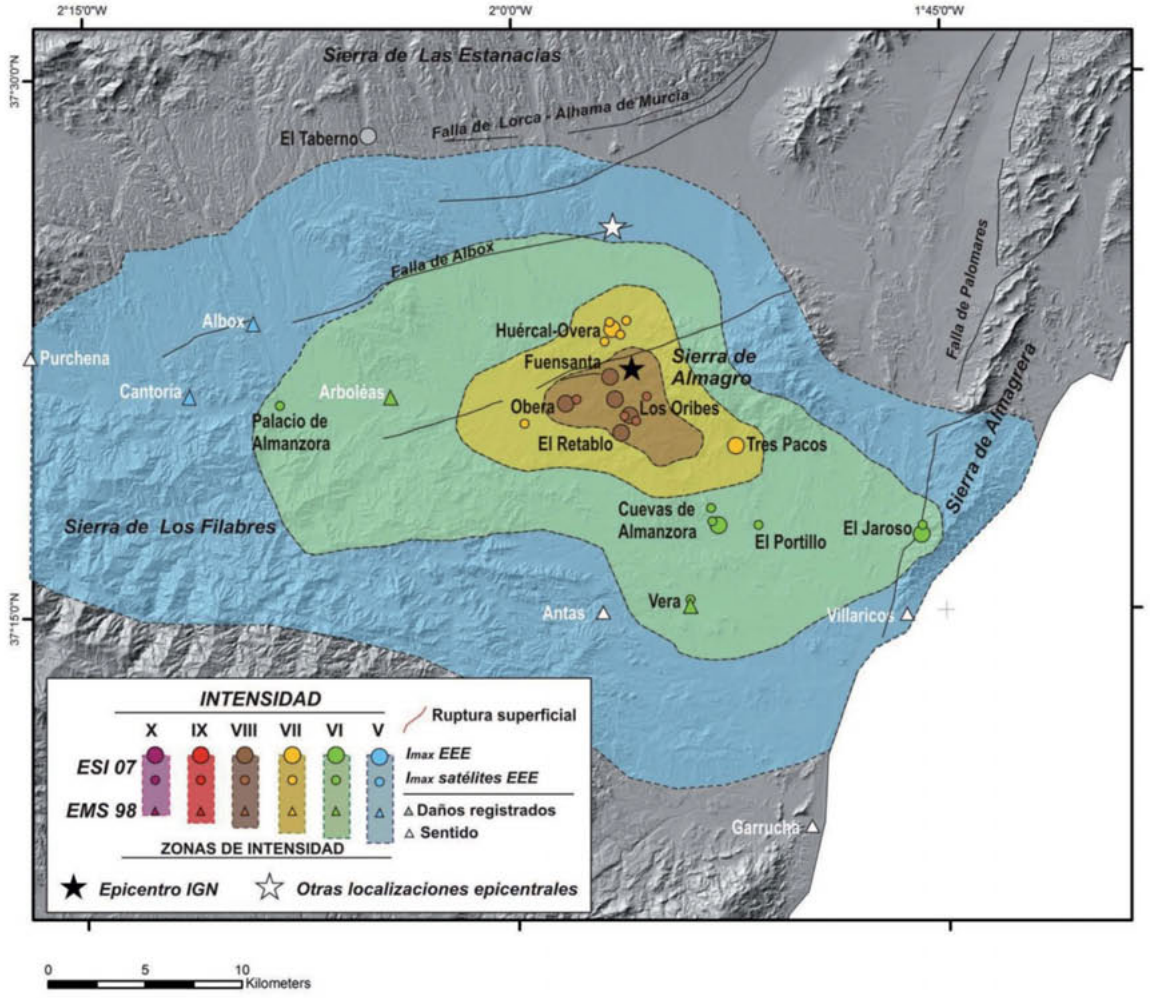
También se ha localizado el convento que sufrió daños en Vera (De Prado, 1863), que siguiendo las indicaciones de Fernández Bolea (2009) y los datos de Madoz (1845-50) se identifica con el Convento de Los Padres Mínimos de Vera, el cual se encontraba abandonado por espacio de 40 años antes de ocurrir el terremoto y su estado de abandono pudo repercutir en los efectos sobre el mismo (Silva *et al.*, 2014). En cuanto a la direccionalidad, la caída orientada (NNO) de los bolardos de la muralla del Castillo de Cuevas de Almanzora, los agrietamientos de la nave de la Ermita de La Purísima Concepción (Antigua Obera), la caída orientada (Sur) del remate superior del cimborrio de la Iglesia Parroquial de Huércal-Overa indican que el epicentro del terremoto se encontraría desplazado pocos km hacia el Oeste del catalogado por el IGN (Martínez Solares y Mezcua, 2002) como también indican los efectos geológicos catalogados.

Por lo demás, los datos aportados por Fernández Bolea (2009) indican que en los periódicos de la época se cita que en Huércal-Overa la mayoría de las casas quedaron quebrantadas, y que los barrios donde habitaban las gentes más pobres de esta localidad quedaron arruinados, indicando una intensidad

mínima de VII EMS (Silva *et al.*, 2014). La cartografía urbana de Huércal-Overa incluida en la obra de Madoz (1845-1850) pocos años antes del terremoto indica que toda la parte Sur de esta población se encontraba en estado de ruina o próximo a él, y bien pudiera ser a esta zona de la ciudad a la que se refieren los diarios de la época.

DISTRIBUCIÓN DAÑOS ESI-07/EMS-98
HST 18630610: HUÉRCAL – OVERA (Almería). 1863 AD
EFECTOS GEOLÓGICOS

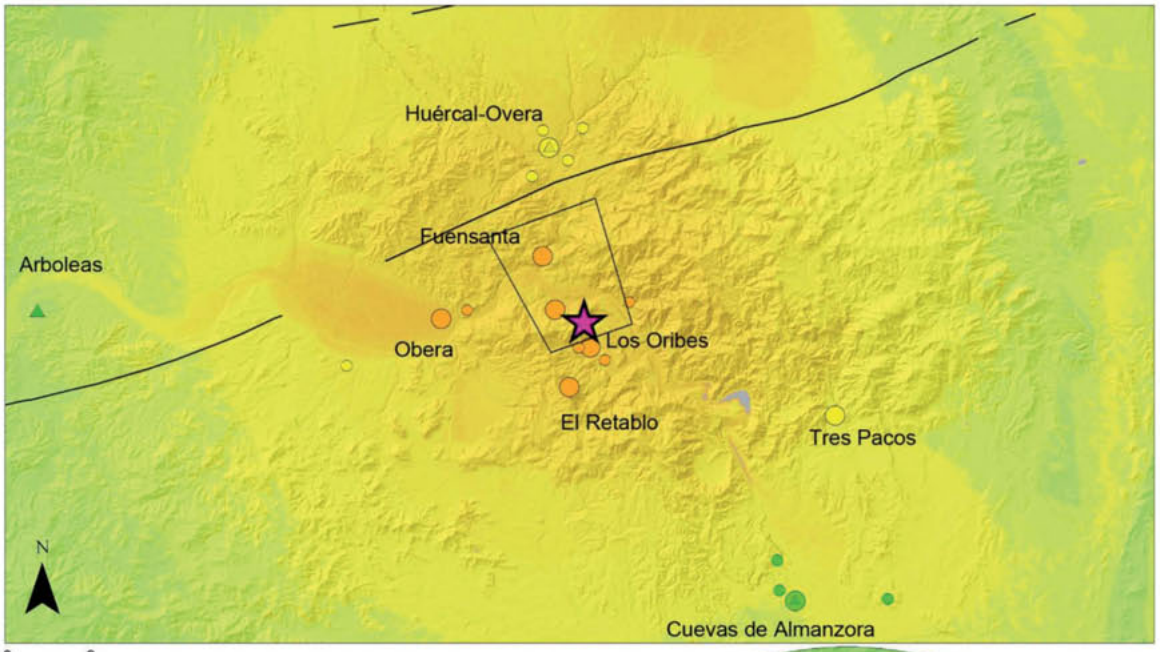
EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
HST 18630610*AD*	11:10	1°56' O	37°22' N	4,2– 4,6 M*	VI-VII	VII	VIII	B	B	A	**Huércal-Overa. AL.**



SHAKE MAP ESI-07/EMS-98
HST 18630610: HUÉRCAL – OVERA (Almería). 1863 AD
ACELERACIÓN DEL TERRENO

EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
HST 18630610*AD*	11:10	1º56' O	37º22' N	4,2– 4,6 M*	VI-VII	VII	VIII	B	B	A	**Huércal-Overa. AL.**

Fuente sísmica modificada de: Silva *et al.* (2014 y 2016).	**Mw calculada**: 4,9	**Relación empírica**: Wells y Coppersmith (1994).	**GMPE**: Wald *et al.* (2005) modificada según Silva *et al.* (2016).

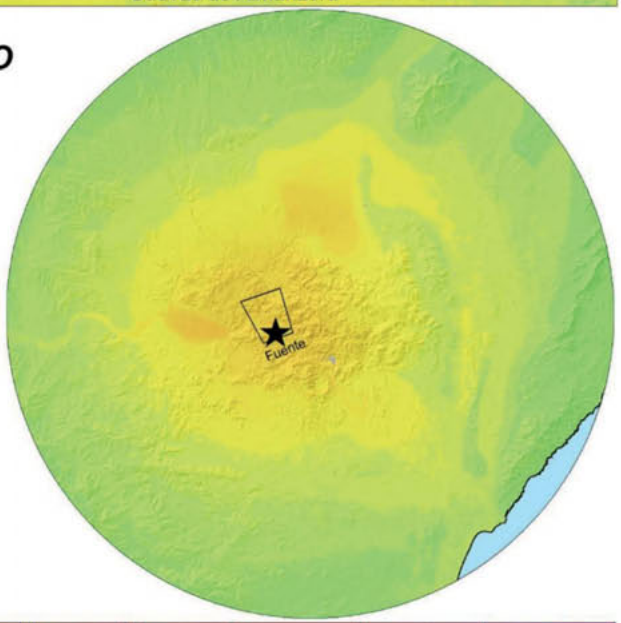


ESCENARIO

Datos del Modelo

Falla inversa en el Corredor Tectónico de Almanzora, ángulo bajo
Longitud de la fuente 2,6 Km, area de ruptura 10,2 Km²

PGAmax 0,42g
PGA en Los Oribes 0,31g
PGA en Húercal-Overa 0,23g
PGA en Tres Pacos 0,16g
PGA en Arboleas 0,09g



Efectos Edificaciones										
MMI (USGS)	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
SACUDIDA	Ligera	Moderada	Fuerte	Muy Fuerte	Severa	Violenta	Muy Violenta	Extrema	Extrema
DAÑO	Ninguno	Muy Ligero	Ligero	Moderado	Severo	Destructivo	Muy Destructivo	Devastador	Totalmente Devastador

PGA (g)	0,014	0,039	0,092	0,18	0,34	> 0,65

Efectos Geológicos										
EEE PRIMARIOS	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Muy raros	Raros	Apreciables	Significativos	Importantes	Muy Importantes
EEE SECUND.	Ligeros	Marginales	Moderados	Apreciables	Significativos	Importantes	Muy Importantes	Devastadores	Totalmente Devastadores
AREA AFECTADA			c. 1 km²	≤10 km²	≤100 km²	≤1000 km²	≤5000 km²	≤10.000 km²	≥50.000 km²
ESI-07	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII

REFERENCIAS
HST 18630610: HUÉRCAL – OVERA (Almería). 1863 AD

DATOS BIBLIOGRÁFICOS

Autor: Pablo G. Silva, Departamento de Geología, Universidad de Salamanca.

Bibliografía Terremoto de Huércal-Overa de 1863 AD

Díaz Cassou, P. (1900): Topografía, Geología y Climatología de la Huerta de Murcia. 127 pp. Sin fecha ni pie de imprenta (1900 – 1924).

Espinar Moreno, M. (1994): Los estudios de sismicidad histórica en Andalucía: Los terremotos históricos de la provincia de Almería. En: El estudio de los terremotos en Almería. Instituto de Estudios Almerienses, pp. 115-180.

Fernández Bolea, E. (2009): Los terremotos de 1863 en la comarca del Levante almeriense. Espiral, Cuadernos del Profesorado, 2 (3), 27-40.

Fontenla Ballesta, S. (1989): Huércal y Overa medievales. Editorial Fajardo, Murcia. http://www.editorialfajardoelbravo.es/articulos/historia/homed.pdf

García Asensio, E. (1908): Historia de la Villa de Huércal-Overa y su comarca precedida de un estudio físico-geológico de la cuenca del río Almanzora. Murcia, 295 pp.

García-Meléndez, E., Goy, J.L., Zazo, C. (2003): Neotectonics and Plio-Quaternary landscape development within the eastern Huércal-Overa Basin (Betic Cordillera, southeastern Spain). Geomorphology, 50, 111–133.

García-Meléndez, E., Goy, J.L., Zazo, C. (2004): Quaternary tectonic activity in the Huércal-Overa Basin (Almería Southeast Spain): deformations associated with the Albox fault. Geogaceta, 36, 63–66.

López Cazorla, L. (2006): Pinceladas sobre Almanzora. Revista Cultural de Cantoria, 1.

Madoz, P. (1845 -1850): Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus posesiones de Ultramar. 16 Tomos, Madrid. http://www.diccionariomadoz.org/

Martínez Solares, J.M., Mezcua, J. (2002): Catálogo Sísmico de la Península Ibérica (880 a.C. – 1900). Monografías IGN, 18. IGN, Madrid (Spain), 253 pp.

Masana, E., Pallàs, R., Perea, H., Ortuño, M., Martínez-Díaz, J.J., García-Meléndez, E., Santanach, P. (2005): Large Holocene morphogenic earthquakes along the Albox fault, Betic Cordillera, Spain. Journal of Geodynamics, 40, 119–133.

Mezcua, J. (1982): Catálogo General de isosistas de la Península Ibérica. Instituto Geográfico Nacional (IGN). Publicación 202. Madrid. 301 pp.

Mezcua, J., Martínez Solares, J.M. (1985): Sismicidad del área Íbero-Mogrebí. Instituto Geográfico Nacional (IGN). Publicación 203. Madrid. 301 pp.

Mezcua, J., Rueda, J., García Blanco, R.M. (2013): Iberian Peninsula Historical Seismicity Revisited: An Intensity Data Bank. Seismological Research Letters, 84 (1), 9-18. doi:10.1785/0220120097

Prado, C. de (1863): Los terremotos de la Provincia de Almería. Revista Minera, 14 (tomos 322 - 325), 180 pp.

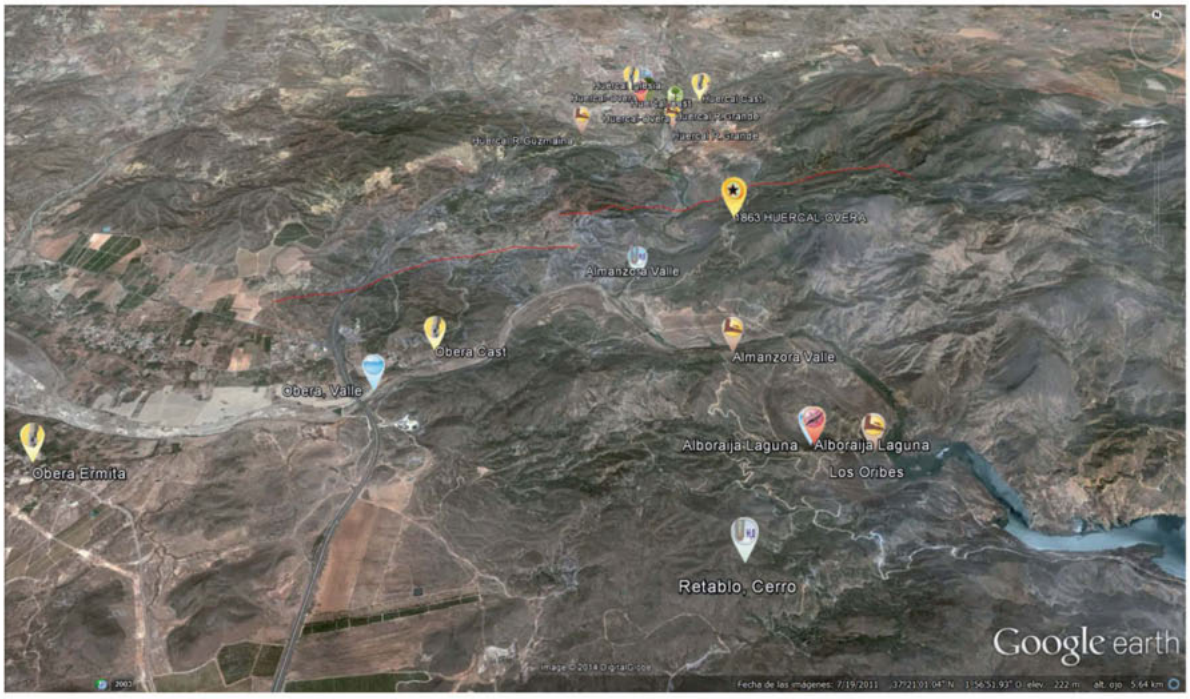
Silva, P.G., Rodríguez-Pascua, M.A., Giner-Robles, J.L., Roquero, E., Pérez-López, R., Huerta, P., Bardají, T. (2014): Anatomy of an Earthquake: Geological analysis of the Huércal-Overa AD 1863 event (Almería, SE Spain). Resúmenes 2ª Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, IBERFAULT II. Lorca, España. Octubre, 2014.

Stokes, M., Mather, A.E. (2003): Tectonic origin and evolution of a transverse drainage: the Río Almanzora, Betic Cordillera, Southeast Spain. Geomorphology, 50, 59–81.



INFORMACIÓN MACROSÍSMICA HST 18630610: HUÉRCAL – OVERA (Almería). 1863 AD											EFECTOS GEOLÓGICOS	
EVENTO	**HORA Y MIN.**	**LONGITUD**	**LATITUD**	**MAG (Mw/Ms/M*)**	**EMS 98**	**MSK 64**	**ESI 07**	**Q_e**	**Q_i**	**Q_g**	**LOCALIZACIÓN TERREMOTO**	
HST18630610 *AD*	11:10	1°56' O	37°22' N	4,2–4,6 M*	VI-VII	VII	VIII	B	B	A	**Huércal-Overa. AL.**	
Tipo de Efectos Catalogados											**Número de Fichas 29**	**22 EEEs 07 EAEs**

Imagen Google Earth de la localización de efectos catalogados en la zona epicentral



Información macrosísmica catalogada

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
01.01 Albojaira, Laguna de	1°55'42,67"O	37°20'29,76"N	GK	N 2,8 km	Sin datos	VI (Zona)	**VIII**
01.02 Albojaira, Laguna de	1°55'42,67"O	37°20'29,76"N	WA	N 2,8 km	Sin datos	VI (Zona)	**VIII**
02.01 Almanzora, Valle	1°53'13,00"O	37°17'50,71"N	SM	NE 1,9 km	Sin datos	VI (Zona)	**VII**
02.02 Almanzora, Valle	1°57'34,48"O	37°23'17,79"N	HA	NE 1,2 km	Sin datos	VI (Zona)	**VIII**
03.01 Cuevas de Almanzora	1°52'46,64"O	37°17'49,30"N	GK	NNO 8,9 km	V-VI	V	**VI**
03.02 Cuevas de Almanzora	1°53'9,08"O	37°17'58,55"N	SM	NNO 8,5 km	V-VI	V (Zona)	**VI**
03.03 Cuevas de Almanzora	1°52'58,57"O	37°17'49,50"N	EAE	NNO9,1 km	V-VI	V	**VI**
04.01 Huércal-Overa	1°56'34,42"O	37°23'8,89"N	HD	SSE 2,6 km	VI-VII	VII	**VII**
04.02 Huércal-Overa	1°56'31,63"O	37°23'9,27"N	GK	SSE 2,3 km	VI-VII	VII	**VI**
04.03 Huércal-Overa	1°56'31,63"O	37°23'9,27"N	OT	SSE 2,4 km	VI-VII	VII	**VII**
04.04 Huércal-Overa	1°56'36,19"O	37°23'20,83"N	EAE	SSE 2,7 km	VI-VII	VII	**VII**
05.01 Huércal, Castillo	1°56'4,41"O	37°23'15,87"N	SM	S 2,3 km	VI-VII	VII (Zona)	**VII**

05.02 Huércal, Castillo	1°56'7,19"O	37°23'12,80"N	EAE	S 2,3 km	VI-VII	VII (Zona)	**VII**
06.01 Huércal, Rambla Grande	1°56'19,05"O	37°22'57,50"N	SM	S 1,8 km	VI-VII	VII (Zona)	**VII**
06.02 Huércal, Rambla Grande	1°56'17,12"O	37°23'8,44"N	OT	S 2,2 km	VI-VII	VII (Zona)	**VII**
07.01 Huércal, Rambla Guzmaina	1°56'58,12"O	37°22'51,86"N	SM	SE 2,1 km	VI-VII	VII (Zona)	**VI**
08.01 La Jarosa, Mina Constancia	1°44'58,05"O	37°17'47,77"N	HA	ONO 17,6 km	Sin datos	V (Zona)	**V**
08.02 La Jarosa, Mina San Antonio	1°44'55,84"O	37°17'48,70"N	OT	ONO 17,4 km	Sin datos	V (Zona)	**VI**
09.01 Los Oribes, Caserío	1°55'30,06"O	37°20'28,72"N	SM	N 2,9 km	Sin datos	VI (Zona)	**VII**
10.01 Obera Antigua, Castillo	1°57'43,86"O	37°21'1,80"N	EAE	ENE 5,9 km	Sin datos	VI (Zona)	**VII**
10.02 Obera Antigua, Ermita	1°59'34,82"O	37°20'23,71"N	EAE	ENE 3,1 km	Sin datos	VI (Zona)	**VII**
10.03 Obera Antigua, Valle	1°58'1,69"O	37°20'48,94"N	WA	NE 3,5 km	Sin datos	VI (Zona)	**VIII**
11.01 Palacio de Almanzora	2°8'7,51"O	37°20'52,43"N	EAE	ENE 18,1 km	Sin datos	V (Zona)	**VI**
12.01 Portillo, Cerro (Cuevas)	1°51'38,00"O	37°17'58,77"N	SM	NO 8,9 km	Sin datos	V (Zona)	**VI**
13.01 Retablo, Cerro (S. Almagro)	1°56'14,99"O	37°19'48,01"N	HD	NE 4,1 km	Sin datos	VI (Zona)	**VIII**
14.01 Taberno	2°4'37,83"O	37°28'5,91"N	OT	SO 17,0 km	Efectos Naturales	V (Zona)	**IV**
15.01 Tres Pacos, Mina (S. Almagro)	1°52'19,79"O	37°20'4,25"N	HD	NO 6,5 km	Sin datos	V (Zona)	**VII**
16.01 Vera	1°52'5,85"O	37°14'46,97"N	OT	NNE 15,5 km	VI	V	**VI**
16.02 Vera	1°52'5,85"O	37°14'52,00"N	EAE	NNE 15,5 km	VI	V	**VI**

Información macrosísmica complementaria

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
0.01 Albox	2°9'3,43"O	37°23'12,93"N	EMS	ENE 19,1 km	IV-V	V	**V (Zona)**
0.02 Arboleas	2°4'30,15"O	37°21'7,34"N	EMS	E 12,5 km	V-VI	V	**VI (Zona)**
0.03 Antas	1°55'2,57"O	37°14'43,39"N	EMS	S 13,5 km	Sentido	V (Zona)	**V (Zona)**
0.04 Cantoria	2°11'33,95"O	37°21'9,16"N	EMS	E 22,9 km	IV-V	V	**V (Zona)**
0.05 Garrucha	1°49'18,27"O	37°11'4,44"N	EMS	SSE 22,2 km	Sentido	IV (Zona)	**IV (Zona)**
0.06 Lubrín	2°3'58,83"O	37°12'55,80"N	EMS	SO 20,0 km	Sentido	IV (Zona)	**IV (Zona)**
0.07 Purchena	2°21'40,04"O	37°20'51,31"N	EMS	E 37,8 km	Sentido	Sin datos	**IV (Zona)**
0.08 Serón	2°30'39,12"O	2°21'40,04"O	EMS	E 51,7 km	Sentido	Sin datos	**IV (Zona)**
0.09 Villaricos	1°46'29,31"O	37°14'43,39"N	EMS	SE 18,9 km	Sentido	IV (Zona)	**V (Zona)**
0.10 Águilas	1°34'52,42"O	37°24'5,19"N	EMS	ENE 31,2 km	III	III	**Sin datos**
0.11 Almería	2°28'2,94"O	36°50'16,61"N	EMS	SSO 75,0 km	III	III	**Sin datos**
0.12 Cartagena	0°58'58,60"O	37°36'7,84"N	EMS	ENE 87,8 km	III-IV	III (Zona)	**Sin datos**
0.13 Lorca	1°41'58,32"O	37°40'32,02"N	EMS	NNE 40,8 km	III	III	**Sin datos**

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18630610.01.01 *01.01. Albojaira, Laguna de (Almería)*	EVENTO	HST18630610 HUÉRCAL-OVERA. AL		EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/8
Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Albojaira, Laguna de	1°55'42,67"O	37°20'29,76"N	144 m	0,3 km²	2,8 km	NOROESTE	VI-VII EMS / 4.2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Terraza fluvial (Meandro abandonado)	Pendiente del terreno	Muy suave (2-5%)
Descripción Geológica	Laguna situada en un brazo de meandro abandonado (neck cut-off) del Valle del Río Almanzora a + 20 m sobre el lecho actual del río, correspondiente a una terraza del Pleistoceno Superior final. Se trata de un meandro abandonado en el interior del Cañón del Almanzora que cruza la Sierra de Almagro en dirección NE-SO aguas abajo de Huércal-Overa a la altura del antiguo Caserío de Los Oribes. En la actualidad el lugar se encuentra en la cola del Embalse de Cuevas de Almanzora construido en los años 90.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Metamórfico; Pizarras y Filitas	Limos y Arcillas	Masiva	Semi-consolidado	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Paleozoico	Pleistoceno Superior	Sin datos	0,18	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería	Caserío	Única	Sin datos	VI MSK (Zona)

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO GK/8

Descripción: Desecación total de la Laguna de Albojaira, situada en la zona del Caserío de Los Oribes, al Sur de Huércal-Overa. Con una superficie de 30.000 m² y una profundidad máxima de 4-5 m. Se abrieron grandes grietas en el lecho de la laguna por donde se infiltró el agua a excepción de tres pequeñas zonas llamadas "ojos de mar" donde la laguna siempre tiene agua, incluso en la temporada de estiaje. Esta información fue dada por el Director de las Minas de Sierra Almagrera, D. Antonio de Falces, (De Prado, 1863) quien indica que las grietas no se pudieron sondear debido a lo irregular que quedó el terreno ocupado anteriormente por la laguna, y que a fecha de 27 de Febrero de 1864 las grietas habían sido aterradas por sedimentos consecuencia de lluvias recientes, y ya no se podían observar.

Interpretación: La laguna se encontraba en el interior de un antiguo meandro abandonado del Cañón del Almanzora. No se tienen datos para estimar las dimensiones y orientación de las grietas mencionadas en el informe de Casiano de Prado (1863), pero a juzgar por las dimensiones de la laguna en el interior del brazo de meandro abandonado y el volumen de agua evacuado por ellas (c. 150.000 m³), estas tendrían algunas decenas de metros y anchuras de varias decenas de centímetros, o incluso algo más de medio metro. En la actualidad, la laguna ya no existe, pero desde la construcción del Embalse del Almanzora aguas abajo (años noventa), aparece el agua estacionalmente en las tres zonas denominadas "ojos de mar" en la zona interna del meandro abandonado. En épocas en que el embalse está casi al completo la zona queda totalmente inundada por más de ocho metros de agua.

Cuantificación: Aunque aquí se han catalogado las grandes grietas que ocasionaron la desaparición de la laguna, que por sus dimensiones estimadas indicarían una intensidad mínima de VII ESI-07, el tipo de efecto hidrológico asociado (aparición/desaparición de pequeñas cuencas de agua) se considera a partir de intensidades VIII ESI-07, que es la que asignamos al efecto catalogado.

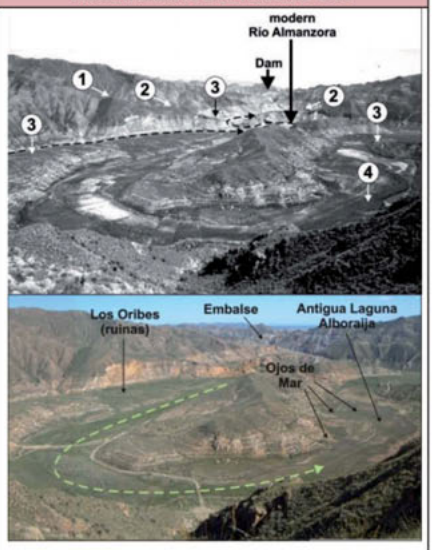


Imagen de la zona del meandro abandonado en el Cañón del Almanzora donde se situaba la laguna. Nótese la existencia de cuerpos de agua en las zonas denominadas "ojos de mar". Foto Martin Stokes, 2003.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Prado, C. de, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.

Silva, P.G. *et al.* (2014): Anatomy of an Earthquake: Geological analysis of the Huércal-Overa AD 1863 event (Almería, SE Spain). Resúmenes 2ª Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, IBERFAULT II. Lorca, España. Octubre, 2014.

Stokes, M., Mather, A.E. (2003): Tectonic origin and evolution of a transverse drainage: the Río Almanzora, Betic Cordillera, Southeast Spain. Geomorphology, 50, 59–81.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva, Departamento de Geología, Universidad de Salamanca*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18630610.01.02 *01.02. Albojaira, Laguna de (Almería)*	EVENTO	HST18630610 HUÉRCAL-OVERA. AL	EFECTO	ANOMALÍA EN CUERPOS DE AGUA: WA/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN (INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS)
01 / Albojaira, Laguna de	1°55'42,67"O	37°20'29,76"N	144 m	0,3 km²	2,8 km	NOROESTE	VI-VII EMS / 4.2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Terraza fluvial (Meandro abandonado)	Pendiente del terreno	Muy suave (2-5%)
Descripción Geológica	Laguna situada en un brazo de meandro abandonado (neck cut-off) del Valle del Río Almanzora a + 20 m sobre el lecho actual del río, correspondiente a una terraza del Pleistoceno Superior final. Se trata de un meandro abandonado en el interior del Cañón del Almanzora que cruza la Sierra de Almagro en dirección NE-SO aguas abajo de Huércal-Overa a la altura del antiguo Caserío de Los Oribes. En la actualidad el lugar se encuentra en la cola del Embalse de Cuevas de Almanzora construido en los años 90.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Metamórfico; Pizarras y Filitas	Limos y Arcillas	Masiva	Semi-consolidado	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Paleozoico	Pleistoceno Superior	Sin datos	0,18	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería	Caserío	Única	Sin datos	VI MSK (Zona)

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	ANOMALÍA EN CUERPOS DE AGUA: WA/8

Descripción: Desecación permanente de la Laguna de Albojaira, situada en la zona del Caserío de Los Oribes, al Sur de Huércal-Overa. Con una superficie de 30.000 m² y una profundidad máxima de 4-5 m. Se abrieron grandes grietas en el lecho de la laguna por donde se infiltró el agua a excepción de tres pequeñas zonas llamadas "ojos de mar" donde la laguna siempre tiene agua, incluso en la temporada de estiaje. Esta información fue dada por el Director de las Minas de Sierra Almagrera, D. Antonio de Falces, (De Prado, 1863) quien indica que las grietas no se pudieron sondear debido a lo irregular que quedó el terreno ocupado anteriormente por la laguna, y que a fecha de 27 de Febrero de 1864 las grietas habían sido aterradas por sedimentos consecuencia de lluvias recientes, y ya no se podían observar.

Interpretación: La laguna se encontraba en el interior de un antiguo meandro abandonado del Cañón del Almanzora. No se tienen datos para estimar las dimensiones y orientación de las grietas mencionadas en el informe de Casiano de Prado (1863), pero a juzgar por las dimensiones de la laguna en el interior del brazo de meandro abandonado y el volumen de agua evacuado por ellas (c. 150.000 m³), estas tendrían algunas decenas de metros y anchuras de varias decenas de centímetros, o incluso algo más de medio metro. En la actualidad, la laguna ya no existe, pero desde la construcción del Embalse del Almanzora aguas abajo (años noventa), aparece el agua estacionalmente en las tres zonas denominadas "ojos de mar" en la zona interna del meandro abandonado. En épocas en que el embalse está casi al completo la zona queda totalmente inundada por más de ocho metros de agua.

Cuantificación: La aparición/desaparición de pequeñas cuencas de agua se considera a partir de intensidades VIII ESI-07, que es la que asignamos al efecto catalogado. Su proximidad al epicentro (2,8 km) y las dimensiones de otros efectos catalogados en el entorno justifican el valor de intensidad VIII para una pequeña zona epicentral localizada en el valle del Almanzora aguas debajo de la antigua población de Obera, donde el informe de Casiano De Prado (1863) indica que se sintieron con más fuerza los terremotos.



Imagen Google Earth de la localización del meandro abandonado de la Zona de Los Oribes donde se encontraba la antigua Laguna Albojaira.

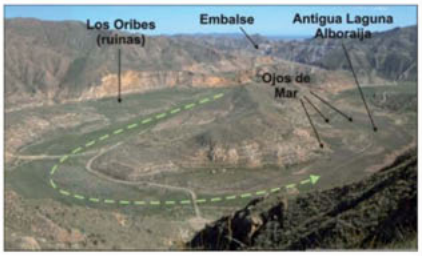


Imagen de la zona del meandro abandonado en el Cañón del Almanzora donde se situaba la laguna. Nótese la existencia de cuerpos de agua en las zonas denominadas "ojos de mar". Foto Martin Stokes, 2003.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Prado, C. de, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.

Silva, P.G. *et al.* (2014): Anatomy of an Earthquake: Geological analysis of the Huércal-Overa AD 1863 event (Almería, SE Spain). Resúmenes 2ª Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, IBERFAULT II. Lorca, España. Octubre, 2014.

Stokes, M., Mather, A.E. (2003): Tectonic origin and evolution of a transverse drainage: the Río Almanzora, Betic Cordillera, Southeast Spain. Geomorphology, 50, 59–81.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva, Departamento de Geología, Universidad de Salamanca*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18630610.02.01 *02.01. Almanzora, Valle (Almería)*	EVENTO	HST18630610 HUÉRCAL-OVERA. AL	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7 

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
02 / Almanzora, Valle	1°53'13,00"O	37°17'50,71"N	245 m	0,8 km²	1,7-1,9 km	NORESTE	VI-VII EMS / 4.2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Valle Fluvial (Ladera escarpada)	Pendiente del terreno	Cantil (> 70%)
Descripción Geológica	Cantil situado en la margen derecha del Valle del Río Almanzora con dirección ENE-OSO a su entrada en el cañón que atraviesa la Sierra de Almagro. Se desarrolla sobre calizas tableadas y dolomías triásicas que buzan suavemente hacia el Sur sobre filitas permo-triásicas muy alteradas. El desarrollo del cantil coincide con el frente de cabalgamiento ENE-OSO de la Sierra del Almagro sobre las formaciones plásticas triásicas (margas y yesos) y formaciones sedimentarias del Mioceno inferior de la zona.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Calizas y Dolomías	Calizas y Dolomías	Estratificada, Meteorizada	Consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Triásico	Sin datos	0,18	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	VI MSK (Zona)

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA SM/7

Descripción: El Informe de Casiano de Prado (1863) cita desprendimientos de tierras y de piedras (caídas de bloques) en el valle del Almanzora y en las ramblas próximas a Huércal-Overa. Indica que algunas de ellas son de gran tamaño y que habrían tenido lugar durante las sacudidas más fuertes. También se indica en su informe que "*todos los materiales desprendidos deberían estar previamente sueltos en las laderas de los barrancos, ya que ninguno de los materiales inspeccionados mostraba muestras de que hubiesen sido separados de un terreno firme y enterizo*", advirtiendo que en los lugares inspeccionados "*no hacía falta que el terreno sufriera movimiento alguno y que bastaban las lluvias para que los materiales rocosos se vinieran abajo*".

Interpretación: La descripción de Casiano de Prado (1863) indica claramente que las caídas de bloques y desprendimientos se produjeron en aquellas zonas susceptibles a estos procesos y donde comúnmente ocurren durante periodos de tormenta. El análisis de fotos e imágenes aéreas de la zona y la inspección de campo han permitido reconocer hasta nueve zonas significativas donde estos procesos ocurren comúnmente a lo largo de las ramblas de Guzmaina, El Saltador, Grande (Huércal-Overa) y en el propio valle del Almanzora, de las que solo se han catalogado nueve. La más importante se localiza en el Valle del Almanzora. Se sitúa inmediatamente aguas abajo de la confluencia de la Rambla de Guazamara, donde el valle realiza un codo importante en dirección O-E antes de penetrar en la Sierra de Almagro, desarrollando un cantil muy vertical sobre su margen derecha de hasta 800 metros de longitud, donde se observan cicatrices de deslizamiento de más de 100 m de longitud, zonas deslizadas individuales de hasta 60.000 m³, grandes bloques (10x12 m) de calizas y dolomías triásicas a media ladera y muchos de menores dimensiones (3x2 m) en la parte baja de la misma (Silva *et al.*, 2014). En la actualidad al pie de ladera no se observa ningún bloque de dimensiones significativas, ya que la intensa actividad torrencial de la Rambla del Almanzora procede a su removilización durante periodos de riada. No obstante hay que mencionar que en el cauce de la rambla existen bloques de mayores proporciones (5x5 m) que indudablemente provienen de las mencionadas laderas.

Cuantificación: Los bloques desprendidos en esta localidad poseen dimensiones de hasta 10x12 m y cayeron hacia el Norte a lo largo de los 800 m de cantil, estimándose un volumen de material movilizado total en este cantil excede los 3x106 m³, y aunque no se puede considerar que el terremoto produjera su movilización total, ya que existen grandes riadas que ocasionan similares efectos, estas dimensiones sobrepasan el grado IX en la Escala ESI-07. Aquí asignamos a este efecto un grado ESI-07 de VIII grados teniendo en cuenta que no todo el material movilizado corresponde a la serie sísmica de 1863 AD.



Imagen Google Earth de la localización de la zona de desprendimientos de bloques catalogada en la margen izquierda del Cañón del Río Almanzora al Sur de Huércal-Overa.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Prado, C. de, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.

Silva, P.G. *et al.* (2014): Anatomy of an Earthquake: Geological analysis of the Huércal-Overa AD 1863 event (Almería, SE Spain). Resúmenes 2ª Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, IBERFAULT II. Lorca, España. Octubre, 2014.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva, Departamento de Geología, Universidad de Salamanca*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18630610.02.02 *02.02. Almanzora, Valle (Almería)*	EVENTO	HST18630610 HUÉRCAL-OVERA. AL	EFECTO	ANOMALÍA HIDROLÓGICA: HA/8

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
02 / Almanzora, Valle	1°57'34,48"O	37°23'17,79"N	150 m	0 km²	1,2 km	SURESTE	VI-VII EMS / 4.2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Base ladera Rambla	Pendiente del terreno	Fuerte (15-30%)
Descripción Geológica	Manantial situado en el Valle del Río Almanzora, presumiblemente en la margen izquierda del valle al Sur de Huércal-Overa, en su confluencia con la denominada Rambla de Bobara formada por la unión de las ramblas de Guzmaina y Grande aguas abajo de Huércal-Overa que da lugar a un estrecho cañón N-S muy encajado. A la salida del cañón se encuentra la Ermita de La Santa que posee un manantial en la actualidad.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Margocalizas y Areniscas	Roca	Estratificada	Consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Mioceno	Sin datos	0,18	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	VI MSK (Zona)

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	ANOMALÍA HIDROLÓGICA AH/8

Descripción: El informe de Casiano de Prado (1863) cita que "*junto al Río Almanzora desapareció (se secó) un manantial, apareciendo quince días después a 40 metros de distancia, y las plantas que con sus aguas se habían regado se secaron*".

Interpretación: Anomalía hidrológica que consigna la desaparición de un manantial por espacio de 15 días, apareciendo después a cuarenta metros de distancia y con muy mala calidad en las aguas que ocasionó la muerte de las plantas a su alrededor. Este hecho debió de tener lugar en las inmediaciones de la confluencia del Almanzora con la Rambla de Bobara procedente de Huércal-Overa, en el entorno de la antigua Ermita de La Santa, destruida por una importante riada en 1973. En esta zona existe un manantial consignado en diferentes cartografías antiguas y que prevalece en la actualidad, situándose a unos 4 m sobre el fondo de la Rambla, mencionado en el Diccionario Geográfico de Madoz (1845-1850) como la "Fuente de Obera", que era una de las más importantes de la zona. Aunque la anomalía catalogada aparece citada en el parte del Ayuntamiento de Huércal-Overa del día 19 de Julio en el que ocurrió una de las réplicas más importantes (V-VI EMS), el dato que ya se consigna en el mismo, "*saliendo después de quince días a 40 metros de distancia*" indica claramente que tal efecto se refiere al terremoto principal que aquí se cataloga. El efecto catalogado es el que se encuentra a menor distancia (1,2 km) de la localización epicentral del IGN (Martínez Solares y Mezcua, 2002).

Cuantificación: La aparición o desaparición temporal de manantiales naturales se consideran en la Escala ESI-07 a partir de intensidad VII, pero los cambios en su localización o elevación de afloramiento entrarían ya dentro de intensidad VIII ESI-07, lo que también concuerda con el prolongado lapso temporal durante el cual estuvo seco el manantial (quince días), así como con la presencia de gases (supuestamente gas carbónico) disueltos en las aguas o que emanaron en esa zona provocando la muerte de la vegetación, también considerados en la Escala ESI-07 dentro de intensidad VIII.



Imagen antigua de la Ermita de la Santa (destruida en 1973) en la salida del Cañón de Bobara al Valle del Almanzora, en cuyo entorno se encuentra el manantial catalogado. http://huercaloveraface.blogspot.com.es/

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Madoz, P. (1845 -1850): Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de Ultramar. 16 Tomos http://www.diccionariomadoz.org/
Prado, C. de, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.
Silva, P.G. *et al.* (2014): Anatomy of an Earthquake: Geological analysis of the Huércal-Overa AD 1863 event (Almería, SE Spain). Resúmenes 2ª Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, IBERFAULT II. Lorca, España. Octubre, 2014.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva, Departamento de Geología (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18630610.03.01 *03.01. Cuevas Almanzora (Almería)*	EVENTO	HST18630610 HUÉRCAL-OVERA. AL		EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/6	
Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
03 / Cuevas de Almanzora	1°52'46,64"O	37°17'49,30"N	85 m	80 ha	8,9 km	NOROESTE	VI-VII EMS / 4.2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Abanico Aluvial	Pendiente del terreno	Suave (5-10%)
Descripción Geológica	Zona distal de la superficie de abanico aluvial sobre la que se asienta la localidad de Vera en la margen derecha de la Rambla del Almanzora, aguas debajo de su salida de la Sierra de Almagro. La superficie se desarrolla desde los + 20 m a los +5 m sobre el cauce actual de la rambla con una pendiente media de 6,5% de carácter cóncavo que va aumentando desde su parte más alta (2-4%) hasta su parte más baja (9-10%), donde engarza con la llanura de inundación del Almanzora. Los materiales aluviales se sitúan sobre formaciones de areniscas y margas de edad Pliocena donde se asienta directamente la parte alta de la ciudad.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Areniscas y Margas	Conglomerados y Arenas	Masiva	Semi-consolidada	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno	Pleistoceno Superior	Sin datos	0,19	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, Ladrillo, Sillería	Casas, Castillo	Múltiples, Único	Moderado	V-VI EMS/V MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO GK/6

Descripción: Se abrieron muchas grietas en el terreno, aunque en general cortas y de poca importancia. La mayor se describió en una de las calles de Cuevas de Almanzora, que es el efecto que aquí se consigna. El informe de Casiano de Prado (1863) indica que esta tenía 30 m de longitud y 10 cm de anchura. También se indica que tales agrietamientos se cerraron posteriormente en su mayoría. Aunque en otras localidades, como Huércal-Overa y Vera, se indica que tuvieron lugar emanaciones de gases por las grietas abiertas, tal efecto no se consigna en Cuevas. Los datos aportados en el estudio de Fernández Bolea (2009) indican que tal agrietamiento se produjo en las inmediaciones de la antigua Plaza de Isabel II (actual Plaza de La Libertad, donde se ubica el Castillo de Cuevas) en la parte alta de la ciudad. Lo que sí cita el informe es que se abrieron muchas grietas en el terreno en Huércal-Overa y Cuevas, y en esta localidad, donde se registra la mayor, este efecto debió de ser muy frecuente afectando a la mayor parte de la población.

Interpretación: Dado que la mayor grieta tenía 30 m de longitud y 10 cm de anchura en esta localidad, es lógico pensar que la multitud de grietas que se mencionan deberían ser de inferiores dimensiones, probablemente decamétricas (c. 10 m) y anchuras no superiores a los algunos centímetros (c. 3 o 5 cm). No se dan datos sobre su profundidad que, por tanto, no debió de ser notoria. La grieta mayor se debió producir en la calle que rodea al Castillo de Cuevas por el NO a favor del pronunciado desmonte que existe en esta zona. La dirección de la grieta debió de ser ENE-OSO a favor del mencionado desmonte con apertura hacia el Norte. Otras muchas grietas se abrieron en esa población, probablemente en la parte baja del antiguo casco urbano de Cuevas de acuerdo al mapa de la localidad del Diccionario Geográfico de Madoz (1845-1850). En esta zona, adyacente al cauce del Almanzora, la pendiente del terreno es mayor y por tanto más susceptible.

Cuantificación: Estas dimensiones y frecuencia de los agrietamientos del terreno indican una intensidad máxima para el lugar de VI ESI-07. No obstante, las aperturas en el rango decimétrico se consideran a partir de intensidad VII ESI-07M; indudablemente el ancho tan elevado para la longitud de este agrietamiento tuvo que estar relacionado con algún proceso de "lateral spreading" en el talud NO que bordea el castillo debido al encajamiento de una rambla. En el resto de la ciudad, seguramente se produjeron donde la pendiente del terreno es mayor, cediendo hacia el cauce de la Rambla del Almanzora (Este).



Imagen Google Earth de Cuevas de Almanzora mostrando diferentes EEEs catalogados (vista hacia el Oeste).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VI	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Fernández Bolea, E. (2009): Los terremotos de 1863 en la comarca del Levante almeriense. Espiral, Cuadernos del Profesorado, 2 (3), 27-40.

Madoz, P. (1845 -1850): Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de Ultramar. 16 Tomos http://www.diccionariomadoz.org/

Prado, C. de, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.

Silva, P.G. *et al.* (2014): Anatomy of an Earthquake: Geological analysis of the Huércal-Overa AD 1863 event (Almería, SE Spain). Resúmenes 2ª Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, IBERFAULT II. Lorca, España. Octubre, 2014.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva, Departamento de Geología (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18630610.03.02 *03.02. Cuevas Almanzora (Almería)*	EVENTO	HST18630610 HUÉRCAL-OVERA. AL	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/6 

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
03 / Cuevas de Almanzora	1°53'9,08"O	37°17'58,55"N	m	- km²	8 - 8,5 km	NORESTE	VI-VII EMS / 4.2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Valle Fluvial (Ladera Escarpada)	Pendiente del terreno	Cantil (> 70%)

Descripción Geológica
Cantil del situado en la margen derecha del Valle del Río Almanzora con dirección NO-SE inmediatamente aguas arriba de Cuevas de Almanzora, que da lugar a importantes escarpes sobre el valle y la población. Se desarrolla sobre conglomerados y areniscas pliocenos sobre materiales margosos de la misma edad que buzan a favor de la pendiente del terreno. Se observan numerosos fenómenos de descalces y caídas de grandes bloques de escala decamétrica por procesos de deslizamiento planar.

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Conglomerados y Areniscas	Conglomerados y Areniscas	Estratificada, Meteorizada	Consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno	Plioceno	Sin datos	0,19	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	V-VI EMS/V MSK (Zona)

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA SM/6

Descripción: El informe de Casiano de Prado (1863) cita desprendimientos de tierras y de piedras (caídas de bloques) en el valle del Almanzora y en otros valles de las cercanías, aunque no cita expresamente la localidad de Cuevas de Almanzora. Indica que "*algunas de ellas son de gran tamaño*" y que habrían tenido lugar durante las sacudidas más fuertes, así como que "*todos los materiales desprendidos deberían estar previamente sueltos en las laderas de los barrancos, ya que ninguno de los materiales inspeccionados mostraba muestras de que hubiesen sido separados de un terreno firme y enterizo*", advirtiendo que en los lugares inspeccionados "*no hacía falta que el terreno sufriera movimiento alguno y que bastaban las lluvias para que los materiales rocosos se vinieran abajo*". No obstante, Fernández Bolea (2009) en datos extraídos de las Actas Capitulares de Cuevas del 13 de Noviembre de 1863 indica que "*otros efectos sobre la orografía de los alrededores de esta población fue el repetido levantamiento de los terrenos en los cerros colindantes*".

Interpretación: El análisis de fotos e imágenes aéreas de la zona y la inspección de campo permiten reconocer que en el Cantil del Almanzora, inmediatamente aguas arriba de la población de Cuevas, los desprendimientos y deslizamientos planares de bloques de grandes dimensiones (15 x 10 m) y otros de carácter métrico son muy comunes, y que algunos de ellos podrían haber sido removilizados, e incluso desprendidos, durante el evento sísmico y las réplicas más importantes en estos pronunciados cantiles donde este tipo de procesos es bastante frecuente (Silva *et al.*, 2014).

Cuantificación: Los bloques desprendidos en esta localidad poseen dimensiones decamétricas, pero según se consigna en las descripciones extraídas de Fernández Bolea (2009), no puede establecerse si los bloques se desprendieron directamente o si algunos pudieron ser removilizados. Este tipo de efectos, con las dimensiones observadas, se consideran en la Escala ESI-07 a partir de intensidad VI, especialmente en áreas susceptibles a estos procesos como es la zona de cantil que se cataloga aquí.



Imagen Google Earth de Cuevas de Almanzora mostrando diferentes EEEs catalogados (vista hacia el Oeste).



Imagen de desprendimientos de grandes rocas comunes en los cantiles de Cuevas de Almanzora.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VI	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Fernández Bolea, E. (2009): Los terremotos de 1863 en la comarca del Levante almeriense. Espiral, Cuadernos del Profesorado, 2 (3), 27-40.
Prado, C. de, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.
Silva, P.G. *et al.* (2014): Anatomy of an Earthquake: Geological analysis of the Huércal-Overa AD 1863 event (Almería, SE Spain). Resúmenes 2ª Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, IBERFAULT II. Lorca, España. Octubre, 2014.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva, Departamento de Geología, Universidad de Salamanca*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18630610.03.03 *03.03. Cuevas Almanzora, Castillo Marqués de los Vélez (Almería)*	EVENTO	HST18630610 HUÉRCAL-OVERA. AL	EFECTO	EFECTO ARQUEOSISMOLÓGICO EAE: Caída Orientada

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
03 / Cuevas de Almanzora	1°52'58,57"O	37°17'49,50"N	99 m	0,64 ha	9,1 km	NORNORDESTE	VI-VII EMS / 4.2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Colina	Pendiente del terreno	Suave (5-10%)
Descripción Geológica	Pequeña colina, elevada sobre el resto de la población, labrada en materiales miocenos subhorizontales sobre la margen derecha del Río Almanzora.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Margas y Areniscas	Margas y Areniscas	Estratificada / Subhorizontal	Consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475}IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno	Plioceno	Sin datos	0,19	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería	Castillo	Único	Moderado	V-VI EMS / V MSK

EFECTO ARQUEOSISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	CAÍDA ORIENTADA EAE/6

Descripción: El Castillo del Marqués de Los Vélez, (o de Villafranca) en Cuevas de Almanzora, *"sufrió la caída de dos grandes bolas de piedra que adornaban el edificio principal, a pesar de hallarse introducidas cada una en una espiga de hierro"*. Las descripciones de Casiano de Prado (1863) indican que *"el movimiento del terreno debió de ser al ONO a juzgar por el sitio en que cayeron"*. El edificio es un palacio-fortaleza del Siglo XVI y se encuentra situado en una colina elevada sobre la población. *"Igual dirección de caída fue observada en unos tiestos de flores que cayeron en una casa de una calle cercana"*. El informe de Casiano de Prado (1863) también consigna que *"en la localidad de El Jaroso, en el Castillo del Marqués de Villafranca se abrieron grandes grietas en uno de sus muros"*.

Interpretación: Aunque el castillo ha sufrido distintas intervenciones para su rehabilitación, todavía se observa que en su fachada Norte, de orientación N84E, faltan varias de las grandes bolas de piedra en la zona Norte del recinto amurallado. A juzgar por la dirección consignada por De Prado (1863) las bolas de piedra (20 cm de radio) debieron de caer en dirección ONO hacia el exterior del recinto amurallado, dirección, que indicaría la orientación de llegada de las ondas sísmicas (ONO-ESE). Esta dirección no es del todo congruente con la orientación del epicentro catalogado por el IGN, hacia el NNO de la localidad y podría indicar que el epicentro del terremoto se encontrara algo más hacia el Oeste en el entorno del antiguo despoblado de Obera, donde el informe de Casiano de Prado (1863) indica que los terremotos se sintieron en mayor número y más fuertes. La situación del epicentro más hacia el Oeste (unos 3 km) sería congruente con la caída oblicua (ONO) respecto a la dirección del recinto amurallado Norte del castillo de Cuevas, prácticamente de dirección E-O. El hecho de que otros elementos, como los tiestos, cayeran en esa misma dirección refuerza la interpretación de una caída ortogonal a una dirección de llegada de las ondas sísmicas ONO congruente con una localización del epicentro situado en el entorno de la antigua Obera. Este muro del Castillo de Cuevas es además el que linda con su talud NO donde, según los datos recopilados por Fernández Bolea (2009), es posible localizar la mayor de las grietas que se abrieron en esta población.

Cuantificación: Caída de objetos ornamentales documentadas a partir de grado VI EMS. Aquí se asigna una intensidad genérica de VI acorde al registro macrosísmico de la localidad en la escalas EMS. No obstante, el dato más relevante lo constituye la caída oblicua de los elementos ornamentales hacia el ONO que, de acuerdo a la clasificación de efectos arqueosismológicos que se utiliza en este catálogo, indicaría una localización del epicentro en el entorno de la antigua Obera, es decir desplazado unos dos kilómetros hacia el SO de la localización del IGN.



Imagen Google Earth de Cuevas de Almanzora mostrando diferentes EEEs catalogados (vista hacia el Oeste).



Imagen del Castillo del Marqués de Los Vélez en Cuevas de Almanzora, Fachada Sur mostrando los bolardos de piedra que no cayeron. http://www.ideal.es

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VI	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Fernández Bolea, E. (2009): Los terremotos de 1863 en la comarca del Levante almeriense. Espiral, Cuadernos del Profesorado, 2 (3), 27-40.
Prado, C. de, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.
Silva, P.G. *et al.* (2014): Anatomy of an Earthquake: Geological analysis of the Huércal-Overa AD 1863 event (Almería, SE Spain). Resúmenes 2ª Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, IBERFAULT II. Lorca, España. Octubre, 2014.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva, Departamento de Geología (USAL). QTECT-AEQUA*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18630610.04.01 *04.01. Huércal-Overa (Almería)*	EVENTO	HST18630610 HUÉRCAL-OVERA. AL	EFECTO	ANOMALÍA HIDROGEOLÓGICA: HD/7

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
04 / Huércal-Overa	1°56'34,42"O	37°23'8,89"N	274 m	0 km²	2,5 km	SURESTE	**VI-VII EMS / 4.2 M***

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Superficie Aluvial (Meseta)	Pendiente del terreno	Muy suave (2-5%)
Descripción Geológica	Fuente situada en la localidad de Huércal-Overa, la cual se asienta al final de una extensa plataforma aluvial (abanico aluvial) de baja pendiente, bordeada por fuertes cantiles al Este, Sur y Norte consecuencia del encajamiento de las Ramblas de Guzmaina (Oeste) y Grande (Este y Sur). En consecuencia, el contexto geomorfológico es de tipo similar al de un Cerro Testigo o borde de Meseta, con fuertes cantiles.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Margocalizas y Areniscas	Sedimentario; Gravas y Arenas	Estratificada	Consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Pleistoceno Superior	< 80-70 ka OSL	0,18	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, Ladrillo	Casas, Iglesias	Varias	Moderado - Grave	VI-VII EMS/VII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	ANOMALÍA HIDROGEOLÓGICA HD/7

Descripción: El primer efecto que consigna de Prado (1863) son las anomalías hidrológicas que sufrieron algunas fuentes en el entorno de Huércal-Overa. La primera anomalía indica que *"las aguas de una fuente de esta localidad se enturbiaron por espacio de seis horas, notándose un aumento de dos terceras partes en el caudal del manantial desde aquel día"*, habiendo pasado ya diecinueve días desde que ocurrió el terremoto.

Interpretación: Enturbiamiento y aumento de caudal de dos terceras partes de una fuente. El efecto de enturbiamiento duró 6 horas y el aumento de caudal duró, al menos, algo más de dos semanas. Aunque la anomalía catalogada aparece citada en el segundo parte del Ayuntamiento de Huércal-Overa del día 19 de Julio (De Prado, 1863) en el que ocurrió una de las réplicas más importantes (V-VI EMS), el hecho de que se consigne en el mismo *"notándose un aumento de dos terceras partes desde aquel día"* indica que no es un efecto atribuible a la réplica y sino al terremoto principal que aquí se cataloga. Aunque no aporta datos sobre la localización de la fuente, se presume que se encontraría en el centro de la villa. El Diccionario Geográfico de Madoz (1845-1850) indica que Huércal-Overa solo tenía una fuente de escaso caudal situada en el centro de la localidad y que los vecinos se surtían de agua principalmente de los distintos manantiales que existían en la vega de Rambla Grande. Sin duda el aumento de caudal de la única fuente de la localidad fue un hecho reseñable para la población.

Cuantificación: Este tipo de efectos se consideran en la Escala ESI-07 a partir de intensidad VI en campo cercano, pero la importante variación del aumento de su caudal (2/3 partes), su extensa duración, de más de dos semanas, la conjugación de variación de caudal (HA) y turbidez (HD) y las características de otros efectos alrededor de la población permiten catalogarlo en intensidad VII ESI-07.

El segundo parte del Alcalde de Huercal-Overa es de fecha del 19 de Junio. No cesaron los sacudimientos hasta el 17, aunque fueron menos fuertes. El 18 desde las 8 y cuarto hasta las 11 de la mañana se sintieron doce, cuatro de ellos espantosos. El 19 comenzaron otra vez á las 9 de la mañana, y el primero fué mas fuerte que los del dia anterior. Los presos de la carcel clamaban porque se los sacase de allí y fué preciso trasladarlos á una barraca. Las aguas de una fuente se enturbiaron por espacio de seis horas, notándose mas de dos terceras partes de aumento en el manantial desde aquel dia. Junto al rio Almanzora desapareció otra fuente, saliendo despues de quince dias á 40 metros de distancia; y las plantas que con sus aguas se habian regado se secaron. Algunos molinos harineros pararon un corto tiempo por el retroceso de las aguas que les daban movimiento. A impulsos del temblor hubo carruages que rodaron de suyo un corto trecho. Hubo tambien desprendimientos de tierras y piedras en algunos barrancos próximos a la poblacion.

Descripción original de Casiano de Prado (1863).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Madoz, P. (1845 -1850): Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de Ultramar. 16 Tomos http://www.diccionariomadoz.org/

Prado, C. de, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.

Silva, P.G. *et al.* (2014): Anatomy of an Earthquake: Geological analysis of the Huércal-Overa AD 1863 event (Almería, SE Spain). Resúmenes 2ª Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, IBERFAULT II. Lorca, España. Octubre, 2014.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva, Departamento de Geología, Universidad de Salamanca*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18630610.04.02 *04.02. Huércal-Overa (Almería)*	EVENTO	HST18630610 HUÉRCAL-OVERA. AL	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/6

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
04 / Huércal-Overa	1°56'31,63"O	37°23'9,27"N	275 m	1 ha	2,6 km	NOROESTE	VI-VII EMS / 4.2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Meseta Aluvial (Escarpe)	Pendiente del terreno	Muy fuerte (30-50%)
Descripción Geológica	La localidad de Huércal-Overa se asienta al final de una extensa plataforma aluvial (abanico aluvial) de baja pendiente, bordeada por fuertes cantiles al Este, Sur y Norte consecuencia del fuerte encajamiento de las Ramblas de Guzmaina (Oeste) y Grande (Este y Sur). En consecuencia el contexto geomorfológico es de tipo similar al de un borde de Meseta, con fuertes cantiles.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Margocalizas y Areniscas	Sedimentario; Gravas y Arenas	Estratificada	Consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475}IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Pleistoceno Superior	< 80-70 ka OSL	0,18	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, Ladrillo	Casas, Iglesias	Varias	Moderado - Grave	VI-VII EMS; VII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO GK/6

Descripción: Se abrieron muchas grietas en el terreno, aunque en general cortas y de poca importancia, que se cerraron posteriormente. Agrietamientos del terreno y caídas de rocas se consignan en la zona de Huércal-Overa también como consecuencia de la serie de réplicas (V y VI EMS) que se registró a lo largo de todo el valle del Almanzora hasta el mes de Septiembre de 1863. Entre los efectos de las réplicas dice que "*una bastante fuerte en la madrugada del día 27 de Junio (V EMS) produjo un hundimiento de un terreno de seis varas de largo y media vara de ancho en la población y el desprendimiento de algunos cantos en los barrancos cercanos a ella*". Este efecto no pertenece al terremoto principal del 10 de Junio, pero aquí se consigna, ya que seguramente el mencionado hundimiento del terreno se produjera en unas de las zonas más afectadas por los agrietamientos ocasionados por éste. Dada la situación de la ciudad en la zona final de una amplia superficie aluvial, tipo Meseta, situamos estos efectos en la esquina SE de la antigua población que se asomaba a la zona de confluencia de las ramblas de Guzmaina y Grande, dando lugar a importantes zonas de cantil. En Huércal se describe que de las numerosas grietas se produjeron emanaciones de gases tóxicos, efecto que se consigna en otra ficha.

Interpretación: El hundimiento del terreno al que se refiere bien pudiera tratarse de una grieta ya que, teniendo en cuenta sus dimensiones (1 Vara Alicantina es igual a 0,913 m), el hundimiento tendría unos 5,5 m de longitud y unos 45 cm de anchura. Seguramente se tratara de la cabecera de un deslizamiento, puesto que menciona la caída de bloques de pequeñas dimensiones en los barrancos cercanos a la zona afectada. El hecho de que estos efectos se produjeran en una réplica de intensidad V EMS es raro, ya que no se consignan estos efectos en réplicas similares o más fuertes (V y VI EMS) que se produjeron en días anteriores o posteriores. Quizá esta réplica fue más cercana a la población que las anteriores, afectando a una zona previamente dañada por los numerosos agrietamientos de menor importancia que afectaron a esta población durante el terremoto principal en las zonas más cercanas a los cantiles de la zona SE de Huércal-Overa. En este sentido el mapa de la localidad incluido en el Diccionario Geográfico de Madoz (1845-1850) indica que toda la zona Sur de la población, vertiente a la Rambla Grande (en su margen derecha) se encontraba en estado ruinoso desde al menos mediados del Siglo XIX.

Cuantificación: Agrietamiento del terreno de 5,5 m de longitud y unos 45 cm de anchura asociado a la cabecera de un pequeño deslizamiento en la esquina SE del antiguo casco urbano relacionado con una réplica de intensidad V EMS ocurrida el 27 de junio, 17 días después del terremoto que aquí se cataloga. La frecuencia y dimensiones de los agrietamientos sobre terreno aluvial asociados al terremoto principal indican una intensidad máxima de VI ESI-07 dentro del rango de la intensidad VI-VII EMS que se le asigna a esta zona de la población.

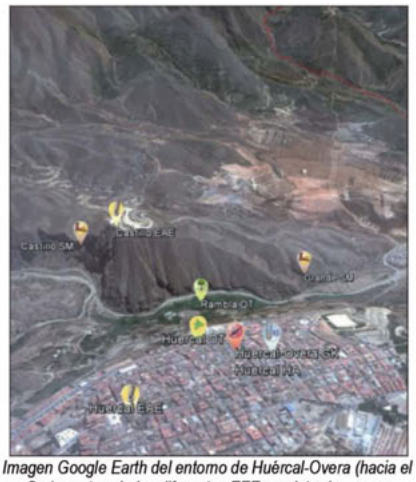


Imagen Google Earth del entorno de Huércal-Overa (hacia el Sur) mostrando los diferentes EEEs registrados en su entorno.



Imagen de Huércal-Overa a principios del Siglo XX.
http://www.ideal.es/almeria/v/20130225/provincia/

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VI	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Madoz, P. (1845 -1850): Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de Ultramar. 16 Tomos http://www.diccionariomadoz.org/
Prado, C. de, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.
Silva, P.G. *et al.* (2014): Anatomy of an Earthquake: Geological analysis of the Huércal-Overa AD 1863 event (Almería, SE Spain). Resúmenes 2ª Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, IBERFAULT II. Lorca, España. Octubre, 2014.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva, Departamento de Geología, Universidad de Salamanca*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18630610.04.03 *04.03. Huércal-Overa (Almería)*	EVENTO	HST18630610 HUÉRCAL-OVERA. AL	EFECTO	OTROS EFECTOS: OT/7

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
04 / Huércal-Overa	1°56'31,63"O	37°23'9,27"N	275 m	3 ha	2,6 km	NOROESTE	**VI-VII EMS / 4.2 M***

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Meseta Aluvial (Escarpe)	Pendiente del terreno	Muy fuerte (30-50%)
Descripción Geológica	La localidad de Huércal-Overa se asienta al final de una extensa plataforma aluvial (abanico aluvial) de baja pendiente, bordeada por fuertes cantiles al Este, Sur y Norte consecuencia del fuerte encajamiento de las Ramblas Guzmaina (Oeste) y Grande (Este y Sur). En consecuencia el contexto geomorfológico es de tipo similar al de un borde de Meseta, con fuertes cantiles.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Margocalizas y Areniscas	Sedimentario; Gravas y Arenas	Estratificada	Consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475}IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Pleistoceno Superior	< 80-70 ka OSL	0,18	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, Ladrillo	Casas, Iglesias	Varias	Moderado - Grave	VI-VII EMS; VII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	EMANACIÓN DE GASES TÓXICOS OT/7

Descripción: En Huércal-Overa "*se hicieron también muchas grietas en la tierra aunque cortas y de poca importancia; después se cerraron*". Un dato interesante y tratado en extensión en el informe en relación con la formación de grietas es la supuesta emanación de gases tóxicos desde las mismas que afectaron a pequeños animales domésticos como gatos y gallinas. *"De las grietas salían indudablemente emanaciones gaseosas, perecieron la mayor parte de los gatos de Huércal-Overa y los que no lo hicieron quedaron flacos y extenuados*". Similares efectos, pero en menor importancia y sin hacer mención a los agrietamientos se citan en la localidad de Vera.

Interpretación: Emanaciones de gases ligados a agrietamientos del terreno en las localidades de Huércal-Overa (a 3 km), donde fueron más importantes, muriendo pequeños animales domésticos. En Vera (a 14,7 km) sucedió algo parecido pero no en relación con agrietamientos del terreno, que no son citados por Casiano de Prado (1863), y en menores proporciones. Dado el tamaño de los animales afectados podría suponerse que los gases tan solo se acumularon sobre el terreno no alzando más de medio metro. Presumiblemente estos gases serían CO_2. Teniendo en cuenta que pereció la mayor parte de la población de gatos de Huércal-Overa, interpretamos que este efecto se extendió al menos 3 ha, aproximadamente la extensión del antiguo casco urbano de la localidad. La ventilación natural de los pozos de Sierra Almagrera y la emanación de gases tóxicos en otras localidades podría indicar procesos de "compresión" y "descompresión" del terreno en cuadrantes alternantes, ya que las minas que sufrieron un proceso de ventilación natural (descompresión) se encuentran al Este del epicentro macrosísmico, mientras que Huércal-Overa y Vera, donde se emanaron gases (compresión) se encuentran al SSE y NNO del mismo, respectivamente.

Cuantificación: Las emisiones de gases se consideran en la Escala ESI-07 a partir de intensidad VIII dentro de las anomalías hidrológicas en manantiales y fuentes, efecto que se consigna también para un manantial en el Valle del Almanzora (antigua Obera). Aquí consignamos estas emanaciones dentro de la categoría de otros efectos en el límite superior de intensidad VII ESI-07, acorde a la intensidad máxima de VII MSK registrada en dicha localidad y dentro del rango de la VI-VII EMS asignada a la misma.

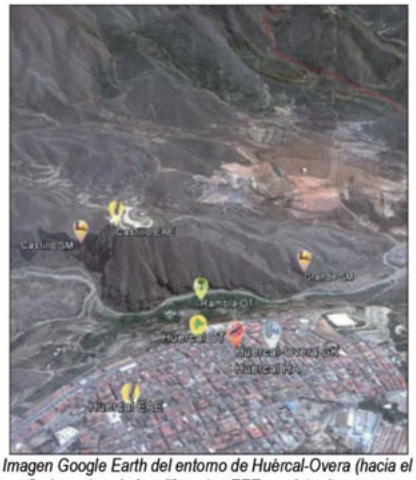


Imagen Google Earth del entorno de Huércal-Overa (hacia el Sur) mostrando los diferentes EEEs registrados en su entorno.



Imagen de Huércal-Overa a principios del Siglo XX.
http://www.ideal.es/almeria/v/20130225/provincia/

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Prado, C. de, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.

Silva, P.G. *et al.* (2014): Anatomy of an Earthquake: Geological analysis of the Huércal-Overa AD 1863 event (Almería, SE Spain). Resúmenes 2ª Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, IBERFAULT II. Lorca, España. Octubre, 2014.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva, Departamento de Geología (USAL); Javier Lario, Departamento Ciencias Analíticas (UNED). QTECT-AEQUA*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18630610.04.04 *04.04. Huércal-Overa (Almería)*	EVENTO	HST18630610 HUÉRCAL-OVERA. AL	EFECTO	EFECTO ARQUEOSISMOLÓGICO EAE: Desplazamiento Arcos

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
04 / Huércal-Overa	1°56'36,19"O	37°23'20,83"N	285 m	1200 m²	2,5 km	NOROESTE	VI-VII EMS / 4.2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Meseta Aluvial (Escarpe)	Pendiente del terreno	Muy fuerte (30-50%)
Descripción Geológica	La localidad de Huércal-Overa se asienta al final de una extensa plataforma aluvial (abanico aluvial) de baja pendiente, bordeada por fuertes cantiles al Este, Sur y Norte consecuencia del fuerte encajamiento de las Ramblas Guzmaina (Oeste) y Grande (Este y Sur). En consecuencia el contexto geomorfológico es de tipo similar al de un borde de Meseta, con fuertes cantiles.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Litología Sustrato Rocoso
Margocalizas y Areniscas	Sedimentario; Gravas y Arenas	Estratificada	Consolidada	Margocalizas y Areniscas
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$IGN 2012 (g)**	**Edad sustrato (MAGNA)**
Mioceno	Pleistoceno Superior	< 80-70 ka OSL	0,18	Mioceno

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, Ladrillo	Casas, Iglesias	Varias	Moderado - Grave	VI-VII EMS; VII MSK

EFECTO ARQUEOSISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	DESPLAZAMIENTOS DE ARCOS EAE

Descripción: La Iglesia de Nuestra Señora de La Asunción es la Iglesia parroquial de Huércal-Overa. Aunque Casiano De Prado (1863) no hace mención expresa a la misma, pero su informe consigna que en casi todas las iglesias se ven grietas, *"tanto las que se causaron en tiempos anteriores como las que aparecieron ahora son cortas, muy estrechas y verticales la mayor parte; de otra manera se presentan las que son verdaderamente ruinosas"*. Esta frase debe referirse a los graves desperfectos causados en iglesias tales como la del Santo Sepulcro, como la de Nuestra Señora de La Asunción que aquí se cataloga, que aparecen en diarios de la época (Fernández Bolea, 2009). Según la descripción del corresponsal del diario "El Liberal" se indica que el terremoto principal y sus réplicas no provocaron daños personales en el núcleo urbano a pesar de haberse derrumbado algunas habitaciones y una esquina del Santo Sepulcro, sobresaliendo los daños ocasionados en la iglesia parroquial *"que parece quedo muy resentida, observándose, además de varias grietas en su bóveda y paredes, que se ha torcido la parte superior del cimborrio de la media naranja con su remate y cruz hacia el Sur, lo que indica que las oscilaciones fueron en aquel sentido"*. En el diario madrileño "La Correspondencia de España" se indica que *"la iglesia parroquial se halla en estado de próxima ruina, si no se acude pronto a su reparación. La portada ha quedado quebrantada considerablemente, notándose grandes grietas, y se han caído las grandes almenas que forman sus remates; las dos torres cuadradas de sus laterales amenazan ruina; los cuatro arcos del crucero en que se apoya la cúpula de la media naranja, están abiertos por la clave; las bóvedas de la sacristía y de la capilla del Carmen se han cuarteado presentando grandes grietas y amenazando desplomarse"*. En cuanto a los daños a la población en general este mismo diario indica que *"la mayoría de las casas quedaron quebrantadas y que algunos de los barrios donde habita la gente más pobre se han derruido"*

Interpretación: La Iglesia de nuestra Señora de La Asunción (1709-1739 AD), es con mucho el edificio de mayor altura de la época (23 m), de planta rectangular (1400 m²), orientada E-O con su fachada principal y sus dos torres laterales hacia la Plaza de la Constitución (Este). Los datos que se documentan en los diarios de la época mencionados anteriormente permiten asignar un daño de grado VII EMS (grandes grietas en la portada, bóveda, torres laterales, sacristía y capillas anexas). Daños similares se consignan para la cercana iglesia del Santo Sepulcro de la que el diario "La Correspondencia" indica que *"en la iglesia o santuario del Santo Sepulcro se ha caído una pared lateral y parte del tejado, separándose la torre del ángulo de la fachada a que estaba unida"*. No obstante, el dato más relevante es el hecho que el remate y la cruz que corona la bóveda del cimborrio de la iglesia quedaron desplomados hacia el Sur, indicando que la direccionalidad del movimiento del terreno procedía de esa dirección según la clasificación de efectos arqueosismológicos que se utiliza en este catálogo.

Cuantificación: Desplazamientos y agrietamientos de arcos de bóveda documentados a partir de grado VII EMS según la clasificación de efectos arqueosismológicos que se utiliza en este catálogo, en consonancia con los daños sufridos en la población documentados por Fernández Bolea (2009). No obstante, el dato más significativo en este edificio es que la orientación de la deformación del remate superior del cimborrio (hacia el Sur), que tiene todos los grados de libertad, sugiriere una localización del epicentro más al Oeste en el entorno de la antigua Obera.



Imagen de la Iglesia de Nuestra señora de la Asunción, desde la Plaza de la Constitución observándose la portada, torres laterales, la media naranja del cimborrio afectadas durante el terremoto. http://www.andaluciarustica.com



LA CORRESPONDENCIA DE ESPAÑA,

DIARIO UNIVERSAL DE NOTICIAS.

ECO IMPARCIAL DE LA OPINION Y DE LA PRENSA.

parte de las casas de la villa se han quebrantado, y algunas de los barrios donde habita la clase pobre, se han derruido.

La iglesia parroquial, magnífico templo construido en tiempo de los reyes católicos, se halla en estado de próxima ruina, si no se acude pronto á su reparacion. La portada se ha quebrantado considerablemente, notándose grandes grietas, y se han caido las grandes almenas que formaban sus remates; las dos torres cuadradas, laterales, amenazan ruina; los cuatro arcos del crucero en que se apoya la cúpula de la media naranja, están abiertos por la clave; las bóvedas de la sacristía y de la capilla del Cármen se han cuarteado, presentando grandes grietas y amenazando desplomarse. En la iglesia ó Sagrario del Sepulcro se ha caido un lienzo de la pared lateral y parte del tejado, separándose la torre del ángulo de la fachada á que estaba unida. El de la

Virgen de los Desamp
un miserando impl
con fervorosa devocio
Estamos por undid
de S. M., que siempre
mediar las grandes
pueblos que han su
desgraciadamente especi
rable situacion del ve
Cuara y demás pueblo
están esperimentando
grandes y sin disputa l
aquellas, procurando
cursos pecuniarios p
muchas familias pob
primeros fondos para
única parroquia, en e
de doce mil almas á
adoracion á Dios.

www.huercal-o

Portada de un diario de la época.
http://www.huercal-overa.foro.com

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Fernández Bolea, E. (2009): Los terremotos de 1863 en la comarca del Levante almeriense. Espiral, Cuadernos del Profesorado, 2 (3), 27-40.

García Asensio, E. (1908): Historia de la Villa de Huércal-Overa y su comarca precedida de un estudio físico-geológico de la cuenca del río Almanzora. Murcia, 295 pp.

Prado, C. de, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.

Silva, P.G. *et al.* (2014): Anatomy of an Earthquake: Geological analysis of the Huércal-Overa AD 1863 event (Almería, SE Spain). Resúmenes 2ª Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, IBERFAULT II. Lorca, España. Octubre, 2014.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva, Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18630610.05.01 *05.01. Huércal, Castillo (Almería)*	EVENTO	HST18630610 HUÉRCAL-OVERA. AL	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7 

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
05 / Huércal, Castillo	1°56'4,41"O	37°23'15,87"N	290 m	2 ha	2,5 km	SUR	VI-VII EMS / 4.2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Valle Fluvial (Ladera Escarpada)	Pendiente del terreno	Cantil (> 70%)

Descripción Geológica	Cantil situado en la margen izquierda de la Rambla del Saltador en el entorno de su confluencia con la Rambla Grande. Posee dirección NNE–SSO y en su zona más oriental se sitúa el antiguo Castillo Nazarí de Huércal. Se desarrolla sobre margas y calizas miocenas con intercalaciones de areniscas y conglomerados que buzan fuertemente hacia el Sur, dando estos últimos los resaltes más importantes del escarpe que llegan a situarse subverticales (<70%) e incluso en extraplomo localmente.

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Calizas, Margas y Conglomerados	Calizas, Margas y Conglomerados	Estratificada, Meteorizada	Consolidada	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Mioceno	Sin datos	0,18	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería	Castillo	Único	Sin datos	VI MSK (Zona)

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA SM/7

Descripción: El informe de Casiano de Prado (1863) cita desprendimientos de tierras y de piedras (caídas de bloques) en el valle del Almanzora y en las ramblas próximas a Huércal-Overa (Rambla Grande y Rambla de Guzmaina). Indica que "*algunas de ellas son de gran tamaño y que habrían tenido lugar durante las sacudidas más fuertes*". También se indica en su informe que "*todos los materiales desprendidos deberían estar previamente sueltos en las laderas de los barrancos, ya que ninguno de los materiales inspeccionados mostraba muestras de que hubiesen sido separados de un terreno firme y enterizo*", advirtiendo que en los lugares inspeccionados "*no hacía falta que el terreno sufriera movimiento alguno y que bastaban las lluvias para que los materiales rocosos se vinieran abajo*". García Asensio (1908) indica explícitamente en su obra que "*numerosos desprendimientos de tierra tuvieron lugar en la rambla del Saltador en la zona próxima al Castillo*". Fernández Bolea (2009) en sus extractos sobre noticias publicados en diarios de la época (La Esperanza, 17/06/1863), indica que "*en el Cerro del Castillo el primer temblor produjo desprendimientos de tierra a ambos lados de la rambla del Saltador que a punto estuvieron de matar a dos mujeres que se encontraban lavando, hiriendo a una de ellas que sufrió la rotura de un brazo por dos partes*".

Interpretación: La descripción de Casiano de Prado (1863) indica claramente que las caídas de bloques y desprendimientos se produjeron en aquellas zonas susceptibles a estos procesos y donde comúnmente ocurren durante periodos de tormenta. El análisis de fotos e imágenes aéreas de la zona y la inspección de campo han permitido reconocer hasta nueve zonas significativas donde estos procesos ocurren comúnmente a lo largo de las ramblas de Guzmaina, El Saltador, Grande (Huércal-Overa) y en el propio valle del Almanzora, de las que solo se han catalogado seis. La que aquí se cataloga, al pie del antiguo Castillo, es indicada por García Asensio (1908). El cantil posee una longitud total de 1.100 m y un desnivel máximo de 60 m con pendiente muy escarpada, incluso con paredes subverticales rectilíneas de gran desarrollo vertical y horizontal. No obstante, la zona donde se concentran los desprendimientos de mayor tamaño posee una longitud de 300 m en el entorno del Castillo, afectando a una zona de poco más de 2 hectáreas (Silva, *et al.*, 2014). En la zona se observan grandes fracturas rectilíneas de orientación E-O a ENE-OSO asociadas a los desprendimientos afectando a toda la pared del cantil. Entre los materiales desprendidos se pueden observar restos de la antigua muralla del Castillo, del que solo queda una torre. No todos los desprendimientos que se observan en la actualidad son consecuencia del terremoto, pero sin duda esta es una de las zonas que tuvo que inspeccionar Casiano de Prado (1863), dada la alta vulnerabilidad a este tipo de fenómenos en el cantil. Los datos extraídos por Fernández Bolea (2009) de los diarios de la época indican que en este lugar se repitieron los desprendimientos en las réplicas más importantes, especialmente en la del día 19 de Junio de intensidad V EMS.

Cuantificación: Los bloques desprendidos en esta localidad poseen dimensiones de hasta 5x10 m y cayeron hacia el Norte a lo largo de al menos los 300 m de cantil adyacentes al Castillo, aunque los más numerosos son de 2x2 m. La mayor parte de ellos se conservan a media ladera, ya que la actividad torrencial de las ramblas de esta zona removiliza los bloques de grandes dimensiones que se encontrarían a su pie. En esta zona, obras de canalización han modificado y excavado el pie del cantil por lo que no se observan bloques en la actualidad. Este tipo de efectos, con las dimensiones observadas, se consideran en la Escala ESI-07 a partir de intensidad VII.



Imagen Google Earth del entorno del Castillo de Huércal-Overa (hacia el Sur) en la zona de confluencia de las ramblas de El Saltador y Rambla Grande donde se produjeron procesos de desprendimiento de rocas.



Imagen de los cantiles en el entorno del antiguo Castillo de Huércal. http://overaviva.blogspot.com.es/2012/

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Fernández Bolea, E. (2009): Los terremotos de 1863 en la comarca del Levante almeriense. Espiral, Cuadernos del Profesorado, 2 (3), 27-40.
García Asensio, E. (1908): Historia de la Villa de Huércal-Overa y su comarca precedida de un estudio físico-geológico de la cuenca del río Almanzora. Murcia, 295 pp.
Prado, C. de, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.
Silva, P.G. *et al.* (2014): Anatomy of an Earthquake: Geological analysis of the Huércal-Overa AD 1863 event (Almería, SE Spain). Resúmenes 2ª Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, IBERFAULT II. Lorca, España. Octubre, 2014.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva Departamento de Geología, Universidad de Salamanca*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18630610.05.02 *05.02. Huércal, Castillo (Almería)*	EVENTO	HST18630610 HUÉRCAL-OVERA. AL	EFECTO	EFECTO ARQUEOSISMOLÓGICO EAE: Desplazamiento Arcos

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
05 / Huércal, Castillo	1°56'7,19"O	37°23'12,80"N	99 m	0,5 ha	2,3 km	SUR	**VI-VII EMS / 4.2 M***

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Cantil	Pendiente del terreno	Muy fuerte (30-50%)
Descripción Geológica	Zona superior del Cantil que se desarrolla sobre la margen izquierda del Barranco de las Cañadas en el entorno de su confluencia con la Rambla Grande al Este de Huércal-Overa. Posee dirección NNE–SSO y en su zona más oriental se sitúa el antiguo Castillo Nazarí de Huércal. Se desarrolla sobre margas y calizas miocenas con intercalaciones de areniscas y conglomerados que buzan fuertemente hacia el Sur, dando estos últimos los resaltes más importantes del escarpe, que llegan a alcanzar valores de pendiente máximos entorno al 45-50%.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Calizas, Margas y Conglomerados	Calizas, Margas y Conglomerados	Estratificada, Fracturada	Consolidada	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475}IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Mioceno	Sin datos	0,18	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería	Castillo	Único	Sin datos	VI MSK (Zona)

EFECTO ARQUEOSISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	DESPLAZAMIENTOS DE ARCOS EAE

Descripción: El Castillo de Huércal-Overa, en estado de ruina cuando ocurrió el terremoto, pudo sufrir daños, aunque no consignados por Casiano del Prado (1863). Es un castillo de Origen Nazarí (Siglos XIII – XIV) del que en la actualidad solo se conserva su torre y algunos segmentos de sus murallas en el exterior. A pesar de su reciente y traumática restauración, todos los arcos de fábrica de ladrillo del primer piso de la torre registran reparaciones en sus claves que indican claramente que fueron destruidos, dejando marca en su restauración.

Interpretación: En el recinto amurallado de la antigua fortificación los desplazamientos y deformaciones centimétricas tienen lugar según una orientación NNE-SSO (N20ºE), mientras que los muros ortogonales (N110ºE) no muestran este tipo de deformaciones. La deformación de los arcos de bóveda orientados NNE-SSO es, en principio, congruente con una dirección de llegada de las ondas sísmicas desde el SSO, y parcialmente coherente con la localización del epicentro situado 2,3 km al Sur del mismo. No obstante, la dirección de las deformaciones NNE-SSO sugiere, al igual que en el caso del Castillo del Marqués de Villafranca en Cuevas, una localización del epicentro más al Oeste en el entorno de la antigua Obera. El recinto amurallado se encontraba arruinado cuando sucedió el terremoto, pero su situación al borde del cantil hace pensar que sus ruinas sufrieron los efectos del mismo, restos del recinto se observan a media ladera en el cantil de la Rambla del Saltador y, tanto García Asensio (1908) como Fernández Bolea (2009) indican que en esta zona se produjeron desprendimientos de tierra. Dado su estado *a priori* arruinado, el informe de Casiano de Prado (1863) no indicó nada respecto al mismo. Igual cosa puede decirse del Castillo de Obera (Santa Bárbara), localidad de la cual sí indica que sufrió mayor número de sacudidas y más fuertes.

Cuantificación: Desplazamientos de arcos de bóveda documentados a partir de grado VII EMS según la clasificación de efectos arqueosismológicos que se utiliza en este catálogo. No obstante, el dato más importante que indica este "efecto interpretado" es que la orientación de las deformaciones sugiere una localización del epicentro más al Oeste en el entorno de la antigua Obera.



Imagen Google Earth del entorno del Castillo de Huércal-Overa (hacia el Sur) en la zona de confluencia de las ramblas de El Saltador y Rambla Grande donde se produjeron procesos de desprendimiento de rocas



Imagen de los restos del Castillo Nazarí de Huércal sobre el cantil de la margen izquierda de Rambla Grande.
http://www.villahuercal-overa.com

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Fernández Bolea, E. (2009): Los terremotos de 1863 en la comarca del Levante almeriense. Espiral, Cuadernos del Profesorado, 2 (3), 27-40.

García Asensio, E. (1908): Historia de la Villa de Huércal-Overa y su comarca precedida de un estudio físico-geológico de la cuenca del río Almanzora. Murcia, 295 pp.

Prado, C. de, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.

Silva, P.G. *et al.* (2014): Anatomy of an Earthquake: Geological analysis of the Huércal-Overa AD 1863 event (Almería, SE Spain). Resúmenes 2ª Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, IBERFAULT II. Lorca, España. Octubre, 2014.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva, Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18630610.06.01 *06.01. Huércal, R. Grande (Almería)*	EVENTO	HST18630610 HUÉRCAL-OVERA. AL	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7 

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
06 / Huércal, Rambla Grande	1°56'19,05"O	37°22'57,50"N	290 m	1 ha	1,8 km	SUR	VI-VII EMS / 4.2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Valle Fluvial (Ladera Escarpada)	Pendiente del terreno	Fuerte (15-30%)
Descripción Geológica	Cantil del situado en la margen izquierda de la Rambla Grande opuesta a la localidad de Huércal-Overa. A media ladera presenta escarpes en calizas y areniscas del Mioceno Superior-Plioceno afectadas por fracturas de dirección NNE-SSO a NE-SO que segmentan diagonalmente el perfil de la ladera y dan lugar a los escarpes. La ladera presenta pendientes máximas del 20 al 24%, pero en los cantiles desarrollados a favor de las fracturas se observan importantes cantiles con gran número de bloques desprendidos.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Calizas, Margas y Areniscas	Calizas, Margas y Areniscas	Estratificada, Fracturada	Consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Mioceno	Sin datos	0,18	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Sin datos	Sin datos	VI MSK (Zona)

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA SM/7

Descripción: El informe de Casiano de Prado (1863) cita desprendimientos de tierras y de piedras (caídas de bloques) en el valle del Almanzora y en las ramblas próximas a Huércal-Overa (Rambla Grande y Rambla de Guzmaina). Indica que "*algunas de ellas son de gran tamaño*" y que habrían tenido lugar durante las sacudidas más fuertes. También se indica en su informe que "*todos los materiales desprendidos deberían estar previamente sueltos en las laderas de los barrancos, ya que ninguno de los materiales inspeccionados mostraba muestras de que hubiesen sido separados de un terreno firme y enterizo*", advirtiendo que en los lugares inspeccionados "*no hacía falta que el terreno sufriera movimiento alguno y que bastaban las lluvias para que los materiales rocosos se vinieran abajo*". Las noticias en los diarios de la época (Fernández Bolea, 2009) indican que los desprendimientos fueron procesos muy frecuentes durante el terremoto principal y réplicas más importantes de los días 19 y 21 de junio en las ramblas de esta población. El corresponsal del diario madrileño "La Esperanza" enviado a Huércal-Overa relataba así su experiencia al respecto: "*al producirse el fenómeno mirábamos a los edificios y a los montes, y los vemos a los unos y a los otros oscilar; en seguida dirigimos nuestras miradas hacia las ramblas, y vemos en casi todas ellas nubes de polvo, lo cual indica desprendimiento*".

Interpretación: La descripción de Casiano de Prado (1863) indica claramente que las caídas de bloques y desprendimientos se produjeron en aquellas zonas susceptibles a estos procesos y donde comúnmente ocurren durante periodos de tormenta. El análisis de fotos e imágenes aéreas de la zona y la inspección de campo han permitido reconocer hasta nueve zonas significativas donde estos procesos ocurren comúnmente a lo largo de las ramblas de Guzmaina, El Saltador, Grande (Huércal-Overa) y en el propio valle del Almanzora, de las que solo se han catalogado seis. Aquí se cataloga la zona de desprendimientos situada en la margen izquierda de Rambla Grande confrontada a la localidad de Huércal-Overa. Es un cantil discontinuo de dirección general N-S, subparalelo a la rambla y posee una longitud total en torno a los 1.000 m y un desnivel máximo de 30 m con pendientes muy escarpadas en su zona basal (últimos 10 metros), donde se concentran la mayor parte de los procesos de desprendimiento de bloques. El área afectada es lineal y no supera la hectárea. No todos los desprendimientos que se observan en la actualidad son consecuencia del terremoto, pero sin duda esta es una de las zonas que tuvo que inspeccionar Casiano de Prado (1863) dada la alta vulnerabilidad a este tipo de fenómenos en este cantil.

Cuantificación: Los bloques desprendidos en esta localidad poseen dimensiones de hasta 5x5 m y cayeron hacia el NNE a lo largo de al menos los 350 m de cantil en el entorno de Piedra Rajada, aunque los más numerosos son de 2x2 m e inferiores. La mayor parte de ellos se conservan a media ladera, ya que la actividad torrencial de las ramblas de esta zona, removiliza los bloques de grandes dimensiones que se encontrarían a su pie. En esta zona, al igual que en la rambla de El Saltador, localizada inmediatamente aguas arriba, obras de canalización han modificado y excavado el pie del cantil por lo que no se observan bloques en la actualidad. Este tipo de efectos, con las dimensiones observadas, se consideran en la Escala ESI-07 a partir de intensidad VII.



Imagen Google Earth del entorno de Huércal-Overa (hacia el Sur)mostrando los diferentes EEEs registrados en su entorno



Imagen de los cantiles en el entorno del antiguo Castillo de Huércal. http://overaviva.blogspot.com.es/2012/

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Fernández Bolea, E. (2009): Los terremotos de 1863 en la comarca del Levante almeriense. Espiral, Cuadernos del Profesorado, 2 (3), 27-40.

Prado, C. de, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.

Silva, P.G. *et al.* (2014): Anatomy of an Earthquake: Geological analysis of the Huércal-Overa AD 1863 event (Almería, SE Spain). Resúmenes 2ª Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, IBERFAULT II. Lorca, España. Octubre, 2014.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva, Departamento de Geología, Universidad de Salamanca*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18630610.06.02 *06.02. Huércal, R. Grande (Almería)*	EVENTO	HST18630610 HUÉRCAL-OVERA. AL	EFECTO	OTROS EFECTOS: OT/7

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
06 / Huércal, R. Grande (Almería)	1°56'17,12"O	37°23'8,44"N	240 m	5 ha	2,5 km	NOROESTE	VI-VII EMS / 4.2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Fondo Aluvial	Pendiente del terreno	Suave (5-10%)
Descripción Geológica	La localidad de Huércal-Overa se asienta al final de una extensa plataforma aluvial (abanico aluvial) de baja pendiente, bordeada por fuertes cantiles al Este, Sur y Norte consecuencia del fuerte encajamiento de las Ramblas de Guzmaina (Oeste) y Grande (Este y Sur). La Rambla Grande se encuentra encajada unos 40 m sobre el borde de la plataforma aluvial. Su estrecho fondo aluvial de 150 – 50 m de anchura está formado por depósitos torrenciales.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Margocalizas y Areniscas	Sedimentario; Bloques, Gravas y Arenas	Masiva	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475}IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Holoceno	Sin datos	0,18	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, Ladrillo	Casas, Iglesias	Varias	Moderado - Grave	VI-VII EMS; VII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGITACIÓN DE LA VEGETACIÓN OT/7

Descripción: En Huércal-Overa y en las vegas de sus ramblas hubo un intenso movimiento de la vegetación, ya que en el informe de Casiano de Prado (1863) se cita que en esta localidad "*las copas de los árboles se agitaron, doblándose hasta casi tocar la tierra*". Este efecto parece haberse registrado en toda la localidad. La situación de este efecto la hemos localizado en el fondo aluvial de la Rambla de Grande (Este de Huércal-Overa).

Interpretación: El movimiento anómalo de la vegetación debió tener lugar fundamentalmente en el fondo aluvial de la Rambla Grande, al Este de la localidad, donde todavía se mantiene la zona del bosque de ribera, plantaciones de frutales, palmeras y zonas arboladas anejas a la población. Esta zona arbolada ocupa en la actualidad unas 5 ha. Dentro del casco antiguo de la localidad no existe ninguna zona arbolada que reseñar y en el resto de las zonas anejas la vegetación es replantada. El Diccionario Geográfico de Madoz (1845-1850) indica claramente que muchas de las calles y paseos de Huércal-Overa carecían en esa época de arbolado debido a la escasez de agua en esta población.

Cuantificación: La Escala ESI-07 considera que estos efectos se pueden producir de forma moderada a partir de intensidades de grado VI, pero la descripción realizada por Casiano de Prado indica un bamboleo violento de los árboles que indicaría una intensidad mínima de VII para la localidad de Huércal-Overa y vegas de las ramblas colindantes.



Imagen de la Vega de Rambla Grande al Este de Huércal-Overa.
http://www.ideal.es/almeria/

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Madoz, P. (1845 -1850): Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de Ultramar. 16 Tomos
http://www.diccionariomadoz.org/

Prado, C. de, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.

Silva, P.G. *et al.* (2014): Anatomy of an Earthquake: Geological analysis of the Huércal-Overa AD 1863 event (Almería, SE Spain). Resúmenes 2ª Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, IBERFAULT II. Lorca, España. Octubre, 2014.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva, Departamento de Geología (USAL); Javier Lario, Departamento Ciencias Analíticas (UNED). QTECT-AEQUA*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18630610.07.01 *07.01. Huércal, R. Guzmaina (Almería)*	EVENTO	HST18630610 HUÉRCAL-OVERA. AL	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/6 

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
07 / Huércal, Rambla Guzmaina	1°56'58,12"O	37°22'51,86"N	270 m	0,5 ha	2,1 km	SURESTE	VI-VII EMS / 4.2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Valle Fluvial (Ladera Escarpada)	Pendiente del terreno	Muy fuerte (30 - 50%)
Descripción Geológica	Cantil en la margen derecha de la Rambla de Guzmaina de dirección general ESE-ONO. Se sitúa inmediatamente al Oeste de la localidad de Huércal-Overa, en la terminación oriental del relieve de la Sierrecica, cercano al antiguo camino a Overa. La ladera presenta un desnivel de 70 m, pero los escarpes más importantes se desarrollan en su parte baja, en los últimos 30 m, donde presenta escarpes en calizas y areniscas del Mioceno Superior-Plioceno buzando hacia el SSE y desarrolla desniveles del 30 al 35% observándose grandes bloques desprendidos en la misma ladera.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Calizas, Margas y Areniscas	Calizas, Margas y Areniscas	Estratificada, Fracturada	Consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Mioceno	Sin datos	0,18	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Sin datos	Sin datos	VI MSK (Zona)

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA SM/6

Descripción: El informe de Casiano De Prado (1863) cita desprendimientos de tierras y de piedras (caídas de bloques) en el valle del Almanzora y en las ramblas próximas a Huércal-Overa (Rambla Grande y Rambla de Guzmaina). Indica que "*algunas de ellas son de gran tamaño*" y que habrían tenido lugar durante las sacudidas más fuertes. También se indica en su informe que "*todos los materiales desprendidos deberían estar previamente sueltos en las laderas de los barrancos, ya que ninguno de los materiales inspeccionados mostraba muestras de que hubiesen sido separados de un terreno firme y enterizo*", advirtiendo que en los lugares inspeccionados "*no hacía falta que el terreno sufriera movimiento alguno y que bastaban las lluvias para que los materiales rocosos se vinieran abajo*". Las noticias en los diarios de la época (Fernández Bolea, 2009) indican que los desprendimientos fueron procesos muy frecuentes durante el terremoto principal y réplicas más importantes de los días 19 y 21 de junio en las ramblas de esta población. El corresponsal del diario madrileño "La Esperanza" enviado a Huércal-Overa relataba así su experiencia al respecto: "*al producirse el fenómeno mirábamos a los edificios y a los montes, y los vemos a los unos y a los otros oscilar; en seguida dirigimos nuestras miradas hacia las ramblas, y vemos en casi todas ellas nubes de polvo, lo cual indica desprendimiento*".

Interpretación: El análisis de fotos e imágenes aéreas de la zona, y la inspección de campo, permite reconocer varias zonas con importantes desprendimientos en las inmediaciones de Huércal, como la que aquí se cataloga en la margen derecha de la Rambla de Guzmaina a escasos 700 m al Oeste de la localidad. Es una pequeña zona de apenas 200x150 m donde se observan grandes hendiduras subparalelas a la ladera ocasionadas por procesos pseudokársticos, a favor de las cuales se producen desprendimientos de bloques que se sitúan a media ladera. El paraje catalogado recibe el nombre local de "Piedra Rajada". No todos los desprendimientos que se observan en la actualidad son consecuencia del terremoto, pero sin duda esta es una de las zonas que tuvo que inspeccionar Casiano de Prado (1863), ya que en esta rambla es el único sitio donde se observan este tipo de procesos. El resto de la ladera se encuentra surcada por numerosos barrancos y existen desprendimientos de menores dimensiones, también conservados a media ladera.

Cuantificación: Los bloques desprendidos en esta localidad poseen dimensiones de hasta 2x2 m y cayeron hacia el NNE a favor de las grandes hendiduras que poseen entre 20 y 50 m de longitud y hasta 5-6 m de profundidad. Los bloques de mayores dimensiones se encuentran en la ladera, mientras que a su pie los bloques mayores difícilmente superan los 1x1 m. Este tipo de efectos, con las dimensiones observadas, se consideran en la Escala ESI-07 a partir de intensidad VI.



Imagen Google Earth del entorno de Huércal-Overa (hacia el Sur) mostrando los diferentes EEEs y EAEs registrados en su entorno.



Vista Google Earth de la zona de Piedra Rajada, Rambla de Guzmaina (Huércal-Overa)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VI	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Fernández Bolea, E. (2009): Los terremotos de 1863 en la comarca del Levante almeriense. Espiral, Cuadernos del Profesorado, 2 (3), 27-40.
Prado, C. de, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.
Silva, P.G. *et al.* (2014): Anatomy of an Earthquake: Geological analysis of the Huércal-Overa AD 1863 event (Almería, SE Spain). Resúmenes 2ª Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, IBERFAULT II. Lorca, España. Octubre, 2014.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva, Departamento de Geología, Universidad de Salamanca*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18630610.08.01 *08.01. La Jarosa, Mina Constancia (Almería)*	EVENTO	HST18630610 HUÉRCAL-OVERA. AL	EFECTO	ANOMALÍA HIDROLÓGICA: HA/6

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
08 / La Jarosa (Almería)	1°44'58,05"O	37°17'47,77"N	195 m	0 km²	17,6 km	SURESTE	VI-VII EMS / 4.2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Barranco (Base de Ladera)	Pendiente del terreno	Moderada (10-15%)
Descripción Geológica	Pozo Minero situado en la margen derecha del Barranco de La Jarosa o Pinalbo de Terra, prácticamente en la base de la ladera adyacente a la rambla. Aproximadamente unos 30 m por encima de esta explotación se sitúa la Mina San Antonio donde se registraron otros efectos consignados en otra ficha (ventilación espontánea de gases).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Metamórfico; Micaesquistos, Esquistos y Cuarcitas	Roca	Fracturada	Consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Paleozoico	Paleozoico	Sin datos	0,19	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería	Instalaciones Mineras	Ninguna	Sin datos	V MSK (Zona)

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	ANOMALÍA HIDROLÓGICA: AH/8

Descripción: El informe de Casiano de Prado (1863) indica que el sistema de desagüe de la zona minera del Jaroso estaba parada el día 10 de junio, *"cuando lo volvieron a poner en movimiento dos o tres días después se notó que para reducir las aguas a un límite conocido por los maquinistas se tardó de seis a ocho veces más tiempo del acostumbrado. Las aguas se dominaron también y continuaron bombeando al mismo ritmo que el acostumbrado"*. En un pozo próximo que se estaba profundizando hasta los 200 varas de profundidad (180 m) *"los trabajadores de la superficie tuvieron que abandonar el torno durante el terremoto ya que su movimiento y oscilación parecía venirse abajo, mientras que los obreros que trabajaban en profundidad (180 m) en ese mismo pozo no sintieron nada"*. Estas observaciones implican que como indica de Prado *"se removieron las aguas y los gases en el interior de la montaña, abandonando las profundidades"*.

Interpretación: El caudal de las aguas subterráneas en el sistema de desagüe del distrito minero aumentó temporalmente de 6 a 8 veces su caudal habitual indicando una sobrepresión de las aguas subterráneas o elevación temporal del nivel freático. Este hecho también puede explicar la ventilación espontánea de los pozos mineros en la Mina San Antonio, situada 30 m por encima de la Mina Constancia, donde se situaba el primer sistema de desagüe de la zona minera del Jaroso. El sistema de desagüe llevaba en funcionamiento desde 1843, 20 años antes de ocurrir el terremoto, como consecuencia en ese año comenzaron a inundarse los pozos al alcanzar los 145 m de profundidad en Mina de Las Animas, situada en la vertiente opuesta del barranco, y progresivamente en todas las restantes al alcanzar esta profundidad (Madoz, 1845-1850). El agua que se desalojaba era de color rojizo anaranjado y manaba a unos 43ºC, aunque hoy en día este freático se encuentra entre 25 y 30 m por debajo del nivel del mar como consecuencia de la intensa explotación minera de la zona por espacio de más de 200 años.

Cuantificación: El aumento temporal del caudal en fuentes o pozos de forma significativa, como es el caso (x6 o x8), es un efecto hidrológico que se considera en la Escala ESI-07 a partir de intensidad VI. El hecho de que los obreros que estaban trabajando en el exterior lo notaran y la maquinaria se tambaleara ostensiblemente indica, por otro lado, una intensidad mínima V EMS en esta zona minera. Aunque el efecto hidrogeológico catalogado indica una intensidad mínima de VI ESI-07, puede que el aumento significativo de caudal en esta instalación de desagüe se debiera a la anomalía hidrológica que la misma introducía.



Imágenes de la zona del antiguo sistema de desagüe del Barranco del Jaroso.
http://www.almagrera.es/jaroso.html

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VI	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Madoz, P. (1845 -1850): Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de Ultramar. 16 Tomos http://www.diccionariomadoz.org/

Prado, C. de, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.

Silva, P.G. *et al.* (2014): Anatomy of an Earthquake: Geological analysis of the Huércal-Overa AD 1863 event (Almería, SE Spain). Resúmenes 2ª Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, IBERFAULT II. Lorca, España. Octubre, 2014.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva, Departamento de Geología, Universidad de Salamanca*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18630610.08.02 *08.02. La Jarosa, Mina San Antonio (Almería)*	EVENTO	HST18630610 HUÉRCAL-OVERA. AL	EFECTO	OTROS EFECTOS: OT/6

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
08 / La Jarosa (Cuevas de Almanzora)	1°44'55,84"O	37°17'48,70"N	215 m	0 km²	17,4 km	NOROESTE	VI-VII EMS / 4.2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Barranco (Ladera)	Pendiente del terreno	Moderada (10-15%)
Descripción Geológica	Mina subterránea situada en la Sierra de Almagrera, en la margen derecha del Barranco de La Jarosa o Pinalbo dentro del antiguo distrito minero de Cuevas de Almanzora. Se sitúa a media ladera sobre un área explanada de unos 200 m².		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Metamórfico: Micaesquistos, Esquistos y Cuarcitas	Roca	Fracturada	Consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Paleozoico	Paleozoico	Sin datos	0,19	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería	Instalaciones Mineras	Ninguna	Sin datos	V MSK (Zona)

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	VENTILACIÓN ESPONTÁNEA SUBTERRÁNEA OT/6

Descripción: En las minas de la Sierra de Almagrera se notaron algunos efectos hidrogeológicos en el subsuelo. En la Mina San Antonio, localizada en el Barranco de La Jarosa de la Sierra Almagrera (situada a 17 km al Este del epicentro), en las galerías de la mina situadas a unas 225 varas de profundidad (200 m) "*existe una zona de excavación en que no se puede trabajar sino con el auxilio de un ventilador de mano y a veces ni aun así. Se dudaba si tras el terremoto se podría entrar allí ya que los días anteriores estaba llena de gas carbónico y no se había ventilado. Sin embargo, se pudo entrar en ella y permanecer allí bastante tiempo sin necesidad de ventilador*". Sin duda, el terremoto provocó la ventilación natural de la misma, debido al incremento de la presión en el terreno y, "*aunque en el exterior de las minas fue sentido el terremoto, las personas que estaban trabajando en su interior no percibieron ni movimiento, ni ruido alguno*". Se trata de una pequeña explotación minera de Sierra Almagrera, colindante con las minas del Carmen y La Constancia. En la última es donde se ubicó el desagüe principal del distrito minero en 1845 y donde se registran otros efectos geológicos de este terremoto.

Interpretación: Ventilación natural de una galería subterránea a 200 m de profundidad, debida a alteración de las aguas freáticas que se registró en el pozo colindante de la Mina Constancia donde se ubica el sistema de desagüe principal de la zona minera del Barranco de La Jarosa. La desaparición de los gases de los pozos subterráneos pudo deberse a que los poros de la roca antes ocupados por el gas carbónico fueron ocupados por agua que los desplazarían o se disolverían en ella.

Cuantificación: Este tipo de efectos no se considera en la Escala ESI-07, pero se consignan aquí, dentro de la categoría de otros efectos en el límite de las zonas de intensidad V y VI definidas por otros efectos.



Imagen Google Earth de El Barranco de La Jarosa en el Distrito Minero de Sierra Almagrera.



Imagen de los restos de la Mina de San Antonio, activa hasta mediados del Siglo XX con la denominación de Mina La Asunción de Cartagena. http://www.mtiblog.com/2011/09/mina-asuncion-de-cartagena-la-tonta.html

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VI	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Prado, C. de, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.
Silva, P.G. *et al.* (2014): Anatomy of an Earthquake: Geological analysis of the Huércal-Overa AD 1863 event (Almería, SE Spain). Resúmenes 2ª Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, IBERFAULT II. Lorca, España. Octubre, 2014.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva, Departamento de Geología (USAL); Javier Lario, Departamento Ciencias Analíticas (UNED). QTECT-AEQUA*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18630610.09.01 *09.01.Los Oribes, Caserío (Almería)*	EVENTO	HST18630610 HUÉRCAL-OVERA. AL	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
09 / Los Oribes, Caserío (Huércal-Overa)	1°55'30,06"O	37°20'28,72"N	165 m	1 ha	2,9 km	SURSURESTE	VI-VII EMS / 4.2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Valle Fluvial (Ladera Escarpada)	Pendiente del terreno	Cantil (> 70%)
Descripción Geológica	Cantil situado en la margen derecha del Valle del Río Almanzora en el Cañón de dirección NO-SE que atraviesa la Sierra de Almagro. La parte superior del cantil desarrolla importantes fenómenos de desprendimientos de materiales rocosos constituidos por micaesquistos, filitas y cuarcitas interestratificados con paquetes de yesos de edad triásica. Se observan numerosos fenómenos de descalces y caídas de grandes bloques de escala decamétrica por procesos de deslizamiento planar a favor del buzamiento de los estratos en dirección Este. En la actualidad el lugar se encuentra en la cola del Embalse de Cuevas de Almanzora construido en los años 90.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Metamórfico; Filitas, Pizarras y Cuarcitas	Filitas, Pizarras y Cuarcitas	Foliada, Meteorizada	Consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Triásico	Sin datos	0,19	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería	Caserío	Única	Sin datos	VI MSK (Zona)

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA SM/8

Descripción: El informe de Casiano de Prado (1863) cita desprendimientos de tierras y de piedras (caídas de bloques) en el valle del Almanzora y en otros valles de las cercanías, aunque no cita expresamente la zona del Caserío de Los Oribes. Noticias de los diarios de la época recopiladas por Fernández Bolea (2009) indican que durante el terremoto principal y réplicas más importantes (19 de Junio) que estos procesos de ladera se produjeron en el entorno del Caserío de Los Oribes: *"En el río, enfrente de Los Oribes, se hallaban dos niños a la sombra de una terrera de más de cuarenta varas de altura, apacentando a un rebaño de doscientas cabras; con el temblor se desplomó la terrera sobre el sitio donde se hallaba el rebaño y los pastores, los cuales huyeron instintivamente sin sufrir percance alguno"*.

Interpretación: El análisis de fotos e imágenes aéreas de la zona, y la inspección de campo, permite reconocer numerosas zonas en el interior del Cañón del Almanzora en su recorrido NO-SE a través de la Sierra de Almagro que fundamentalmente afectan a materiales metamórficos (filitas, pizarras, cuarcitas, mármoles) y yesos del Triásico superior. Al menos, se observan seis zonas importantes en ambas laderas del Cañón con cantiles de longitudes comprendidas entre los 150 y los 300 m. Aunque en todos ellos tuvieron que producirse desprendimientos, en la actualidad es difícil su reconocimiento ya que se encuentran en el sector del Cañón inundado por la cola del embalse; aquí se consigna el más importante que se sitúa en el entorno del Caserío de los Oribes, donde los datos de Fernández Bolea (2009) indican que ocurrieron. Esta zona registra otro efecto geológico importante, la desaparición de la Laguna de Albojaira por la apertura de grandes grietas en su lecho. Se observan numerosos desprendimientos y deslizamientos planares de bloques de grandes dimensiones (12 x 6 m) en su parte superior, aunque la mayoría se sitúa a media ladera con dimensiones máximas de 3 x 3 m con recorridos de hasta 100-120 m que alcanzan la zona arbolada del fondo del valle. Otros de carácter métrico son muy comunes y algunos de ellos podrían haber sido removilizados, que no desprendidos, durante el evento sísmico, desde la zona de media ladera (Silva *et al.*, 2014). No obstante, toda esta zona del cañón del Almanzora se inunda cuando el embalse alcanza su cota máxima y muchos desprendimientos se produjeron durante la fase de llenado del embalse, según noticias locales. Por tanto, aquí se cataloga este "efecto" como representativo de los muchos que se pudieron producir en este tramo del Cañón del Almanzora durante el terremoto principal y réplicas más importantes.

Cuantificación: Los bloques desprendidos en esta localidad poseen dimensiones métricas, pero según se consigna en las descripciones los bloques no se desprendieron, sino que algunos pudieron ser removilizados. Este tipo de efectos, con las dimensiones observadas, se consideran en la Escala ESI-07 a partir de intensidad VII, aunque, por los numerosos lugares existentes y su frecuencia, asignamos a esta zona como representativa del Cañón del Almanzora una intensidad VIII ESI-07.



Imagen Google Earth de la localización de los desprendimientos catalogados en el interior del Cañón del Almanzora a su paso por el Antiguo Caserío de Los Oribes.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Fernández Bolea, E. (2009): Los terremotos de 1863 en la comarca del Levante almeriense. Espiral, Cuadernos del Profesorado, 2 (3), 27-40.
Prado, C. de, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.
Silva, P.G. *et al.* (2014): Anatomy of an Earthquake: Geological analysis of the Huércal-Overa AD 1863 event (Almería, SE Spain). Resúmenes 2ª Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, IBERFAULT II. Lorca, España. Octubre, 2014.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva, Departamento de Geología (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18630610.10.01 *10.01. Obera Antigua, Castillo de Santa Bárbara (Almería)*	EVENTO	HST18630610 HUÉRCAL-OVERA. AL	EFECTO	EFECTO ARQUEOSISMOLÓGICO EAE: Agrietamientos y Caídas orientadas

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
10 / Obera Antigua (Almería)	1°57'43,86"O	37°21'1,80"N	215 m	0 km²	5,1 km	ESTE-NORESTE	VI-VII EMS / 4.2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Colina	Pendiente del terreno	Moderada (10-15%)
Descripción Geológica	Castillo Nazarí situado sobre una colina de calizas y dolomías en la margen derecha del Río Almanzora en las inmediaciones de la actual barriada de Santa Bárbara, donde comenzó el establecimiento de la antigua Overa. Se encuentra a unos 25 m de altura sobre el fondo de la rambla en el borde superior de la ladera donde los materiales se encuentran buzando entre 30 y 50ºS hacia la rambla en posición bastante inestable. Se observan numerosas grietas y bloques caídos al pie de la ladera.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calizas y Dolomías	Calizas y Dolomías	Estratificada, Fracturada	Consolidado	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475}IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Triásico	Sin datos	0,18	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, Ladrillo	Castillo	Única	Sin datos	VI MSK (Zona)

EFECTO ARQUEOSISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	AGRIETAMIENTOS Y CAÍDAS EAE/7

Descripción: El Castillo de Obera, ya en estado de ruina cuando ocurrió el terremoto (García Asensio, 1908), pudo sufrir daños, aunque no consignados por Casiano de Prado (1863). Es un castillo de origen Nazarí (Siglos XIII – XIV) del que en la actualidad solo se conserva su torre y algunos segmentos del caserío adyacente y murallas exteriores en estado de ruina. Según se consigna en el inicio del mencionado informe fue la zona del antiguo despoblado de Obera donde los terremotos se sintieron en mayor número y con mayor fuerza.

Interpretación: Se trata de un castillo de época Nazarí (Siglo XIII) localizado en la barriada rural de Santa Bárbara en el Valle del Almanzora (Castillo de Santa Bárbara). En la actualidad solo se conserva una de sus antiguas torres en estado de ruina y restos de la muralla, ambos con colapsos parciales hacia el SSE. Se localiza a 5,1 km al ENE del epicentro. La zona del castillo se encuentra en el borde de una ladera inestable donde se observan numerosas grietas en los materiales rocosos y bloques de dimensiones métricas desprendidos. Es posible que estos agrietamientos y caídas de bloques también se produjeran en este sitio, pero no se han consignado en las fichas. Aquí se consigna este efecto como probable, ya que esta zona del valle del Almanzora sufrió especialmente los terremotos, siendo además donde se registran distintos procesos de caídas de rocas y anomalías en las aguas del río que indican una intensidad superior a VII ESI-07.

Cuantificación: Agrietamientos y desplomes parciales de paredes a partir de grado VII EMS.



Imagen de las ruinas del Antiguo Castillo de Obera.
http://overaviva.blogspot.com.es

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Prado, C. de, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.
García Asensio, E. (1908): Historia de la Villa de Huércal-Overa y su comarca precedida de un estudio físico-geológico de la cuenca del río Almanzora. Murcia, 295 pp.
Silva, P.G. *et al.* (2014): Anatomy of an Earthquake: Geological analysis of the Huércal-Overa AD 1863 event (Almería, SE Spain). Resúmenes 2ª Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, IBERFAULT II. Lorca, España. Octubre, 2014.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva, Departamento de Geología (USAL); Javier Lario, Departamento Ciencias Analíticas (UNED). QTECT-AEQUA*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18630610.10.02 *10.02. Obera Antigua, Ermita de La Concepción, (Almería)*	EVENTO	HST18630610 HUÉRCAL-OVERA. AL	EFECTO	EFECTO ARQUEOSISMOLÓGICO EAE: Caida Orientada

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
10 / Obera Antigua (Almería)	1°59'34,82"O	37°20'23,71"N	202 m	0 km²	5,8 km	ESTE-NORESTE	VI-VII EMS / 4.2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Terraza fluvial	Pendiente del terreno	Muy suave (2-5%)
Descripción Geológica	Ermita situada sobre la terraza baja + 10-12 m del Valle del Almanzora en la zona del antiguo despoblado de Overa, en la actual Barriada de La Concepción. Se sitúa en la margen derecha del Almanzora, inmediatamente aguas arriba de la barriada de Santa Bárbara.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calizas y Dolomías	Sedimentario; Gravas y Arenas	Estratificada	Sin consolidar	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Holoceno	Sin datos	0,18	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, Ladrillo	Ermita	Única	Moderado	VI MSK (Zona)

EFECTO ARQUEOSISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	AGRIETAMIENTO EAE/6

Descripción: Según se consigna en el informe de Casiano de Prado (1863) *"en una ermita de Huércal-Overa la torre se desplomó un poco apareciendo ahora una grieta lineal de arriba abajo porque la torre se hizo después que la iglesia y no se trabó la fábrica de esta con la de la ermita"*. En el informe se consigna que en casi todas las iglesias se ven grietas, *"tanto las que se causaron en tiempos anteriores como las que aparecieron ahora son cortas, muy estrechas y verticales la mayor parte; de otra manera se presentan las que son verdaderamente ruinosas"*.

Interpretación: "La Historia de la Villa de Huércal-Overa y su Comarca" de García Asensio (1908) permite identificar el edificio dañado con la Ermita de La Purísima Concepción, situada en la actual Barriada de La Concepción, en la margen derecha de la Rambla del Almanzora opuesta al lugar del antiguo despoblado de Obera. La ermita se construyó en 1772 y se amplió en 1860, apenas tres años antes del terremoto, dándole las dimensiones que posee en la actualidad. La recién ampliada ermita sufrió bastante, desplomándose parcialmente su antigua torre y agrietándose toda la bóveda (E-O) que estaba muy bien construida, como lo prueba el hecho de haberse sostenido en este estado hasta el año 1906 en que se derribó y reconstruyó (García Asensio, 1908). En la actualidad no quedan restos de los daños ocasionados por el terremoto ni de su antigua torre. El informe de Casiano de Prado (1863) indica expresamente que en la zona del antiguo despoblado de Obera fue donde mayor número de sacudimientos hubo y más fuertes fueron.

Cuantificación: Agrietamientos y desplomes parciales de paredes a partir de grado VII EMS. A juzgar por los datos de Casiano de Prado (1863) fue un número importante de edificaciones el que sufrió agrietamientos y derrumbes parciales en esta zona. Solo indicar que el único lugar en que se arruinó una vivienda fue Albox, situado también en esta zona occidental del valle.



Imagen de la Ermita de la Purísima Concepción en la Barriada del mismo nombre.
http://overaviva.blogspot.com.es/

En cuanto á los edificios solo se arruinó una casa en Albox En otras hubo algun desprendimiento parcial de algun trozo de pared ó de cornisa, y formacion de bastantes grietas; pero todo en casas viejas ó de construccion defectuosa. En cuanto á las iglesias pocas son en aquel pais las que no se hallen algo resentidas por los terremotos. En una ermita de Huercal-Obera la torre se desplomó un poco apareciendo ahora una estrecha grieta lineal de alto á bajo, porque la torre se hizo despues de la iglesia y no se trabó la fábrica de esta con la de la ermita. Tambien en Vera se desplomó un poco la torre de un convento, accidente que en las torres no es acaso tanto de temer como en otras construcciones. Si en las iglesias se ven algunas grietas, tanto las que se causaron en tiempos anteriores como las que aparecieron ahora son cortas, muy estrechas y verticales la mayor parte: de otra manera se presentan las que son verdaderamente ruinosas.

(*Se continuará*)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Prado, C. de, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. Rev. Minera, 14 (322 - 325), 180 pp.

García Asensio, E. (1908): Historia de la Villa de Huércal-Overa y su comarca precedida de un estudio físico-geológico de la cuenca del río Almanzora. Murcia, 295 pp.

Silva, P.G. *et al.* (2014): Anatomy of an Earthquake: Geological analysis of the Huércal-Overa AD 1863 event (Almería, SE Spain). Resúmenes 2ª Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, IBERFAULT II. Lorca, España. Octubre, 2014.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva, Departamento de Geología (USAL); Javier Lario, Departamento Ciencias Analíticas (UNED). QTECT-AEQUA*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18630610.10.03 *10.03. Obera Antigua, Valle (Almería)*	EVENTO	HST18630610 HUÉRCAL-OVERA. AL	EFECTO	ANOMALÍA EN CUERPOS DE AGUA: WA/8

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
10 / Obera Antigua	1°58'1,69"O	37°20'48,94"N	180 m	Sin definir	3,5 km	NORESTE	VI-VII EMS / 4.2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura de inundación (Cauce fluvial)	Pendiente del terreno	Llano (< 2%)
Descripción Geológica	Cauce del Río Almanzora en dirección E-O en el tramo del río antes de su entrada en el cañón que atraviesa la Sierra de Almagro. Se sitúa a la altura de la pedanía de Santa Bárbara (Término Municipal de Huércal-Overa) en el entorno de la antigua población de Obera, donde el valle del Almanzora comienza a estrecharse encajándose en potentes bancos de calizas y dolomías triásicos.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Calizas y Dolomías	Arenas y Gravas	Masiva	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Holoceno	Sin datos	0,18	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería	Molino	Varios	Sin datos	VI MSK (Zona)

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	ANOMALÍAS EN CUERPOS DE AGUA AW/8

Descripción: El Río Almanzora disminuyó o paró su caudal durante pocas horas o minutos, ya que según se consigna *"algunos molinos harineros (norias) pararon un corto tiempo por el retroceso de las aguas que les daban movimiento"*. El informe de Casiano de Prado (1863) indica claramente que fue en Huércal-Overa donde el número de sacudimientos fue mayor, indicando que especialmente esto sucedió en el despoblado de la antigua Obera situado en la margen izquierda del Almanzora, volviendo a hacer esta apreciación varias veces a lo largo de su informe.

Interpretación: Este proceso podría deberse también a un movimiento a contracorriente del agua, según se interprete la palabra retroceso; también podría ser una disminución de caudal del río ocasionada por la apertura de grietas en su cauce, como ocurrió en la Laguna de Albojaira. La localización de este efecto es aproximada y la situamos en las ruinas de uno de los antiguos molinos de la zona, el Molino de Santa Bárbara (actual población), situada en el entorno de la antigua población de Obera, donde el informe de Casiano de Prado (1863) cita que fue la zona que sufrió un mayor número de sacudimientos, y donde el Diccionario Geográfico de Madoz (1845-1850) sitúa la mayor parte de los molinos harineros de la zona en aquella época. No obstante su localización podría estar más hacia el E, en el interior del cañón a una distancia epicentral inferior de un mínimo de 1,5 km.

Cuantificación: Este tipo de efectos (aparición/desaparición de pequeñas cuencas de agua o retroceso de las aguas en los ríos) se consideran en la Escala ESI-07 a partir de intensidad VIII.



Imagen de la zona de Santa Bárbara donde estaban emplazados los Molinos Harineros. Al fondo se observa el Castillo de Obera y la población de Santa Bárbara.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Madoz, P. (1845 -1850): Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de Ultramar. 16 Tomos http://www.diccionariomadoz.org/

Prado, C. de, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.

Silva, P.G. *et al.* (2014): Anatomy of an Earthquake: Geological analysis of the Huércal-Overa AD 1863 event (Almería, SE Spain). Resúmenes 2ª Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, IBERFAULT II. Lorca, España. Octubre, 2014.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva, Departamento de Geología, Universidad de Salamanca*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18630610.11.01 *11.01. Palacio de Almanzora (Almería)*	EVENTO	HST18630610 HUÉRCAL-OVERA. AL	EFECTO	EFECTO ARQUEOSISMOLÓGICO EAE: Agrietamientos

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
11 / Palacio de Almanzora	2°8'7,51"O	37°20'52,43"N	334 m	2,4 ha	17,9 km	ESTE	VI-VII EMS / 4.2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Colina	Pendiente del terreno	Suave (5-10%)
Descripción Geológica	Palacio situado sobre la terraza baja + 10-12 m del Valle del Almanzora en la zona de la actual barriada de Almanzora, en el entorno de la confluencia de la rambla de Albox con el cauce del Almanzora.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calizas y Dolomías	Sedimentario; Gravas y Arenas	Estratificada	Sin consolidar	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Holoceno	Sin datos	0,18	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, Ladrillo	Palacio	Única	Moderado	V MSK (Zona)

EFECTO ARQUEOSISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	AGRIETAMIENTOS EAE/6

Descripción: El informe de Casiano de Prado (1863) consigna que "*en la localidad de El Jaroso, en el Castillo del Marqués de Villafranca se abrieron grandes grietas en uno de sus muros*". Estos datos son aportados por el Ingeniero de Minas D. Antonio de Falces que los comunica junto con los efectos observados en el distrito minero del Barranco de La Jarosa.

Interpretación: Es uno de los efectos consignados por Casiano de Prado (1863) más difíciles de interpretar en cuanto a la localización del mismo. La lectura de toda la información disponible indica que no ha existido ningún castillo o palacio del Marqués de Villafranca en el distrito minero del Jaroso (Sierra Almagrera). Aunque el castillo podría identificarse con el Castillo del Marqués de Los Vélez (también denominado de Villafranca) en Cuevas de Almanzora, no es el caso. Por el contrario el Diccionario Geográfico de Madoz (1845-1850) indica claramente la existencia de un "Palacio de Villafranca" en la Barriada de Almanzora, perteneciente a Cantoria. La lectura de los datos históricos y su comparación con la información aportada a De Prado (1863) por D. Antonio Falces, permiten identificar el edificio dañado con el situado en la barriada de Almanzora a 17,9 km del epicentro. El palacio, antaño perteneciente al marquesado de Villafranca, se construyó en 1772 y fue adquirido por un rico minero de la zona (Antonio Abellán Peñuela, Marqués de Almanzora) en 1860 que encargó su ampliación al ingeniero Antonio de Falces que ya había diseñado varias casas señoriales en Cuevas y Vera (López Cazorla, 2006). En el momento del terremoto el Palacio de Almanzora estaba en obras de ampliación y es del todo posible que en el informe de la zona minera que Falces remitió a De Prado, éste mencionara los desperfectos ocasionados por el mismo en el Palacio de Almanzora, y De Prado (1863) erróneamente los asignara a la zona minera de La Jarosa (Silva *et al.*, 2014). De hecho, las obras de ampliación del palacio de Almanzora (Palacio de Villafranca) culminaron en 1872, nueve años después del terremoto, hasta convertirlo en un gran palacio de 2.484 m² (López Cazorla, 2006), lo cual impide ver los posibles efectos que el terremoto ocasionara en éste.

Cuantificación: Apertura de grietas, en este caso de grandes dimensiones, se documentan a partir de grado VI EMS. Aquí se asigna una intensidad genérica de VI superior al grado IV-V que se le asignan a poblaciones cercanas como Cantoria (5 km) o Albox (4,7 km), aunque en esta última se documenta el único caso de derrumbe de una casa que aparece en el informe de Casiano De Prado (1863). El palacio es rectangular, estando orientadas sus fachadas en dirección NE-SO y NO-SE, aunque los datos existentes no permiten averiguar cuál de las fachadas sufrió las grandes grietas, ni qué tipo de grietas eran éstas. Aquí se consigna este EAE para dejar constancia de los daños ocasionados en esta localidad no recogidos en ningún otro catálogo.



Imagen del Castillo del Marqués de Villafranca (Palacio de Almanzora) en la pedanía de Almanzora.
http://www.somosalbojenses.com

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VI	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Madoz, P. (1845 -1850): Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de Ultramar. 16 Tomos http://www.diccionariomadoz.org/

López Cazorla, L. (2006): Pinceladas sobre Almanzora. Revista Cultural de Cantoria, 1.

Prado, C. de, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.

Silva, P.G. *et al.* (2014): Anatomy of an Earthquake: Geological analysis of the Huércal-Overa AD 1863 event (Almería, SE Spain). Resúmenes 2ª Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, IBERFAULT II. Lorca, España. Octubre, 2014.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva, Departamento de Geología (USAL). QTECT-AEQUA*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18630610.12.01 *12.01. Portillo, Cerro. Cuevas de Almanzora (Almería)*	EVENTO	HST18630610 HUÉRCAL-OVERA. AL	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/6 

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
12 / Cerro del Portillo. Cuevas de Almanzora (Almería)	1°51'38,00"O	37°17'58,77"N	140 m	3,95 ha	9,40 km	NORESTE	VI-VII EMS / 4.2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Valle Fluvial (Ladera Escarpada)	Pendiente del terreno	Cantil (> 70%)
Descripción Geológica	Cerro situado en la margen izquierda del Valle del Río Almanzora enfrente de la población de Cuevas a unos 1,3 km hacia el Este de la misma. Posee la misma estructura que el Cerro del Espíritu Santo, donde se encontraba la antigua población de Vera destruida por el terremoto de 1518 AD. Es un cerro testigo coronado por potentes bancos de conglomerados y areniscas de edad Pliocena, meteorizados y densamente fracturados, del cual se desprenden grandes bloques dispersos a media ladera, encontrándose la fisonomía original de su cantil completamente desdibujada.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Conglomerados y Areniscas	Conglomerados y Areniscas	Estratificada, Meteorizada	Consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno	Plioceno	Sin datos	0,19	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	V-VI EMS/V MSK (Zona)

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA SM/6

Descripción: La obra de García Asensio (1908) posee un apartado específico sobre los terremotos de 1863, pero en él solo se da referencia de la caída de bloques en la Rambla del Saltador en el entorno del antiguo castillo de Huércal. No obstante, en la descripción físico-geológica de la comarca del Almanzora que abre su obra, da interesantes datos sobre Sierra de Almagro y Cuevas de Almanzora. Refiriéndose a esta población indica "*ocurriendo con frecuencia a los pocos minutos de aquellos extraños ruidos (detonaciones grandes y profundas), se veía a orillas del Río Almanzora, en una loma o cabezo que hay inmediato, que se levantaba una columna de piedras, como las que suelen elevarse y preceden a la erupción de todo volcán..*". Dos párrafos más adelante, refiriéndose a este mismo cerro, García Asensio (1908), indica que en la Sierra de Almagro, a unos 4 km de distancia del "*cerro hundido en 1863*" en el término de Cuevas ya citado se sitúa una fuente que mostró algo de termalidad. Los datos de Fernández Bolea (2009), extraídos de diarios de la época, también indican que en los cerros situados en los alrededores de Cuevas se levantó el terreno repetidamente durante el terremoto principal y réplicas más importantes.

Interpretación: El análisis de fotos e imágenes aéreas de la zona y la inspección de campo permiten reconocer el Cerro o Cabezo mencionado por García Asensio, con el Cerro de la Rambla del Portillo, situado a unos 1,3 km al Este de la población de Cuevas y visible su cúspide desde la zona alta de la ciudad. García Asensio (1908) indica claramente que el cerro se hundió en 1863 a consecuencia del terremoto y que a continuación de los ruidos provocados por éstos (tremor) se levantaban columnas de piedra. Aquí se interpretan como columnas de polvo ocasionadas por la caída de grandes bloques rocosos, quizá ya desprendidos, desde la parte alta de la ladera. La estructura del cerro y su grado de destrucción, muy similar al de Vera destruido por el terremoto de 1518 AD unos 350 años antes, permite indicar que con toda probabilidad este cerro y otros de similares características que se encuentran por la zona fueron afectados por el terremoto de 1518 AD localizado a escasamente 5-6 km de distancia al SSO (Silva *et al.*, 2014). Durante el terremoto de 1863 AD que nos ocupa, se debieron de reactivar, así como durante las réplicas más importantes, según se deduce de las descripciones de García Asensio (1908) y Fernández Bolea (2009).

Cuantificación: Los bloques desprendidos en esta localidad poseen dimensiones métricas, los más grades de 6x6 m excediendo los 100 m³, pero siendo muy frecuentes los de menores dimensiones (2x5 m) con volúmenes entorno a los 40 – 50 m³. La mayoría se encuentran a media ladera, pero algunos recorrieron algo más de 200 m. Las laderas más afectadas por este tipo de procesos se sitúan en los cuadrantes NO y SO del cerro cubriendo un área de algo menos de 4 ha y un volumen total de material movilizado no superior a los 1000 m³. Este tipo de efectos, con las dimensiones observadas, se consideran en la Escala ESI-07 a partir de intensidad VI, no alcanzándose las dimensiones correspondientes a intensidad VII.



Derrumbe y caídas de bloques en el Cerro de la Rambla de El Porillo al Este de Cuevas de Almanzora.



Imagen Google Earth de la localización del Cerro de la Rambla de El Porillo al Este de Cuevas de Almanzora.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VI	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Fernández Bolea, E. (2009): Los terremotos de 1863 en la comarca del Levante almeriense. Espiral, Cuadernos del Profesorado, 2 (3), 27-40.
García Asensio, E. (1908): Historia de la Villa de Huércal-Overa y su comarca precedida de un estudio físico-geológico de la cuenca del río Almanzora. Murcia, 295 pp.
Prado, C. de, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.
Silva, P.G. *et al.* (2014): Anatomy of an Earthquake: Geological analysis of the Huércal-Overa AD 1863 event (Almería, SE Spain). Resúmenes 2ª Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, IBERFAULT II. Lorca, España. Octubre, 2014.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva, Departamento de Geología, (USAL); Elvira Roquero, Departamento Edafología (UPM)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18630610.13.01 *13.01. Retablo, Cerro, Sierra de Almagro (Almería)*	EVENTO	HST18630610 HUÉRCAL-OVERA. AL	EFECTO	ANOMALÍA HIDROGEOLÓGICA: HD/7

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
13 / Retablo, Cerro, Sierra de Almagro (Almería)	1°56'14,99"O	37°19'48,01"N	274 m	0 km²	3,8 km	NOR-NORESTE	VI-VII EMS / 4.2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Cerro (Mesa), falda	Pendiente del terreno	Muy suave (2-5%)
Descripción Geológica	Fuente situada en la falda del Cerro del Retablo, a escasos 800 m al SO de la Laguna de Albojaira (Los Oribes). La surgencia de agua tiene lugar a favor del contacto del cabalgamiento de las calizas y dolomías alpujárrides del Triásico Superior y las pizarras y filitas triásicas de la unidad almágride (Ud. Ballabona-Cucharón) a la que se superponen. La mayor resistencia de las calizas y dolomías suprayacentes confieren a este cerro el aspecto de un cerro testigo (tipo klippe tectónico). Se identifica con la antigua Fuente del Marqués catalogada en los inventarios de fuentes y manantiales de la zona, hoy sin caudal apreciable (en desuso).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calizas y dolomías	Calizas y dolomías	Estratificada, karstificada	Consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Triásico	Sin datos	0,18	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	VI MSK (Zona)

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	ANOMALÍA HIDROGEOLÓGICA HD/7

Descripción: La obra de García Asensio (1908) posee un apartado específico sobre los terremotos de 1863, pero en él solo se da referencia de la caída de bloques en la Rambla del Saltador en el entorno del antiguo castillo de Huércal. No obstante, en la descripción físico-geológica de la comarca del Almanzora que abre su obra da interesantes datos sobre Sierra de Almagro y Cuevas de Almanzora. Refiriéndose al terremoto indica "*en el citado año (1863), triste para este país, brotaron aguas cenagosas y fétidas en varios puntos de la Sierra de Almagro, especialmente en el cerro llamado El Retablo*".

Interpretación: Enturbiamiento por mezcla de materiales cenagosos fétidos de las aguas del acuífero kárstico desarrollado en las calizas y dolomías triásicas del Cerro El Retablo. La descripción de García Asensio (1908) indica que especialmente se produjeron en el entorno del cerro citado, pero que tuvieron lugar de forma generalizada a lo largo de la Sierra de Almagro. Silva *et al.* (2014) identifican una única fuente catalogada en la vertiente oriental del mencionado cerro que sirve de contrafuerte al meandro abandonado donde se situaba la antigua Laguna de Albojaira que se desecó durante el terremoto. Se trata de la antigua Fuente del Marqués catalogada en el inventario hidrogeológico de Andalucía (IGME, 1998). De la fuente quedan restos de los pilares de obra de la misma, así como la vegetación típica de una zona más húmeda (cañaverales), los bancales en los que antiguamente se cultivaba aprovechando su agua y restos de un abrevadero. Estas instalaciones indican que el agua del manantial, actualmente prácticamente seco, sería de calidad. Su enturbiamiento indicaría una surgencia de aguas procedentes de las filitas y pizarras infrayacentes (turbias y fétidas) que sustituirían temporalmente a las aguas más limpias procedentes del macizo kárstico. No se descarta por la descripción de García Asensio que a su vez a lo largo de este tipo de contactos geológicos se produjeran nuevas surgencias de este tipo de aguas.

Cuantificación: Este tipo de efectos se consideran en la Escala ESI-07 a partir de intensidad VI en campo cercano, pero la aparente frecuencia con que este hecho se dio en la Sierra de Almagro y especialmente en el entorno del Cerro El Retablo indicarían una intensidad mínima VII ESI-07 para esta zona. De confirmarse el hecho de que tuvieron lugar nuevas surgencias de estas características (aparición/desaparición de manantiales) se tendría que considerar un grado VIII ESI-07 acorde a la intensidad de otros efectos geológicos en su entorno (Valle de Almanzora y Laguna de Albojaira).



Imagen Google Earth de la falda del Cerro de El Retablo donde se localiza La antigua Fuente del marqués en las cercanías de Los Oribes y la Laguna de Albojaira.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

García Asensio, E. (1908): Historia de la Villa de Huércal-Overa y su comarca precedida de un estudio físico-geológico de la cuenca del río Almanzora. Murcia, 295 pp.
Prado, C. de, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.
Silva, P.G. *et al.* (2014): Anatomy of an Earthquake: Geological analysis of the Huércal-Overa AD 1863 event (Almería, SE Spain). Resúmenes 2ª Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, IBERFAULT II. Lorca, España. Octubre, 2014.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva, Departamento de Geología, Universidad de Salamanca*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18630610.14.01 *14.01. Taberno, El (Almería)*	EVENTO	HST18630610 HUÉRCAL-OVERA. AL	EFECTO	OTROS EFECTOS: OT/4

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
14 / Taberno, El (Almería)	2°4'37,83"O	37°28'5,91"N	708 m	0 km²	17 km	SURESTE	VI-VII EMS / 4.2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Abanico aluvial (piedemonte)	Pendiente del terreno	Muy suave (2-5%)
Descripción Geológica	Amplia plataforma aluvial situada en la zona proximal del piedemonte de la Sierra de Las Estancias al Norte de Huércal-Overa. Se trata de una zona de piedemonte ampliamente disectada por las ramblas que proceden de la mencionada sierra. En el caso de El Taberno en la margen derecha de la Rambla de Almajalejo la superficie aluvial se encuentra cementada por una potente calcreta sobre conglomerados discordantes sobre los materiales sedimentarios (areniscas, margas y calizas) del Mioceno inferior.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Margas y Areniscas	Conglomerados Cementados	Masiva	Consolidada	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Pleistoceno inferior	Sin datos	0,19	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	IV MSK (Zona)

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	OTROS EFECTOS OT/4

Descripción: La población de El Taberno aparece afectada por "efectos naturales" en el apartado de datos macrosísmicos del Catálogo de Terremotos históricos de la Península Ibérica (Martínez Solares y Mezcua, 2002). De acuerdo a los criterios de la Escala EMS no se le consigna ninguna intensidad ya que de esta población solo se tiene este dato. La consulta de fuentes bibliográficas no ha permitido identificar a qué tipo de efectos naturales se refieren.

Interpretación: Dada la distancia a la que se encuentra del epicentro (17 km) los efectos naturales que se le atribuyen a esta población pueden interpretarse como cualquier tipo de pequeña anomalía hidrológica o hidrogeológica relacionada con fuentes, manantiales o pozos existentes en la población, o con cualquier tipo de pequeño desprendimiento en las laderas, más o menos escarpadas de la inmediata rambla de Almajalejo. Esta población no es reseñada por Casiano De Prado (1863), ni en ninguna otra fuente documental consultada, pero el Diccionario Geográfico de Madoz (1845-50) indica que esta población disponía de una sola fuente de un solo caño en esa época, por lo que cualquier anomalía en la misma tuvo que ser reseñable. Su interpretación y cuantificación son provisionales, sujeta a la identificación del efecto geológico o ambiental concreto que se produjo en esta población, dado lo cual en el presente catálogo consignamos esta anomalía dentro del grupo de "otros efectos (OT)" sin especificar. Se incluye en este catálogo, ya que se encuentra reseñada por Martínez Solares y Mezcua (2002) y es el único efecto natural (aún sin identificar) existente al Norte de Huércal-Overa. Este dato es relevante ya que discrepa con localizaciones recientes del epicentro del terremoto (Mezcua *et al.*, 2013) que lo sitúan unos 7 km al NNO del existente en el catálogo (Martínez Solares y Mezcua, 2002) y a unos 11-12 km del efecto sin identificar que aquí se cataloga y contrasta con la multitud de efectos geológicos consignados en el Valle del Almanzora (Silva *et al.*, 2014).

Cuantificación: Dado que los efectos ambientales de la Escala ESI-07 comienzan a ser observados a partir de intensidad IV, esta es la intensidad mínima que asignamos a esta población, con un efecto natural EMS sin identificar, pendiente de revisión para posteriores ediciones de este catálogo. La anomalía de El Taberno se situaría dentro de la zona IV ESI-07, ya que en localidades mucho más distantes (30-40 km), como Águilas y Lorca, e incluso Almería a 75 km al Sur del epicentro, la sacudida fue de intensidad III EMS (Martínez Solares y Mezcua, 2002).



Imagen Google Earth de la población de El Taberno en el piedemonte de la sierra de Las Estancias

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IV	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales vagamente documentados por informes y publicaciones de la época.*

Referencias bibliográficas:

Madoz, P. (1845 -1850): Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de Ultramar. 16 Tomos http://www.diccionariomadoz.org/
Martínez Solares, J.M.y Mezcua, J. (2002): Catálogo Sísmico de la Península Ibérica (880 a.C. – 1900). Monografías IGN, 18. IGN, Madrid (España), 253 pp.
Prado, C. de, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.
Silva, P.G. *et al.* (2014): Anatomy of an Earthquake: Geological analysis of the Huércal-Overa AD 1863 event (Almería, SE Spain). Resúmenes 2ª Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, IBERFAULT II. Lorca, España. Octubre, 2014.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva, Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18630610.15.01 *15.01. Los Tres Pacos, Cuevas de Almanzora (Almería)*	EVENTO	HST18630610 HUÉRCAL-OVERA. AL		EFECTO	ANOMALÍA HIDROGEOLÓGICA: HD/7

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
15 / Los Tres Pacos, Cuevas de Almanzora (Almería)	1°52'19,79"O	37°20'4,25"N	220 m	0 km²	6,5 km	SURESTE	VI-VII EMS / 4.2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Barranco	Pendiente del terreno	Muy suave (2-5%)

Descripción Geológica	Antigua fuente termal situada en el Barranco de Gomara, vertiente sur de la Sierra de Almagro, en el entorno de la Mina de Los Tres Pacos. La surgencia (desaparecida) se sitúa en el contacto del cabalgamiento de las calizas y dolomías triásicas alpujárrides y las filitas y pizarras almágrides infrayacentes (Ud. Ballabona-Cucharón), que en esta zona presenta numerosas intrusiones de metabasitas que dan lugar a yacimientos minerales (Mina de Los Tres Pacos).

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calizas y dolomías	Calizas y dolomías	Estratificada, Karstificada	Consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Triásico	Sin datos	0,18	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	V MSK (Zona)

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	ANOMALÍA HIDROGEOLÓGICA HD/7

Descripción: La obra de García Asensio (1908) posee un apartado específico sobre los terremotos de 1863, pero en él solo se da referencia de la caída de bloques en la Rambla del Saltador en el entorno del antiguo castillo de Huércal. No obstante, en la descripción físico-geológica de la comarca del Almanzora que abre su obra da interesantes datos sobre Sierra de Almagro y Cuevas de Almanzora. Refiriéndose a la localidad de Cuevas de Almanzora indica que *"en el citado año* (1863), *triste para este país, brotaron aguas cenagosas y fétidas en varios puntos de la Sierra de Almagro, especialmente en el cerro llamado El Retablo"* y que *"un cerro próximo a Cuevas se hundió a causa del terremoto"*. Al párrafo siguiente, García Asensio (1908), indica que *"en la Sierra de Almagro, a unos 4 km de distancia del cerro hundido en el término de Cuevas ya citado* (El Portillo), *hay un manantial de aguas sulfurosas que tuvieron alguna termalidad, en el sitio llamado Los Arrendadores, a orillas de la Rambla de Gomara"*.

Interpretación: Se trata de una anomalía en las propiedades físico-químicas en las aguas de un manantial, que a juzgar por la descripción de García Asensio (1908) responde a un aumento de temperatura. Aunque no se ha podido localizar con exactitud el sitio llamado "Los Arrendadores", este manantial se encontraría en un paraje próximo a la Mina de Los Tres Pacos, situada en el Barranco de Gomara, a la distancia citada por García Asensio (1908) del Cerro de Cuevas de Almanzora (El Portillo) y donde se procedió a la explotación de sulfuros y óxidos de hierro durante la primera mitad del Siglo XX. En cualquier caso, la descripción de García Asensio (1908) arroja dudas a si se refiere que la citada fuente era termal o que experimentó alguna termalidad durante el terremoto. No obstante, aquí se incluye este efecto ya que es el único que se encuentra en la vertiente oriental del Cañón del Almanzora dentro de la Sierra de Almagro y apenas cinco kilómetros de distancia donde se consignan los efectos geológicos de mayor intensidad.

Cuantificación: Los cambios de temperatura en manantiales y fuentes se consideran en la Escala ESI-07 a partir de intensidad VIII. No obstante, dado que arroja dudas la descripción de García Asensio le asignamos una intensidad mínima de VII-ESI-07. A pesar de la incertidumbre en la descripción, este efecto podría ser representativo del macizo oriental de la Sierra de Almagro, que no posee ningún núcleo de población en su interior y ningún dato en otras escalas de intensidades.



Vista de la antigua Mina de Los Tres Pacos (Hornos de Calcinación) en cuyo entorno se encontraba el manantial termal catalogado.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

García Asensio, E. (1908): Historia de la Villa de Huércal-Overa y su comarca precedida de un estudio físico-geológico de la cuenca del río Almanzora. Murcia, 295 pp.
Prado, C. de, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.
Silva, P.G. *et al.* (2014): Anatomy of an Earthquake: Geological analysis of the Huércal-Overa AD 1863 event (Almería, SE Spain). Resúmenes 2ª Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, IBERFAULT II. Lorca, España. Octubre, 2014.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva, Departamento de Geología, Universidad de Salamanca*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18630610.16.01 *16.01. Vera (Almería)*	EVENTO	HST18630610 HUÉRCAL-OVERA. AL	EFECTO	OTROS EFECTOS: OT/6

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
16 / Vera (Almería)	1°52'5,85"O	37°14'46,97"N	101 m	0 km²	15,5 km	NOR-NORESTE	VI-VII EMS / 4.2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura aluvial	Pendiente del terreno	Muy suave (2-5%)

Descripción Geológica	Amplia llanura aluvial situada al pie del Cerro del Espíritu Santo, donde se localizaba la antigua población de Vera destruida por el terremoto de 1518 AD.

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Margas	Arenas y Limos	Masiva	Sin consolidar	IV(2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno	Holoceno	Sin datos	0,19	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, Ladrillo	Convento	Única	Moderado	VI EMS/MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	EMANACIÓN DE GASES TÓXICOS OT/6

Descripción: En Huércal-Overa *"se hicieron también muchas grietas en la tierra aunque cortas y de poca importancia; después se cerraron"*. Un dato interesante y tratado en extensión en el informe en relación con la formación de grietas, es la supuesta emanación de gases tóxicos desde las mismas que afectaron a pequeños animales domésticos como gatos y gallinas. *"De las grietas salían indudablemente emanaciones gaseosas, perecieron la mayor parte de los gatos de Huércal-Overa y los que no lo hicieron quedaron flacos y extenuados"*. Similares efectos pero en menor importancia se citan en esta localidad de Vera, donde el informe de Casiano de Prado (1863) indica que *"muchos gatos de esta localidad quedaron notablemente enflaquecidos y muchas gallinas murieron"*.

Interpretación: Emanaciones de gases ligados a agrietamientos del terreno en las localidades de Huércal-Overa (a 3 km), donde fueron más importantes, muriendo pequeños animales domésticos. En Vera (a 15,5 km) sucedió algo parecido pero no en relación con agrietamientos del terreno, que no son citados por Casiano de Prado (1863), y en menor proporción que en Huércal-Overa. Dado el tamaño de los animales afectados podría suponerse que los gases tan solo se acumularon sobre el terreno no alzando más de medio metro. Presumiblemente estos gases serían presumiblemente CO_2. La ventilación natural de los pozos de Sierra Almagrera y la emanación de gases tóxicos en otras localidades podría indicar procesos de "compresión" y "descompresión" del terreno en cuadrantes alternantes, ya que las minas que sufrieron un proceso de ventilación natural (descompresión) se encuentran al Este del epicentro macrosísmico, mientras que Huércal-Overa y Vera, donde se emanaron gases (compresión), se encuentran al SSE y NNW del mismo respectivamente.

Cuantificación: Las emisiones de gases se consideran en la Escala ESI-07 a partir de intensidad VIII dentro de las anomalías hidrológicas en manantiales y fuentes, efecto que se consigna para algún manantial en el Valle del Almanzora. Aquí consignamos estas posibles pequeñas emanaciones de gases dentro de la categoría de otros efectos en el límite superior de intensidad VI ESI-07, acorde a la intensidad máxima de VI EMS registrada en esta localidad.



Imagen del Cerro de El Espíritu Santo y la vega de Vera a principios del Siglo XX. http://veoynoveo.blogspot.com.es

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VI	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:	Prado, C. de, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp. Silva, P.G. *et al.* (2014): Anatomy of an Earthquake: Geological analysis of the Huércal-Overa AD 1863 event (Almería, SE Spain). Resúmenes 2ª Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, IBERFAULT II. Lorca, España. Octubre, 2014.
Información Recopilada	*Pablo G. Silva, Departamento de Geología (USAL); Javier Lario, Departamento Ciencias Analíticas (UNED). QTECT-AEQUA*
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España* — Número (Vol.): 2 — Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST18630610.16.02 *16.02. Vera, Convento (Almería)*	EVENTO	HST18630610 HUÉRCAL-OVERA. AL	EFECTO	EFECTO ARQUEOSISMOLÓGICO EAE: Agrietamientos y Caídas orientadas

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
16 / Vera (Almería)	1°52'5,85"O	37°14'52,00"N	101 m	0 km²	15,5 km	NOR-NORESTE	VI-VII EMS / 4.2 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura aluvial	Pendiente del terreno	Muy suave (2-5%)
Descripción Geológica	Amplia llanura aluvial, situada al pie del Cerro del Espíritu Santo, donde se localizaba la antigua población de Vera destruida por el terremoto de 1518.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Margas	Arenas y Limos	Masiva	Sin consolidar	IV(2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno	Holoceno	Sin datos	0,19	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, Ladrillo	Convento	Única	Moderado	VI EMS/MSK

EFECTO ARQUEOSISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	AGRIETAMIENTOS Y CAÍDAS EAE/6

Descripción: El informe de Casiano de Prado (1863) indica que "*en Vera se desplomó un poco la torre de un convento, accidente que acaso en las torres no es tanto de temer como en otras construcciones*". Datos extraídos de diarios de la época y de los partes del Ayuntamiento de Vera (Fernández Bolea, 2009) indican que se trataría del Convento de los Padres Mínimos. La ciudad de Vera sufrió una sacudida de intensidad VI EMS, causando daños ligeros un muchos edificios, incluyendo el propio ayuntamiento (que necesitó reparaciones de cornisas y techumbre), según el autor citado.

Interpretación: El análisis de los datos existentes permite identificar, de acuerdo con Fernández Bolea (2009) el mencionado edificio religioso con el Convento de los Padres Mínimos de Vera fundado en el Siglo XVII. Según la obra de Madoz (1845-50) este era el único convento existente en Vera a fecha del terremoto. En la actualidad se conoce como el Convento de Nuestra Señora de La Victoria o de San Francisco de Paula. Estuvo habitado por los Padres Mínimos hasta el año 1823, momento en que fue desamortizado, de forma que cuando sucedió el terremoto se encontraba abandonado por espacio de cuarenta años. Es probable que en estado de abandono su mantenimiento no fuera adecuado y repercutiera en el daño sísmico consignado. El edificio afectado se encuentra situado a 15,5 km al SSE del epicentro, es de planta rectangular y se encuentra orientado en dirección ONO-ESE, con su eje principal en orientación paralela a la dirección del epicentro macrosísmico (Silva *et al.*, 2014). La única torre que posee el edificio se encuentra en la esquina SE del mismo. No obstante los datos recogidos sobre el edificio indican que lo único que se conserva del antiguo convento es la Iglesia, ya que el resto del convento se demolió en 1936. La iglesia denominada de Nuestra Señora de La Victoria, es en la actualidad una sala multiuso.

Cuantificación: Agrietamientos y desplomes parciales de paredes y cornisas a partir de grado VI EMS. Los datos consignados no permiten establecer deducciones acerca de la direccionalidad del movimiento del terreno.



Imagen del Convento de Los Padres Mínimos de Vera
http://www.vera.es/imagenes

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VI	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos y estudiados en publicaciones científicas recientes.*

Referencias bibliográficas:

Fernández Bolea, E. (2009): Los terremotos de 1863 en la comarca del Levante almeriense. Espiral, Cuadernos del Profesorado, 2 (3), 27-40.
Prado, C. de, (1863): Los terremotos de la provincia de Almería. *Rev. Minera*, 14 (322 - 325), 180 pp.
Madoz, P. (1845 -1850): Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus posesiones de Ultramar. 16 Tomos, Madrid. http://www.diccionariomadoz.org/
Silva, P.G. *et al.* (2014): Anatomy of an Earthquake: Geological analysis of the Huércal-Overa AD 1863 event (Almería, SE Spain). Resúmenes 2ª Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, IBERFAULT II. Lorca, España. Octubre, 2014.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva, Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

9.14. HST 18841225 ARENAS DEL REY (Granada) 1884 AD
Terremoto de Arenas del Rey (Histórico Reciente, Siglo XIX)

HST 18841225: ARENAS DEL REY (Granada). 1884 AD												HISTÓRICO	
FECHA AMD	**HORA Y MIN.**	**LONGITUD**	**LATITUD**	**MAG (Mw/Ms/M*)**	**EMS 98**	**MSK 64**	**ESI 07**	**Q_e**	**Q_i**	**Q_g**	**LOCALIZACIÓN TERREMOTO**	
18841225*AD*	21:08	3°59' O	37°00' N	6,5 – 6,7 M*	IX-X	X	X	A	A	A	**Arenas del Rey.GR**	
Método de datación:		CATALOGADO Ref. Bibliográfica: Galbis (1932)									**Tipo Evento:**	HST
Prof. km	-	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**M_o**	-	**Eventos asociados**		RÉPLICAS	**Agencia:**	IGN
EEE Primarios		SÍ		**Longitud Falla**		16 km		**Desplazamiento**		1,3 -1,0 m	**Tipo Desp.:**	Normal- Dextral
EEE Secundarios		SÍ		**Categoría ESI07**		☒GK ☒SM ☒LQ ☒HD ☒HA ☒WA ☒TS					**Área afectada:**	14.000 km²
Otros EEE Ambientales		SÍ		☒ OTROS EFECTOS (OT): Numerosos casos de emisión de gases asociados principalmente a cambios en el caudal y quimismo de fuentes, pozos y manantiales. Aparición de nubes de polvo/gas y efectos luminosos asociados.								
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ		☒ EAEs: Los datos de las diferentes comisiones que realizaron un estudio de campo sobre el terremoto permiten identificar numerosos datos sobre daños orientados en la zona epicentral (en estudio).								

Documentación IGN 2002: 24, 29, 50, 85, 87, 88, 91, 119, 161, 162, 165, 166, 167, 191, 212, 213, 244, 254, 263, 267, 273, 280, 285, 293, 325, 366, 405, 407, 420, 426, 431, 435, 439, 457, 458, 459, 460, 461, 465, 469, 472, 477, 478, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 491, 494, 500, 501, 504, 508, 509, 510, 524, 570, 571, 583, 598, 600, 618, 623, 627, 629, 635, 639, 647, 664, 665, 666, 667, 681, 682, 683, 684, 685, 687, 731, 753, 785, 786, 787, 791, 792, 799, 1039, 1048, 1053

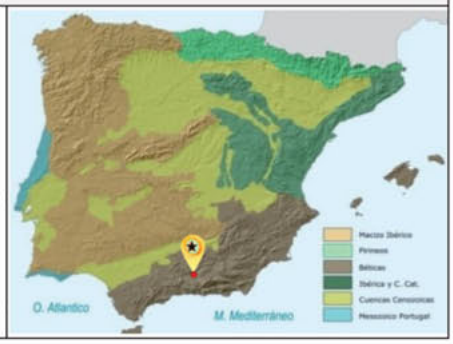
Referencias bibliográficas básicas:

Comisión del Mapa Geológico de España (1885): Terremotos de Andalucía. Informe dando cuenta del estado de los trabajos. Bol. Com. Map. Geol. T. XII. Madrid.

Galbis Rodríguez, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5ºE y 20ºW de Greenwich y los paralelos 45º y 25ºN. Dirección General del Instituto Geográfico, Catastral y de Estadística. Tomo I.

Grützner, C. *et al.*, (2013): Late Holocene rupture history of the Ventas de Zafarraya Fault (Southern Spain). Cuaternario y Geomorfología, 27 (3-4), 51-61.

Reicherter, K. *et al.* (2003): Repeated palaeoseismic activity of the Ventas de Zafarraya fault (South Spain) and its relation with the 1884 Andalusian earthquake. Int. Journal Earth Science, 92 (6), 912-922.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
HST 18841225 Arenas del Rey. GR	3°59' W	37°00' N	6.5 – 6.7 M*	IX-X	X	X	A	**Betic Cordillera; Internal Zones (Zone 35)**
EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Galbis (1932), Comisión del Mapa Geológico de España (1885), Reicherter *et al.* (2003), Grützner *et al.* (2013)							**Event Type:**	**HISTORIC**

GENERAL DAMAGE: Complete or almost complete destruction of the localities of Arenas del Rey, Alhama de Granada, Albuñuelas, Santa Cruz del Comercio, Zafarraya, Jayena and Periana. Significant damage to populations Canillas de Aceituno, Zafarraya, Salares, Cacín, Alcaucín and Játar. In total there was total collapse of 1,000 houses and more than 17,000 were damaged over the affected area. 900 deaths and more than 2000 injured were produced. The main event (IX-X EMS / X MSK), occurred on December 25th 1884, was felt with X EMS intensity in Arenas del Rey, and with IX EMS intensity in Zafarraya, Alhama de Granada, Santa Cruz del Comercio, Cacín, Fornes, Jayena, Játar, Periana, Alcaucín and Albuñuelas. According to data and epoch's reports, the earthquake was felt as far away localities, such as Ciudad Real (213 km; III-IV EMS), Huelva (253 km; IV EMS), Madrid (355 km; IV EMS) and Alcoy (371 km; III-IV EMS).

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects REPORTED. The set of multiple WNW-ESE earthquake fractures and bedrock fault-scarps (c. 1 m of slip) developed along the piedmont of the Sierras de Alhama and Tejeda on Ventas de Zafarraya fault-trace (c. 17 km in length) has been interpreted as the fault surface rupture produced by the 1884 AD event (Reicherter *et al.*, 2003). The environmental damage produced by secondary effects (EEEs) cover a maximum area of about 14,000 km². Most of the documented EEE are in a radius of about 35 km around the epicenter, covering an area of about 7,800 km². More severe geological effects indicate intensity X ESI-07 covering an area of about 25 km² covering from population Zafarraya to the town of Alhama de Granada, covering part of the Sierra de Almijara. IGN epicentral location is located in the area defined as maximum intensity (ESI X-07). 34 EEE records (2 primary and 32 secondary effects) and 14 EAEs.

☒ ***2 Surface ruptures (SR):*** *Surface rupture (discontinuous) of about 16 km in length on the trace of the WNW-ESE Ventas Zafarraya, with maximum coseismic slip of 1.3 - 1.0 m documented in fault-trench studies carried out in the zone (Reicherter* et al., *2003).*

☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*

☒ ***6 Ground cracks (GK):*** *Major cracks in the vicinity of the Llano de Zafarraya, describing cracks in both Quaternary materials (alluvial deposits) and the bedrock materials of Sierra de Alhama, Sierra de Enmedio and Sierra Tejeda. Most of the cracks have lengths of several hundred meters and decimetric to metric width. All major cracks described in earthquake field-surveys are located less than 20 km away from the IGN epicenter location.*

☒ ***14 Slope movements (SM):*** *Significant gravitational processes are located within the IX ESI-07 intensity zone (Sierras of Alhama, de Enmedio and Tejeda). Some of them dammed small stream-valleys in the epicentral area. Important complex landslides processes occurred in the localities of Guaro (18 km) and Güevéjar (55 km), the latter mobilizing a volume of more than 500,000 m³, triggering the abandonment and relocation of the village of Güevéjar.*

☒ ***1 Liquefaction processes (LQ):*** *liquefaction processes described in Vélez-Málaga.*

☒ ***10 Hydrogeological anomalies (1HD, 9HA):*** *Variation of chemical properties, temperature and flow-rates in fountains, springs and wells, in numerous localities in a radius of about 50 km around the epicentre. Hydrogeological anomalies were also produced in more distant places, the farthest about 120 km east of the epicentre.*

☒ ***9 Anomalous waves and tsunamis (2TS, 7AW):*** *Small anomalous waves and sea-level repeated oscillations in the harbours of Vélez-Málaga (29 km) and Salobreña (45 km). Temporal variations of, location, flow-rate and direction are described for small streams in the epicentral area (20-25 km away from the epicentre) (in study).*

☒ ***2 Other effects:*** *Numerous references to gas emissions. The occurrence of apparent dust clouds and "steam-like" emissions are described in the fault rupture zone.*

☒ ***14 Archaeoseismic damage:*** *There are numerous references to oriented damage in photographs and sketches from the different earthquake reports.*

☒ ***Geological Data:*** *Earthquake field-reports produced by different national and international committees immediately after the event, such as Comm. Geological Map of Spain (1885); Italian Comm. (Taramelli and Mercalli, 1886); French Comm. (Mission d'Andalousie, 1889); Orueta and Duarte (1885). Fault-trenching and geophysical studies in the Ventas de Zafarraya Fault record the AD 1884 event as well as previous Holocene events of similar magnitude especially between. BC 2000 and BC 500, but the oldest with a minimum age of c. 9500 BP (Reicherter* et al., *2003; Grützner* et al., *2013).* ***Quality of Geological Information Class A.***

Research / Data compilation by: *M.A. Rodríguez-Pascua (IGME); M.A. Perucha; J.L. Giner Robles (UAM), Updated 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
HST 18841225 Arenas del Rey. GR	3°59' O	37°00' N	6,5 – 6,7 M*	IX-X	X	X	A	**Cordillera Bética; Zonas interiores (Zona 35)**
EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN Ref.: Galbis (1932), Comisión del Mapa Geológico de España (1885), Reicherter *et al.* (2003), Grützner *et al.* (2013)								**Tipo de Evento** **HISTÓRICO**

DAÑOS GENERALES: Destrucción completa o casi completa de las poblaciones de Arenas del Rey, Alhama de Granada, Albuñuelas, Santa Cruz del Comercio, Ventas de Zafarraya, Jayena y Periana; importantes daños en poblaciones como Canillas de Aceituno, Zafarraya, Salares, Cacín, Alcaucín y Játar. En total se produjo el colapso total de 1.000 casas y más de 17.000 sufrieron daños de diversa consideración. Se consignó un total de 900 víctimas mortales y más de 2000 heridos. El evento principal (IX-X EMS / X MSK), ocurrido el 25 de diciembre de 1884, fue el evento principal de una serie que duró algo más de un año y que tuvo numerosas réplicas: 2 eventos de intensidad VII EMS, 2 de VI-VII EMS, 16 de V EMS y más de 30 de intensidad IV EMS. El terremoto principal fue sentido con intensidad X EMS en Arenas del Rey, y con intensidad IX EMS en Zafarraya, Ventas de Zafarraya, Alhama de Granada, Santa Cruz del Comercio, Cacín, Fornes, Jayena, Játar, Periana, Alcaucín y Albuñuelas; con intensidad VIII EMS en numerosas poblaciones como Canillas de Aceituno, Sedella, Salares y Vélez-Málaga entre otras. Según los datos e informes de la época se sintió en poblaciones tan distantes como Ciudad Real (213 km; III-IV EMS), Huelva (253 km; IV EMS), Madrid (355 km; IV EMS) y Alcoy (371 km; III-IV EMS).

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios REGISTRADOS. Se interpreta como ruptura superficial de la falla que produjo el terremoto, el conjunto de grietas orientadas según ONO-ESE que se desarrollaron sobre la Falla de Ventas de Zafarraya (aproximadamente 7 km de longitud) a los pies de las Sierras de Alhama y de la Tejeda (Reicherter *et al.*, 2003). Los daños ambientales por efectos secundarios documentados abarcan un área algo mayor de 14.000 km², aunque muy dispersos hacia el este. La mayor parte de estos efectos se sitúa en un radio de unos 35 km alrededor del epicentro, abarcando una extensión aproximada de unos 7.800 km². Los efectos geológicos más severos indican una intensidad X ESI-07 cubriendo un área de aproximadamente 25 km² abarcando desde la población de Ventas de Zafarraya hasta la población de Alhama de Granada, cubriendo en parte la Sierra de Almijara. La localización epicentral del IGN se localiza en la zona definida como de intensidad máxima (X ESI-07). 34 registros EEE (2 primarios y 32 secundarios) y 14 EAEs.

☒ ***2 Rupturas de Falla (SR):*** *Ruptura superficial de unos 7 km sobre la traza de la Falla de Ventas de Zafarraya orientada según ONO-ESE a los pies de las Sierras de Alhama y de la Tejeda.*

☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*

☒ ***6 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Importantes agrietamientos en la zona del Llano de Zafarraya, describiéndose grietas tanto en los materiales cuaternarios como en los materiales competentes de las Sierra de Alhama, Sierra de Enmedio y en la Sierra de la Tejeda, la mayoría de ellas con longitudes de varias centenas de metros y aperturas de decimétricas a métricas. Todas las grietas mayores descritas en la documentación se localizan a menos de 20 km de la situación del epicentro definida por el IGN.*

☒ ***14 Movimientos de ladera (SM):*** *Se describen numerosos desprendimientos en la zona englobada en la isosista de IX ESI-07 las Sierras de Alhama, de Enmedio y de la Tejeda. Algunos de ellos llegaron a represar pequeños arroyos en los barrancos de la zona más cercana al epicentro. Importantes procesos de deslizamiento en poblaciones de Guaro (18 km) y Güevéjar (55 km), este último movilizando un volumen de más de 500.000 m³ y que tuvo como resultado el abandono y cambio de localización de la población.*

☒ ***1 Procesos de licuefacción (LQ):*** *Se describen procesos de licuefacción en Vélez-Málaga. En la documentación se hace referencia a más localidades pero sin especificar cuáles.*

☒ ***10 Anomalías Hidrogeológicas (1HD, 9HA):*** *Se refieren numerosos efectos de variación de quimismo, temperatura y caudal en fuentes, manantiales y pozos de poblaciones situadas en un radio de aproximadamente 50 km con respecto al epicentro, aunque se refieren efectos en poblaciones mucho más distantes, las más alejadas a unos 120 km al este del epicentro del terremoto.*

☒ ***9 Oleaje Anómalo y Tsunamis (2TS, 7AW):*** *Pequeñas perturbaciones con ligeras subidas y bajadas del nivel del mar en las localidades de Vélez-Málaga (29 km) y Salobreña (45 km). Se describen también variaciones temporales en pequeños cursos de agua, tanto en su localización, como en la velocidad y dirección de flujo de las aguas.*

☒ ***2 Otros efectos:*** *Numerosos efectos inventariados de emisiones de gases sulfurosos muchos de ellos asociados a anomalías hidrogeológicas en pozos y manantiales. Se describen también la aparición de nubes de polvo y aparentemente "vapor de agua" en la zona de la ruptura de falla y en las zonas de sierra en las que se producen grandes agrietamientos (sierras de la Umbría y de la Tejeda), algunas de ellas con fenómenos de luminiscencia.*

☒ ***14 Efectos arqueosismológicos:*** *Los datos de las diferentes comisiones que realizaron un estudio de campo sobre el terremoto permiten identificar numerosos datos sobre daños orientados en la zona epicentral*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Informes del terremoto por diferentes comisiones nacionales e internacionales que visitaron la zona inmediatamente después del evento (Comisión del Mapa Geológico de España, 1885; Comisión Italiana, Taramelli y Mercalli, 1886; Comisión Francesa "Mission d'Andalousie", 1889), además de otros informes realizados en esas fechas por otros investigadores (Orueta y Duarte, 1885). Estudios paleosísmicos (trincheras de falla) y geofísicos realizados a lo largo de la traza de la Falla de Ventas de Zafarraya, registran el evento de 1884 AD, así como eventos de edad Holoceno previos, especialmente entre el 2000 y el 500 AC, el paleosismo más antiguo registrado posee una edad mínima de c. 9500 BP (Reicherter* et al.*, 2003; Grützner* et al.*, 2013).* ***Calidad de la Información Geológica: Clase A.***

Investigación / Compilación de la información: *J.L. Giner Robles (UAM), M.A. Rodríguez-Pascua (IGME). Actualizada 2017.*

IMAGEN EVENTO



Vista de los desprendimientos de roca en Alhama y de los grandes agrietamientos del terreno asociados al deslizamiento de Güevéjar (*Mission d'Andalousie", 1889).*

DESCRIPCIÓN
HST 18841225: ARENAS DEL REY (Granada). 1884 AD **DATOS GALBIS**

Descripción de Galbis (1932). Terremoto Nº 1037: *1884 AD*

25 de diciembre.- Serían aproximadamente las 21 h., cuando un fuerte sacudimiento del suelo, que duró unos segundos, seguido, tras una breve pausa, de otros varios parecidos, causó la desolación y ruina de muchos pueblos de las provincias de Málaga y Granada.

El área macrosísmica de este terremoto fue bastante grande, extendiéndose, la de su máxima acción, a una faja longitudinal que se extendía de E. a W., desde la serranía de Ronda a Sierra Nevada, con una anchura aproximada de unos 50 a 60 km. Alcanzó, en algunos puntos, el grado X. E. (F. M.), en muchos el IX., en Málaga y otros el VIII., en Granada el VII., en Cádiz, Sevilla, Córdoba y otros el VI. Con menos intensidad se sintió en Portugal y Marruecos, y aún fueron percibidas sus oscilaciones en puntos tan distantes como Valencia, Madrid, Segovia, etc., así es que podemos calcular en unos 6.000 miriámetros cuadrados el área afectada.

Los puntos en donde se ha sentido el terremoto con su máxima intensidad no se agrupan alrededor de un solo punto, sino que forman zonas separadas por otras donde su intensidad decrece, hasta tal extremo, que en Játar, situado a sólo 2 km de Arenas del Rey, no se hundió ningún edificio, al paso que este último pueblo quedó convertido en un montón de ruinas, no salvándose ninguna de las casas.

Estas zonas de máxima intensidad se agrupan en la siguiente forma: 1º. Una que comprende a Murchas, Restábal, Melegis. 2º. Otra alrededor de Cacín. 3º. Otra en Alhama, Santa Cruz de Alhama, Arenas del Rey, Fornes, Jayena, todas en la provincia de Granada, en la que el terremoto alcanzó el grado X. 4º. Otra que comprende a Periana, Alcaucín, Canillas de Aceituno (Málaga) y Ventas de Zafarraya (Granada), en las que también llegó al grado X. 5º. Otra muy pequeña, también del mismo grado, alrededor de Vélez-Málaga. 6º. Una zona alargada desde Pizarra a Málaga, de esta última provincia y del grado VIII., y, por último, 7º. Otra mucho más pequeña, también en la provincia de Málaga, y de grado VII., que va de Casares a Estepona.

Todas ellas, a excepción de la primera, siguen la dirección NW. A SE., que es precisamente la de las líneas de grandes dislocaciones que desde los tiempos más remotos se han verificado en esta región.

En lo que se refiere a la naturaleza del movimiento, todos estuvieron acordes en que empezó por un sacudimiento vertical seguido de dos o más fuertes oscilaciones, separadas por intervalos brevísimos; hubo también movimiento giratorio, como se comprueba en el monumento elevado en la plaza de Riego, de Málaga, a la memoria del general Torrijos, en el que su parte superior, formada de piedras casi prismáticas, giró algunos grados de la posición que ocupaba; también ocurrió lo mismo con el remate de la fuente del pueblo de Alhama y en otros varios puntos, aunque con menos importancia.

Fueron considerables los daños materiales causados por el terremoto, como puede apreciarse en la relación publicada, con el informe dado por la Comisión oficial española nombrada por el Gobierno para el estudio del fenómeno y sus efectos, constituida por los ingenieros de Minas D. Manuel Fernández de Castro, D. Juan Pablo Lasalas, D. Daniel Cortázar y D. Joaquín Gonzalo y Tarín, y que dice:

Edificios totalmente hundidos en la provincia de Granada	3.342
Idem parcialmente destruidos en íd. íd.....	2.138
Idem totalmente destruidos en la provincia de Málaga	1.057
Idem en inminente ruina en íd. íd.....	4.178
Edificios resentidos en la provincia de Málaga	6.463
Total de edificios hundidos y averiados en ambas provincias.....	17.178

Reconociendo la zona conmovida, se observan toda clase de efectos de los que suelen acompañar a los grandes terremotos: grietas profundas, peñones movidos y derrumbados, hundimientos del terreno y una casi completa alteración en el régimen de las aguas, apareciendo muchas fuentes nuevas al paso que otras se secaron o alteraron su caudal. Hubo tantas grietas, que fue imposible hacer una relación de todas ellas. Todos estos efectos dinámicos coincidieron casi en su totalidad con antiguas fallas ocasionadas probablemente en terremotos anteriores, que sin duda debieron ser de mayor intensidad que éste de que nos ocupamos.

En algunos puntos de la costa, al E. de Málaga, se observó un descenso en las aguas del mar seguido de una subida análoga; en cambio al W. no se observó perturbación alguna.

En muchos lugares acompañó al terremoto ruido subterráneo; algunos notaron el desprendimiento de gases, formándose vapores o nieblas de un olor que creyeron parecido al del ozono.

A estos daños materiales hay que añadir los ocasionados en las personas, que fueron considerables. La Comisión citada puntualiza por pueblos el número de muertos heridos, y en la Málaga a 55 muertos y 59 heridos.

En realidad fue mayor el número de muertos, porque muchos de los heridos fallecieron a consecuencia de las heridas y otros a los rigores del clima, a causa de que hubo que alojarlos en barracas improvisadas y tiendas de campaña, ya que la mayoría de los edificios se habían hundido y los que no, amenazaban inminente ruina.

El extraordinario número de víctimas obedeció, en gran parte, al defectuoso sistema de construcción de los edificios y al mal emplazamiento de muchos pueblos, construidos algunos sobre una capa de roca caliza, descansando sobre otra de arcilla sumamente inclinada, que los hizo resbalar por efecto de la sacudida, y otros sobre rocas llenas de cavernas, produciéndose, en este caso, hundimientos posteriores, como el ocurrido en la cortijada de Guaro, que quedó completamente destruido poco tiempo después de ocurrir el terremoto.

La Comisión española termina su informe con un cuadro que contiene los terremotos observados desde el 25 de diciembre de 1884 hasta el 9 de marzo de 1885, algunos de ellos con el auxilio de dos sismógrafos elementales instalados en las oficinas de la Sociedad constructora de las obras del puerto de Málaga, cuyo jefe era D. Mario Jona, completados con observaciones comunicadas por los PP. Jesuitas del Colegio establecido en el pueblo El Palo, cercano a Málaga, y con datos suministrados por los profesores del Instituto de Segunda enseñanza. Por creerlo de gran interés, para dar idea del periodo sísmico padecido principalmente por las provincias andaluzas (Granada y Málaga), consignamos un extracto del mismo; en él aparecen registrados algunos terremotos, que a continuación de esta nota figuran en otras, no creyendo superfluas éstas, porque localizan los efectos de las sacudidas.

El interés extraordinario que despertó en el mundo científico el estudio de este fenómeno hizo acudir a la zona en que se desarrolló varias Comisiones extranjeras, entre ellas una francesa designada por la Academia de Ciencias de París de la que formaban parte los Sres. Fouqué, Lévy, Barrois, Bergeson, Bertrand y Kilian, y otra italiana, designada por la Academia dei Lincei, Roma, en la que figuraron Taramelli y Mercalli.

Existen numerosos trabajos publicados que estudian este sismo en todos sus aspectos, y a los que remitimos al lector:

F. de Montessus de Ballore, en su notable obra Bibliografía general de temblores y terremotos, publica un índice de los principales artículo firmados por los siguientes autores: Ch. Barrois, A. Blavier, A. Boscowitz, F. Botella y de Homos, s. Calderón y Arana, Castro, F. Chapel, Ch. Davison, El Deligny, R. Douvillé, C. Flammarion, F. Fouqué, R. García Álvares, L. Gatta, A. Germain, Hébert, A. von Lasaulx, F. Laur, J. Macpherson, E. Margerie, C. martínez y Aguirre, G. Mercalli, F. de Montessus de Ballore, A. F. Nogués, G. Nordestrôm, D. Orueta y Duarte, Rockwood, G. G. Junior, Roig y Torres, M. S. Rossi, T. Taramellie, G. Tissandier.

Nota aclaratoria de Galbis (1940). Terremoto Nº 1037: *1884 AD*

T. I. núm. 1037(A.) – 25 de Diciembre – A las 21 h. y minutos apenas se notó este terremoto en Murcia.

Insertamos como nueva interpretación del sismo ocurrido este día el gráfico de L. Steikhardt.

Referencias de Galbis (1932). Terremoto Nº 1037: *1884 AD*

Terremotos de Andalucía, informe de la Comisión nombrada para su estudio.

D. Orueta y Duarte. Informe sobre los terremotos en el Sur de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Málaga, 1885.

Anónimo. Cartas desde los sitios azotados por los terremotos en Andalucía. Madrid, 1885.

N. Díaz de Escobar y R. Urbano. Los terremotos de Málaga, 1885.

M. M. S. Navarro-Neumann (S. J.). La Estación Sismóloga de Cartuja.

INTERPRETACIÓN **ANÁLISIS DE DATOS**

HST 18841225: ARENAS DEL REY (Granada). 1884 AD

Autores: Rodríguez-Pascua, M.A. (IGME), Perucha, M.A. (IGME), Giner Robles, J.L. (UAM) y Élez, J. (USAL).

EEE. Efectos Geológicos y Ambientales del Terremoto de Arenas del Rey, 1884 AD

El terremoto catalogado por el IGN (Martínez Solares y Mezcua, 2002) como el de Arenas del Rey (Granada) del 25 de diciembre de 1884 tiene su epicentro en Alhama de Granada (Granada), mientras que la falla que lo produjo es la de Ventas de Zafarraya (Granada) (Reicherter *et al*., 2003). Anteriormente era conocido como Terremoto de Andalucía de 1884. Este triple desajuste muestra el problema que pueden generar el uso de distintas escalas macrosísmicas, como es el caso la EMS98 en la que se eliminan los efectos ambientales. Se da la paradoja que el informe que realizaron Taramelli y Mercalli (1886) localiza el epicentro sobre esta falla al pie de la sierra de almijares, utilizando las direcciones de movimiento deducidas en los efectos en las construcciones, demostrando la utilidad de este tipo de efectos, que en la actualidad sí son incluidos en el presente catálogo y que son inventariados como Efectos Arqueológicos de Terremotos (*Earthquake Archaeologica Effects*, EAEs).

El terremoto se produjo a las 21:08 h del día 25 de diciembre. Durante la noche de este día 25 al 26 hay documentadas 110 réplicas, que llegaron a sentirse en los pueblos cercanos. En zonas más alejadas como Vélez Málaga se registraron 11 réplicas. La réplica más importante de produjo a las 02:30 h del día 26 de diciembre, que produjo el hundimiento de las construcciones más dañadas por el evento principal. La ocurrencia de réplicas decrece considerablemente en diciembre de 1885, habiendo algunos temblores sentidos por la población hasta octubre de 1886.

Este ha sido el último gran terremoto sufrido en España y supuso una importante respuesta internacional, tanto a nivel de ayuda económica como a nivel científico. Con respecto a la repercusión mediática que tuvo cabe destacar que, en un primer momento, no se dieron crédito a las noticias que llegaban de la zona macrosísmica y tuvo que ser el periodista Luis Seco de Lucena (director del Defensor de Granada) quien pusiese de manifiesto la magnitud de la catástrofe, guiando incluso la visita del Rey Alfonso XII a la zona afectada. Este terremoto es también considerado en España como el nacimiento del fotoperiodismo, lo que nos ha dejado un importante fondo fotográfico que nos ha servido para poder interpretar mejor las descripciones históricas. Dos fotógrafos destacados fueron los malagueños Leonardo Camps y Romero Robledo. El primero acompañó a Domingo de Orueta en su trabajo sobre el terreno para la elaboración de su informe técnico y el segundo al Rey Alfonso XII.

Los trabajos científicos que se realizaron en la zona macrosísmica sobre los efectos del terremoto fueron fundamentalmente cuatro:

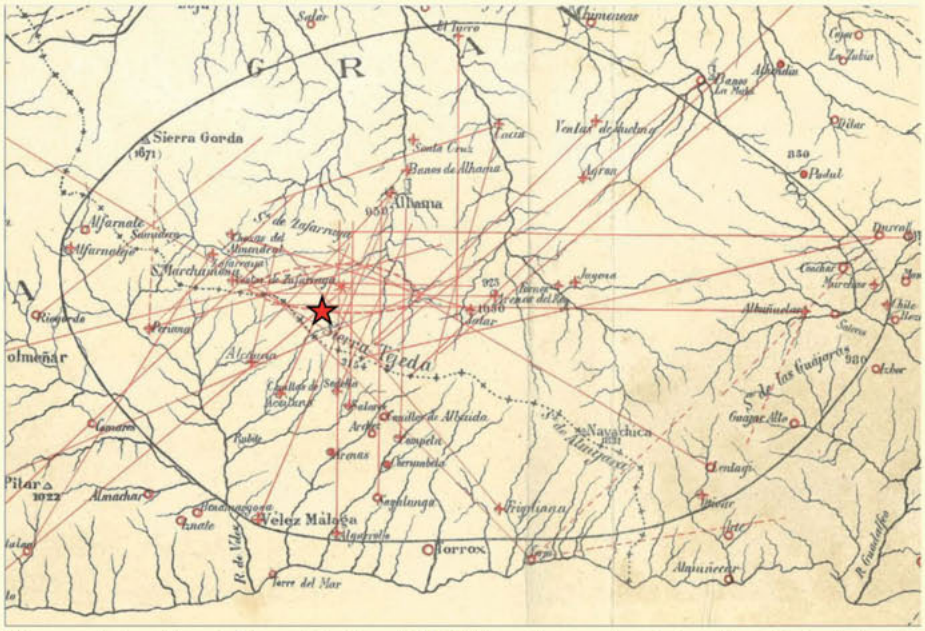
- Comisión Oficial Española (1885): Informe de la Comisión Oficial de los Terremotos de Andalucía.
- Domingo de Orueta (España) (1885): Informe de los terremotos ocurridos en el Sud de España.
- Comisión de la Academia de Lincei de Roma (1886): Memoria del terremoto andaluz comenzado el 25 de diciembre de 1884.
- Misión Francesa (Academia de Ciencias del Instituto de Francia) (1889): Estudios relativos al temblor de tierra del 25 de diciembre de 1884 y la constitución geológica sacudida por los temblores de tierra.

La Comisión Oficial Española (1885) hace un completo estudio de los daños producidos en las localidades afectadas, realizando también descripciones de efectos geológicos, pero sin ningún documento gráfico como fotografías. La Comisión Oficial Española sitúa el epicentro, utilizando la escala de Rossi-Forel, en "*... el espacio que comprende el valle de Zafarraya y las sierras de Tejeda, Marchamonas y de En medio*". Este es un estudio que aporta una gran cantidad de información descriptiva, muy al uso de la época, por lo que la información que contiene no ha aportado importantes datos sobre efectos geológicos o arqueosismológicos.

El informe de Domingo de Orueta (1885) aporta muchos más datos de efectos geológicos y con más detalle, lo que ha facilitado la localización de los mismos. Además, incluye una colección de 22 fotografías que han facilitado la interpretación de las descripciones realizadas. En este punto es importante destacar la colección fotográfica de la Casa Real del viaje de Alfonso XII a la zona epicentral, acompañado de su fotógrafo Romero Robledo. Valga como ejemplo que las fotografías realizadas en el Guaro, lo que sumado a las descripciones de Orueta, han permitido delimitar este gran deslizamiento y descartar otros posibles efectos. El informe de Orueta se puede considerar ya un informe "moderno" con una visión más práctica y organizada de la información.

El informe de la Comisión de la Academia de Lincei de Roma fue realizado por Taramelli y Mercalli y publicado en 1886. Estos autores hacen un profuso estudio de los daños en edificaciones, incluyendo efectos geológicos como los grandes deslizamientos de Güevéjar, El Guaro (Periana) y Albuñuelas. Es importante resaltar el estudio que hacen sobre daños orientados en edificaciones, que unido al mapa de isosistas que realizan, marcan el epicentro del terremoto prácticamente sobre la ruptura superficial de la Falla de Ventas de Zafarraya. El informe italiano amplia considerablemente el área afectada descrita por el informe de la Comisión Oficial Española. Taramelli y Mercalli también usan este informe, además del trabajo realizado por Orueta, con el fin de establecer de forma más precisa la localización del epicentro del terremoto. Como información gráfica aportan dos láminas desplegables con grabados realizados del natural y sobre fotografías del informe de Orueta, por un lado de efectos geológicos y por otro, de daños

orientados en edificaciones. Cabe destacar los grabados realizados sobre los daños de la torre del campanario de la torre de la Iglesia Mayor de la Encarnación de Alhama, donde incluso hoy en día son visibles algunos de estos efectos, como las grietas conjugadas en el muro S de la iglesia. Incluyen también el mapa de isosistas con la representación gráfica de la orientación de la llegada de la onda (Ver figura adjunta a este párrafo) y un mapa geológico.


Sierra Gorda
Alhama
Sierra Tejeda
Alcaucín
Velez Málaga
Torrox
Nayarduca
Almachar
Pilar
Alfarnate
Alfarnatejo
Riogordo
Periana
Canillas de Aceituno
Arenas
Rubite
Competa
Cómpeta
Frigiliana
Nerja
Torre del Mar
Alhaurin
Alhaurin el Grande
Alpandeire
Algarrobo
Benamargosa
Benamocarra
Almachar
Ventas de Zafarraya
Zafarraya
Alcaucin
Periana
Riogordo
Alfarnate
Alfarnatejo
Sierra Tejeda
Alcaucín
Canillas de Aceituno
Canillas de Albaida
Competa
Cómpeta
Frigiliana
Nerja
Torrox
Nayarduca
Almachar
Velez Málaga
Torre del Mar
Alhaurin
Alhaurin el Grande
Alpandeire
Algarrobo
Benamargosa
Benamocarra

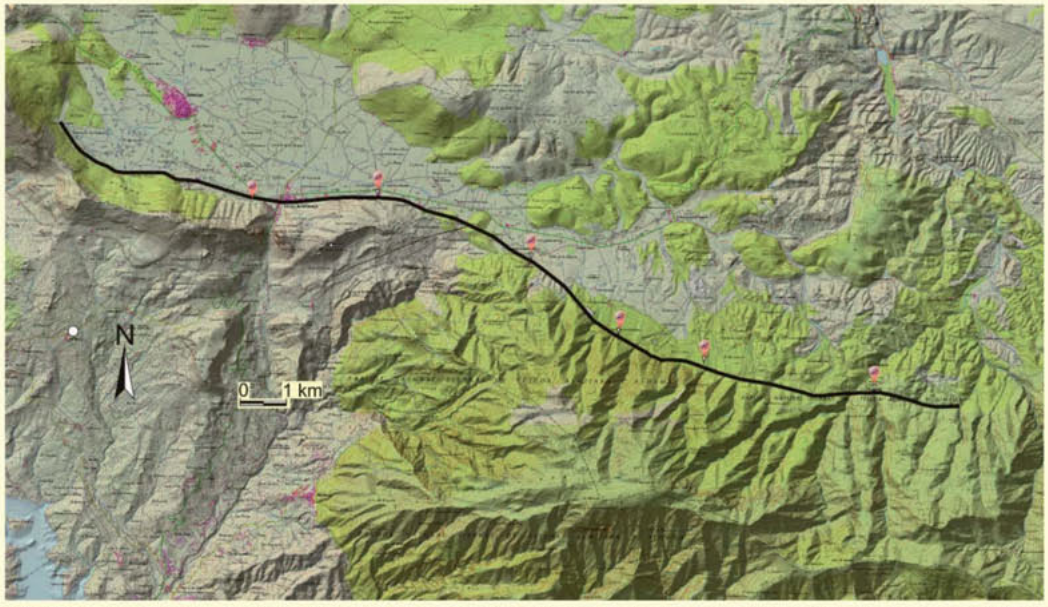
Toda esta información es fundamentalmente la que se ha tenido en cuenta a la hora de elaborar las fichas, además de las fotografías de los archivos de: Casa de los Tiros (Granada); Instituto Andaluz de Geofísica (UGR, Granada) y Archivo Municipal de Alhama de Granada (Granada).

Las fichas realizadas se han contrastado en su mayoría con observaciones actuales de campo, comparando las descripciones y fotografías de época con las evidencias actuales que aún se pueden observar sobre el terreno.

Análisis de los efectos geológicos (EEEs) del Terremoto de Arenas del Rey, 1884 AD

Se han realizado un total de 34 fichas de EEEs, en su mayoría corresponden a movimientos de ladera (SM), con tres grandes deslizamientos como son los de Güevéjar, El Guaro (Periana) y Albuñuelas. Los siguientes efectos más abundantes son los hidrológicos (HA y HD), los cuales se han incluido utilizando las descripciones de época, dado su carácter efímero. También se han encontrado numerosas descripciones de grietas en el sustrato (GK), habiendo separado las que corresponden a cicatrices de cabecera de deslizamiento y la ruptura superficial de la falla que generó el terremoto de efectos de génesis de fracturas aisladas. En el caso de este terremoto, contamos con la descripción y contraste en campo de la ruptura superficial de la falla normal de Ventas de Zafarraya (SR), responsable del terremoto (Reicherter *et al*., 2003). También se han contado con efectos de caída de árboles (algunos visibles en la actualidad) o efectos espeleosismológicos (OT).

La ruptura superficial cosísmica de la Falla de Zafarraya que generó el terremoto de 1884 ha sido estudiada mediante técnicas paleosismológicas por Reicherter *et al*. (2003) y geofísicas por Grützner *et al*. (2013). Ambos coinciden en que la magnitud máxima está en torno a 6,5 con un periodo de recurrencia de 2000 años. Flammarion (1901-1930) transcribe una carta que envía el Sr. Nogués a la Academia de Ciencias describiendo varios efectos, entre ellos importantes grietas: "*... Una de las más importantes fue la que empezó cerca de Sierra de Jatar, terminando en el pueblo de Zafarraya, de unas cuatro leguas de largo...*". Esta descripción nos está indicando la presencia de una ruptura superficial que estaría en torno a 20 km de longitud, compatible con las magnitudes calculadas a partir de los saltos superficiales por Reicherter *et al*. (2003) y Grützner *et al*. (2013). Utilizando las descripciones históricas, imágenes de satélite, fotografía aérea y trabajo de campo se ha cartografiado la ruptura superficial (ver imagen al pie de este párrafo).



Cartografía de la traza superficial de la ruptura cosísmica del terremoto de 1884 generado por la Falla de Ventas de Zafarraya (base topográfica IGN 1:25.000).

Esta ruptura superficial es la que condiciona la distribución de EEEs, los cuales se distribuyen principalmente en una banda E-W, tanto al N como al S de la traza de la ruptura superficial.



Fotografía de afloramiento en la zona del cortijo de Pilas de la ruptura superficial del terremoto de 1884 generado por la falla normal de Ventas de Zafarraya.

Otros de los efectos importantes son los de campo lejano, asociados tanto al deslizamiento de Güevéjar como al de Albuñuelas. Las condiciones geológicas del sustrato son distintas en ambos casos. En Güevéjar el deslizamiento se produce principalmente en margas con niveles de lignito que favorecieron el deslizamiento, mientras que en Albuñuelas los materiales deslizados corresponden a areniscas y limos. Estos grandes deslizamientos hicieron que los efectos que produjeron sobre las poblaciones de Güevéjar y Albuñuelas fuesen muy importantes, lo cual se tradujo en intensidades EMS98 altas, VII y IX respectivamente. El hecho de que el sustrato se encontraba empapado en agua en esta época del año favoreció este tipo de fenómenos.



Grietas en el sustrato en la cabecera del deslizamiento de El Guaro (Periana) en el sector del Puerto del Sol.

Los procesos de licuefacción están prácticamente ausentes. Para este fenómeno se ha recurrido a las descripciones históricas y a su compatibilidad con el sustrato geológico donde se generan. Así pues, es de todos conocido, que para que se genere una licuefacción es necesario la presencia de materiales detríticos no cohesivos (desde tamaño limo a grava) saturados en agua, con la presencia de capas confinantes suprayacentes que permitan que se produzca la fluidificación del sedimento licuefactado y ascienda a la superficie. Por este motivo, aunque diferentes autores hayan interpretado como licuefacciones algunas descripciones, estas no serían compatibles con el sustrato geológico. Uno de estos casos es el deslizamiento del Guaro, donde se describen que hay inyecciones de lodos a favor de grandes fracturas; estas inyecciones se debieron producir como consecuencia del deslizamiento y debieron ser de materiales arcillosos, ya que el sustrato geológico corresponde a arcillas y margas rojas burdigalienses. Estos materiales no son licuefactables, sin embargo, su gran plasticidad, sumado a que estaban saturadas en agua en el momento del terremoto favorecieron el deslizamiento, pero en ningún caso pudo tratarse de licuefacciones. Un caso interesante es el del cementerio de Alhama de Granada, donde hay tanto descripciones históricas como grabados de época que describen que los ataúdes fueron expulsados del suelo. Esto podría interpretarse en un primer momento como licuefacciones que pudieron sacar a flote los ataúdes, sin embargo el sustrato geológico no es compatible con dicho fenómeno, al tratarse de lutitas ocres del Mioceno Superior. En este caso se han interpretado como pequeñas lenguas de deslizamiento que exhumaron los ataúdes. Estos fenómenos son comunes en la zona en periodos de lluvias intensas. La única licuefacción descrita históricamente (Fouqué, 1889) que sería compatible con el sustrato geológico sería la de Vélez Málaga. Esta se sitúa a 1 km al S de esta localidad, en la llanura de inundación del Río Vélez (en su margen izquierda). En este caso sí que el sustrato geológico está compuesto por materiales holocenos (aluvial) que pueden generar licuefacciones. Lamentablemente no se han podido constatar sobre el terreno ya que en la actualidad es una zona urbanizada.



Ataúdes extraídos de sus nichos en el antiguo cementerio de Alhama de Granada (Archivo de la Casa de los Tiros, Junta de Andalucía). Grabado de época del cementerio de Alhama de Granada con ataúdes exhumados del suelo (National Information Service for Earthquake Engineering, Uninversity of California, Berkeley).

También se han podido registrar otros efectos (OT), como la caída de 141 árboles en el Puerto de los Frailes o de Cómpeta. Se han encontrado varios ejemplares de *Pinus alepensis* en este puerto que tendrían una tamaño importante para suponer que tienen una edad suficiente para haber sufrido el terremoto de 1884 (utilizando las tasas de crecimiento medias de esta especie en esta área geográfica). Esto abriría una nueva línea de investigación para este terremoto.

Dentro de otros efectos (OT) también hay autores que han identificados efectos espeleosismológicos en la mesa de El Aguadero (Sierra de Alhama; Periana), con desarrollo de fracturas en espeleotemas y caídas orientadas de estos.

Las intensidades ESI07 estimadas para los distintos EEEs varían entre X para el deslizamiento de El Guaro y VIII para algunos de los efectos hidrológicos (Fig. 3). Las intensidades máximas ESI07=X se encuentran distribuidas en una banda E-W. En el lado W de la banda es donde se ha podido constatar la ruptura cosísmica de la Falla de Ventas de Zafarraya. En la zona N de esta área de máxima intensidad hay una concentración de efectos de dirección N-S que está condicionada por el encajamiento del Río Alhama, muy posiblemente asociado a una falla con esta orientación. El efecto topográfico del cañón del Río Alhama a su paso por Alhama de Granada (en la zona conocida como Los Tajos) es donde se llegaron a producir incluso represamientos del río como consecuencia de la obturación del valle por la caída de bloques de roca en volúmenes realmente importantes. Esta banda de máxima intensidad E-W se prolonga hasta Arenas del Rey que fue totalmente destruida. La distribución E-W de las intensidades máximas está condicionada en el área de mayor intensidad por la ruptura superficial de la falla de Ventas de Zafarraya y los relieves de la Sierra de Alhama. En el lado E también tiene una gran influencia la topografía de la Sierra de Almijara, además de los materiales cenozoicos donde se asientan las principales localidades afectadas. El caso del deslizamiento de Albuñuelas además se ve potenciado por el efecto topográfico del

encajamiento del Río Albuñuelas. Los efectos de campo lejano, como el deslizamiento de Güevéjar, no se han incluido en este mapa de intensidades, ya que son efectos muy condicionados por amplificaciones del terreno y las características de los materiales geológicos, que empapados en agua favorecieron estos fenómenos.

EAE. Efectos Arqueosismológicos del Terremoto de Arenas del Rey, 1884 AD

Los datos recopilados en relación a los EAEs se han basado, igual que en el caso de los EEEs, tanto en descripciones y fotografías de época como en trabajo de campo para contrastar toda esta información (siempre que ha sido posible). Las fichas recopiladas incluyen orientaciones de direcciones de movimiento medias del sustrato, calculadas a partir de los EAEs inventariados. Cabe destacar los efectos descritos, fotografiados y dibujados en localidades como Alhama de Granada, especialmente en su Iglesia Mayor. Esta localidad es un buen ejemplo de cómo el efecto topográfico de Los Tajos condiciona la polarización de los movimientos medios del sustrato de manera perpendicular al relieve principal (NNW-SSE), mientras que en la parte nueva del pueblo es NNE-SSW.

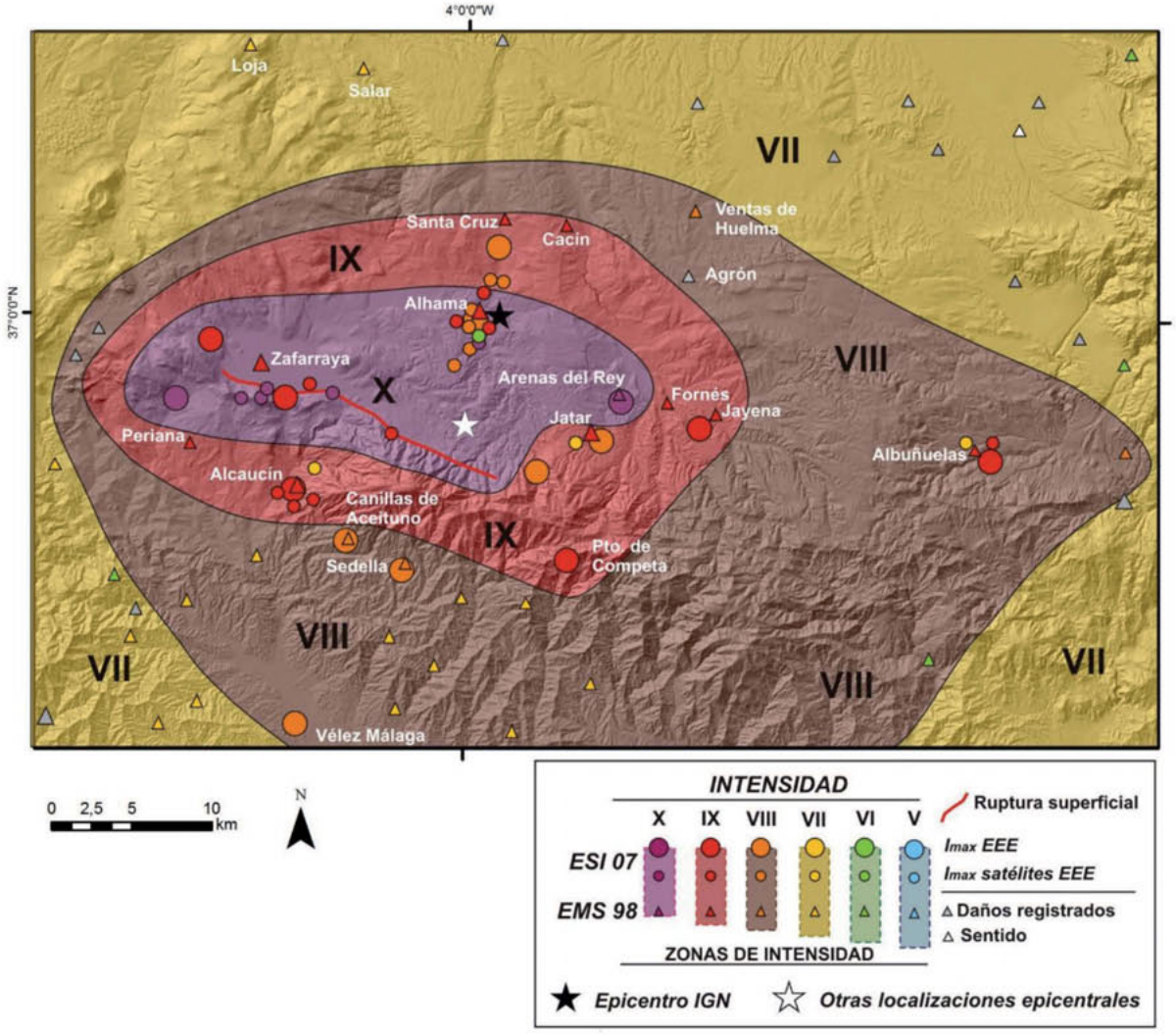


Grabado de Taramelli y Mercalli (1886) donde se pueden ver los importantes daños en la torre de la Iglesia Mayor de la Encarnación y su aspecto actual. En la foto inferior se observan las caídas orientadas hacia los N150ºE (Archivo Casa de los Tiros, Granada; Junta de Andalucía).

Los efectos catalogados han sido fundamentalmente obtenidos de las fotografías de época, donde se pueden observar EAEs que además permiten ser orientados, como son las claves caídas de la Iglesia de Fornés, caídas orientadas de muros como en la Iglesia de Alcaucín, o la Iglesia de Játar que incluye ambos EAEs. Las orientaciones medias de movimiento del terreno para estos efectos es NNW-SSE en la mitad oeste del área macrosísmica, mientras que en la mitad este tiende a ser ENE-WSW. En el caso del lado occidental, está relacionado con la ruptura superficial y el movimiento del labio hundido y levantado de la falla, mientras que en el oriental está asociado al campo lejano y llegada y propagación de las ondas sísmicas.

DISTRIBUCIÓN DAÑOS ESI-07/EMS-98
HST 18841225: ARENAS DEL REY (Granada). 1884 AD
EFECTOS GEOLÓGICOS

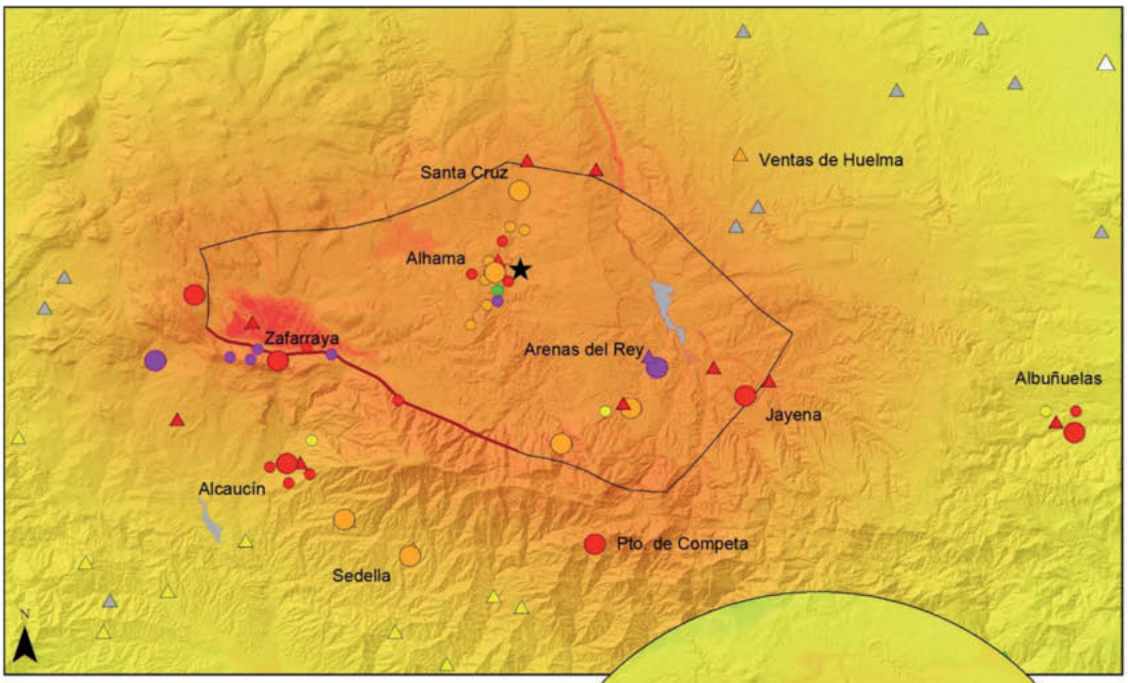
EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
HST 18841225*AD*	21:08	3°59' O	37°00' N	6,5 – 6,7 M*	IX-X	X	X	A	A	A	**Arenas del Rey. GR**



SHAKE MAP ESI-07/EMS-98
HST 18841225: ARENAS DEL REY (Granada). 1884 AD
ACELERACIÓN DEL TERRENO

EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
HST 18841225*AD*	21:08	3º59' O	37º00' N	6,5 – 6,7 M*	IX-X	X	X	A	A	A	**Arenas del Rey. GR**

Fuente sísmica modificada de:	**Mw calculada:**	**Relación empírica**:	**GMPE**: Wald *et al.* (2005) modificada
Reicherter *et al.*, 2003 y Grützner *et al.*, 2013.	7,0	Wells y Coppersmith (1994).	según Silva *et al.* (2016).

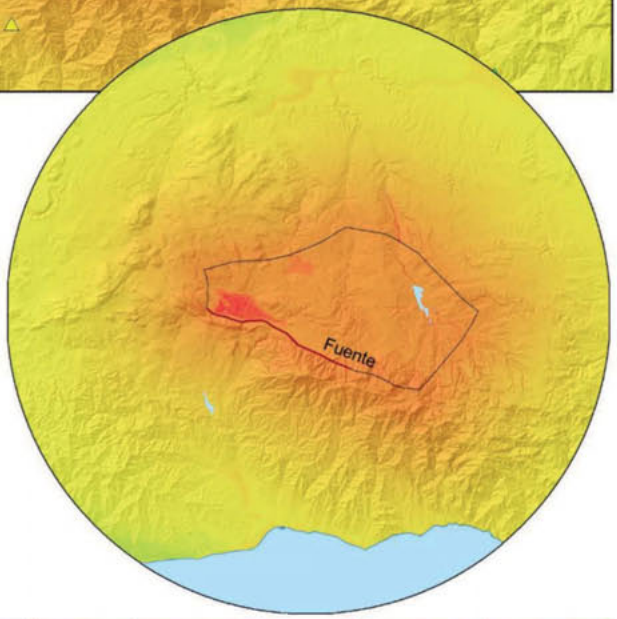


ESCENARIO

Datos del Modelo

Falla Normal, buzamiento NNE
Falla de Ventas de Zafarraya, N de la Sierra de Tejeda-Almijara.
Longitud de la fuente 28 km

PGAmax 0,71g
PGA en Zafarraya 0,70g
PGA en Alhama 0,49g
PGA en Arenas del Rey 0,51g
PGA en Jayena 0,45g
PGA en Albuñuelas 0,18g



Efectos Edificaciones										
MMI (USGS)	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
SACUDIDA	Ligera	Moderada	Fuerte	Muy Fuerte	Severa	Violenta	Muy Violenta	Extrema	Extrema
DAÑO	Ninguno	Muy Ligero	Ligero	Moderado	Severo	Destructivo	Muy Destructivo	Devastador	Totalmente Devastador
PGA (%g)	0,014	0,039	0,092	0,18	0,34	0,65	> 1,24		

Efectos Geológicos										
EEE PRIMARIOS	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Muy raros	Raros	Apreciables	Significativos	Importantes	Muy Importantes
EEE SECUND.	Ligeros	Marginales	Moderados	Apreciables	Significativos	Importantes	Muy Importantes	Devastadores	Totalmente Devastadores
AREA AFECTADA			c. 1 km²	≤10 km²	≤100 km²	≤1000 km²	≤5000 km²	≤10.000 km²	≥50.000 km²
ESI-07	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII

REFERENCIAS
HST 18841225: ARENAS DEL REY (Granada). 1884 AD

DATOS BIBLIOGRÁFICOS

Autores: Rodríguez-Pascua, M.A. (IGME), Perucha, M.A. (IGME) y Giner Robles, J.L. (UAM).

Bibliografía Terremoto de Arenas del Rey de 1884 AD

Anónimo (1890): "Estudios relativos al terremoto ocurrido en Andalucía el 25 de diciembre de 1884 y la constitución geológica del suelo conmovido por las sacudidas efectuados por la Comisión destinada al objeto por la Academia de Ciencias de París". Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España, Madrid, T. XVI: 299-303.

Comisión del Mapa Geológico de España (1885): Terremotos de Andalucía. Informe dando cuenta del estado de los trabajos. Bol. Com. Map. Geol. T. XII. Madrid.

Fouqué, F. (1890): "Estudios relativos al terremoto ocurrido en Andalucía el 25 de diciembre de 1884 y la constitución geológica del suelo conmovido por las sacudidas". Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España, Madrid, T. XVI: 305-308.

Galbis Rodríguez, J. (1932): Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5ºE y 20ºW de Greenwich y los paralelos 45º y 25ºN. Dirección General del Instituto Geográfico, Catastral y de Estadística. Tomo I.

Grützner, C. Ruano, P., Jabaloy, A., Galindo-Zaldívar, J., Becker-Heidmann, P., Sanz de Galdeano, C., Rudersdorf, A., Reicherter, K. (2013): Late Holocene rupture history of the Ventas de Zafarraya Fault (Southern Spain). Cuaternario y Geomorfología, 27 (3-4), 51-61.

López Arroyo, A., Martín Martín, A. J. y Mezcua Rodríguez, J. (1980): El terremoto de Andalucía de 1884. Instituto Geográfico Nacional (Madrid). 139 pp.

Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y Enero de 1885. Málaga: Tip. y Lit. de Fausto Muñoz.

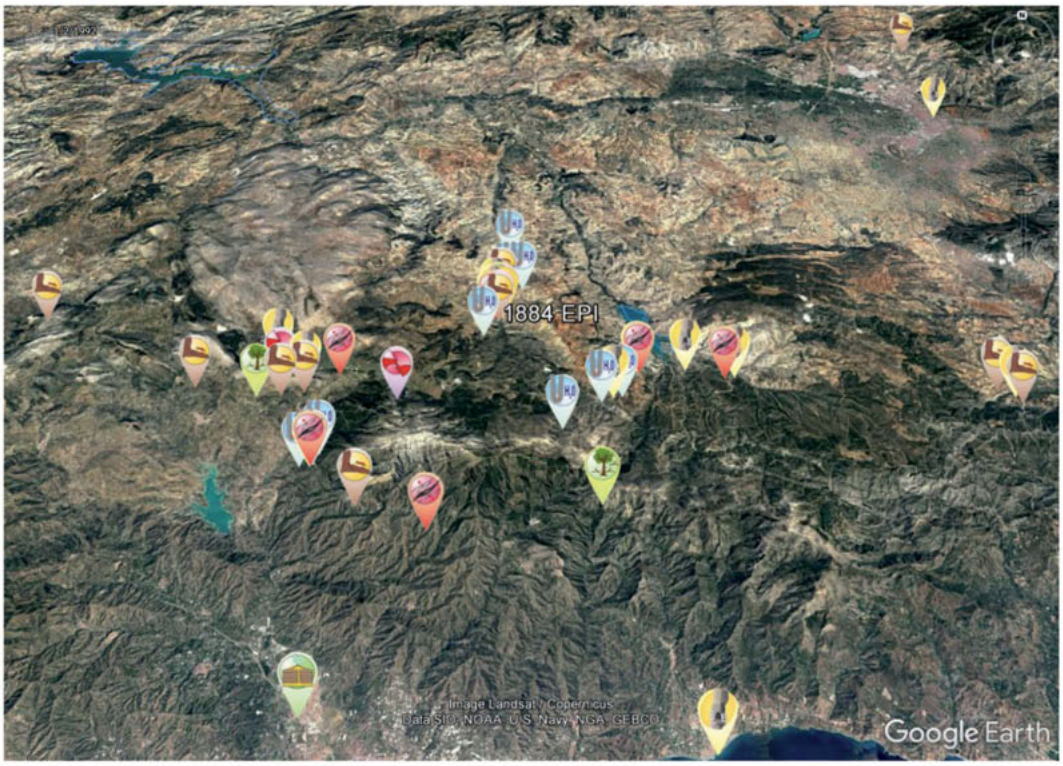
Reicherter, K.R., Jabaloy, A., Galindo-Zaldívar, J., Ruano, P., Becker-Heidmann, P., Morales, J., Reiss, S., González-Lodeiro, F. (2003): Repeated palaeoseismic activity of the Ventas de Zafarraya fault (South Spain) and its relation with the 1884 Andalusian earthquake. Int. Journal Earth Science, 92 (6), 912-922.

Taramelli, T. y Mercalli, G. (1886), "I terremotti andalusi cominciati il 25 diciembre 1884". Atti Reale Accademia dei Lincei (Roma), vol. III, serie 4, 116-222.

Vidal Sánchez, F. (2011): El Terremoto de Alhama de Granada de 1884 y su impacto. Anuary Verdaguer, 19: 11-45.

INFORMACIÓN MACROSÍSMICA HST 18841225: ARENAS DEL REY (Granada). 1884 AD											EFECTOS GEOLÓGICOS	
EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO	
18841225*AD*	21:08	3°59' O	37°00' N	6,5 – 6,7 M*	IX-X	X	X	A	A	A	Arenas del Rey. GR	
Tipo de Efectos Catalogados											Número de Fichas 49	34 EEEs 15 EAEs

Imagen Google Earth de la localización de efectos catalogados en la zona epicentral



Información macrosísmica catalogada

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
01.01. Albuñuelas. El Juncal.	3°38'36.96"O	36°55'58.56"N	SM	O 33 km	IX	X	VIII
01.02. Albuñuelas.	3°37'44.34"O	36°55'25.56"N	SM	O 33,2 km	IX	X	IX
01.03. Albuñuelas	3°37'57.06"O	36°55'39.06"N	EAE	O 33,5 km	IX	X	IX
02.01. Alcaucín	4° 6'48.18"O	36°54'9.54"N	GK	NO 16,5 km	IX	X	IX
02.02. Alcaucín	4° 6'50.97"O	36°54'8.87"N	EAE	NO 16,5 km	IX	X	X
02.03. Alcaucín	4° 6'43.33"O	36°54'11.49"N	HA	NO 15,5 km	IX	X	IX
02.04. Alcaucín	4° 7'16.05"O	36°54'11.01"N	HA	NO 16,7 km	IX	X	IX
02.05. Alcaucín	4° 6'29.07"O	36°54'31.61"N	HA	NO 15,3 km	IX	X	IX
03.01. Alhama de Granada	3°59'26.89"O	36°59'47.05"N	GK	NO 0,75 km	IX	X	IX
03.02. Alhama de Granada. Los Tajos	3°59'5.51"O	37° 0'11.65"N	SM	NO 0,38 km	IX	X	VIII
03.03. Alhama de Granada. Los Tajos	3°58'57.69"O	37° 0'10.20"N	SM	NO 0,35 km	IX	X	IX

03.04. Alhama de Granada. Los Tajos	3°59'10.80"O	36°59'51.60"N	SM	NO 0,38 km	IX	X	VIII
03.05. Alhama de Granada. Los Tajos	3°59'11.27"O	36°59'44.29"N	SM	NO 0,59 km	IX	X	X
03.06. Alhama de Granada. Los Baños	3°59'1.51"O	37° 1'2.06"N	SM	NE 1,9 km	IX	X	IX
03.07. Alhama de Granada. Iglesia Mayor de la Encarnación	3°59'9.78"O	37° 0'12.96"N	EAE	SE 0,48 km	IX	X	X
03.08. Alhama de Granada. Los Tajos	3°59'13.23"O	37° 0'10.62"N	EAE	SE 0,5 km	IX	X	X
03.09. Alhama de Granada. Calle de Enciso	3°59'27.99"O	37° 0'0.77"N	EAE	SE 0,55 km	IX	X	X
03.10. Alhama de Granada. Cementerio antiguo	3°59'20.71"O	37° 0'29.12"N	EAE	SE 0,55 km	IX	X	X
03.11. Alhama de Granada. Sierra Tejeda	3°56'48.00"O	36°54'55.20"N	HA	N 10,2 km	IX	X	IX
03.12. Alhama de Granada. Cortijo del Chopo	3°59'52.32"O	36°59'1.50"N	HA	NO 2,2 km	IX	X	VIII
03.13. Alhama de Granada. Los Baños	3°58'45.54"O	37° 1'18.36"N	HD	S 2,5 km	IX	X	VIII
03.14. Alhama de Granada. Los Baños	3°58'5.16"O	37° 1'15.30"N	HA	S 2,5 km	IX	X	VIII
03.15. Alhama de Granada. Cortijo de los Álamos	3°58'32.51"O	37° 3'1.08"N	HA	S 5,9 km	IX	X	VIII
04.01. Arenas del Rey	3°53'27.36"O	36°57'14.94"N	EAE	NO 10 km	X	XI	X
04.02. Arenas del Rey	3°53'22.80"O	36°57'12.48"N	GK	NO 10,1 km	X	XI	X
05.01. Canillas de Aceituno	4° 4'53.16"O	36°52'35.04"N	SM	NO 16,5 km	VIII	IX	VIII
05.02. Canillas de Aceituno	4° 4' 57,74''O	36° 52' 23,5''N	EAE	NO 16,5 km	VIII	IX	VII
06.01. Cómpeta. Puerto de los Frailes o de Cómpeta	3°55'32.04"O	36°52'5.22"N	OT	NO 15,4 km	VIII	IX	IX
07.01. Fornés	3°51'24.96"O	36°57'15.42"N	EAE	NO 13 km	IX	X	IX
08.01. Güevéjar	3°35'18.78"O	37°15'32.40"N	SM	SO 45 km	VII	VIII	X
09.01. Játar. Iglesia Parroquial	3°54'36.26"O	36°56'11.43"N	EAE	NO 9,8 km	IX	X	IX
09.02. Játar	3°55'5.88"O	36°56'0.18"N	HA	NO 9,6 km	IX	X	VII
09.03. Játar	3°54'13.54"O	36°56'12.42"N	HA	NO 14,8 km	IX	X	VIII
10.01. Jayena	3°49'49.81"O	36°56'50.77"N	GK	NO 15,8 km	IX	X	IX
10.02. Jayena	3°49'25.02"O	36°56'51.51"N	EAE	NO 16 km	IX	X	IX
11.01. Periana. El Guaro	4°11'57.88"O	36°57'25.05"N	SM	NO 20 km	IX	X	X
11.02. Periana. Sima del Aguadero	4° 9'17.70"O	36°56'50.04"N	OT	NO 17 km	IX	X	X
12.01. Sedella	4° 2'10.26"O	36°51'39.90"N	GK	NO 16,4 km	IX	X	VIII
13.01. Vélez Málaga	4° 6'19.13"O	36°46'23.24"N	LQ	NO 27 km	VIII	IX	VIII
14.01. Ventas de Zafarraya. El Boquete	4° 7'21.32"O	36°56'56.22"N	SM	NO 13,5 km	IX	X	IX
14.02. Ventas de Zafarraya.	4° 8'16.26"O	36°56'47.98"N	SM	NO 13,8 km	IX	X	X
14.03. Ventas de Zafarraya	4° 3'27.97"O	36°56'22.67"N	SR	NO 9,6 km	IX	X	X
14.04. Ventas de Zafarraya	4° 5'55.94"O	36°57'35.76"N	GK	NO 11,3 km	IX	X	IX
14.05. Ventas de Zafarraya	4° 8'22.76"O	36°57'28.45"N	SR	NO 15 km	IX	X	X

15.01. Zafarraya. Iglesia antigua	4° 8'37.80"O	36°58'24.51"N	EAE	NO 14,8 km	IX	X	**IX**
15.02. Zafarraya. Cerro del Moro	4°11'12.14"O	36°59'22.06"N	EAE	E 18,2 km	IX	X	**VIII**
16.01. Granada. La Alhambra	3°35'23.05"O	37°10'39.01"N	EAE	SO 40,5 km	V	VI	**VII**
17.01. Nerja	3°52'34.81"O	36°44'54.39"N	EAE	SE 29,8km	V	VI	**VII**
18.01. Villanueva del Trabuco	4°19'4.99"O	37° 0'33.28"N	SM	E 32 km	VIII	IX	**VI**

Información macrosísmica complementaria

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
0.01 Atarfe	3°41'25.58"O	37°13'13.09"N	EMS	NE 36 km	V	VI	**Sin datos**
0.02 Benamargosa	4°11'40.66"O	36°49'59.52"N	EMS	NE 26,6 km	VIII	IX	**VIII (Zona)**
0.03 Cacín	3°54'58.83"O	37° 3'32.63"N	EMS	SW 9 km	IX	X	**VIII (Zona)**
0.04 Comares	4°14'59.02"O	36°50'50.58"N	EMS	NE 28,6 km	VI	VII	**Sin datos**
0.05 Frigiliana	3°53'42.13"O	36°47'9.38"N	EMS	NW 24,8 km	VIII	IX	**Sin datos**
0.06 Lentegí	3°40'26.00"O	36°50'8.85"N	EMS	NW 33,3 km	VII	VIII	**Sin datos**
0.07 Loja	4° 8'59.91"O	37° 9'52.45"N	EMS	NW 23,5 km	VII	VIII	**Sin datos**
0.08 Nigüelas	3°32'21.17"O	36°58'41.03"N	EMS	W 40 km	VII-VIII	VIII	**VIII (Zona)**
0.09 Otívar	3°40'52.38"O	36°48'48.13"N	EMS	NW 34,5 km	VIII	IX	**Sin datos**
0.10 Riogordo	4°17'35.33"O	36°54'52.19"N	EMS	NE 29,1 km	VII	VIII	**Sin datos**
0.11 Salar	4° 3'57.67"O	37° 8'55.69"N	EMS	SE 18,1 km	VII	VIII	**Sin datos**
0.12 Salares	4° 1'28.88"O	36°51'13.26"N	EMS	N 17,2 km	VIII	IX	**IX (Zona)**
0.13 Santa Cruz del Comercio	3°58'33.93"O	37° 3'40.11"N	EMS	S 6,8 km	IX	X	**Sin datos**
0.14 Torrox	3°57'10.56"O	36°45'31.69"N	EMS	N 28,2 km	VIII	IX	**Sin datos**
0.15 Ventas de Huelma	3°49'18.71"O	37° 4'3.86"N	EMS	SW 16,4 km	VIII	IX	**Sin datos**
0.16 La Viñuela	4° 8'30.88"O	36°51'41.66"N	EMS	SW 21 km	VIII	IX	**VIII (Zona)**

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.01.01 *01.01. Albuñuelas. El Juncal.*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8 (SM)

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Albuñuelas (Granada)	3°38'36.96"O	36°55'58.56"N	823 m	-	33 km	OESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Cañón	Pendiente del terreno	Fuerte (10º-16º)
Descripción Geológica	Cañón producido por el encajamiento del barranco de El Juncal.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Limos, arenas y conglomerados	Limos, arenas y conglomerados	Estratificada	Consolidada	I (1,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Serravaliense	Serravaliense	Sin datos	0,22	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	Efectos naturales EMS IX

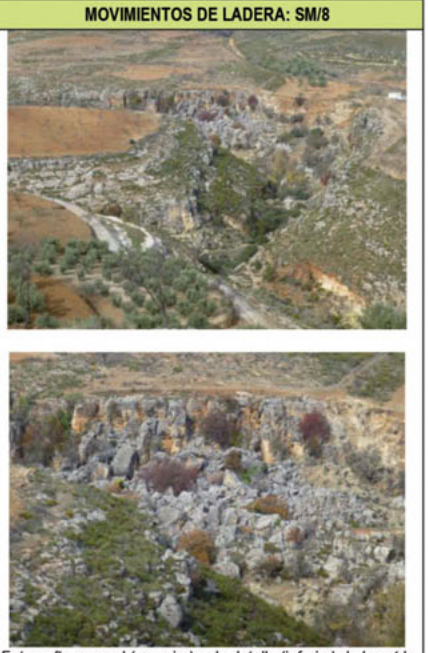
EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8

Descripción: Las descripciones de época no dan datos concretos en relación a caída de rocas en el entorno de Albuñuelas, pero sí citan que los efectos empiezan a ser claramente visibles en torno a 5 km alrededor de Albuñuelas. Como es el caso de la descripción de Orueta (1885): "*El espacio entre Albuñuelas y Alhama ha experimentado relativamente muy pocos daños. La mayor parte de los edificios en él comprendidos se hayan en buen estado; pero á 5 kilómetros de Albuñuelas comienzan á verse señales de la violencia de las oscilaciones, que alcanzaron su máximun en la zona que rodea á aquel pueblo.*".

Interpretación: En los cursos fluviales de las proximidades de Albuñuelas, que hacen aflorar el sustrato Serravaliesne formado por areniscas intensamente fracturadas, se pueden observar abundantes caídas de bloques con cicatrices de desprendimiento muy recientes (ver fotografías adjuntas), como es el caso del meandro del Cortijo de Rodello. Estas podrían coincidir con los efectos descritos por Orueta (1885) y Taramelli y Mercalli (1886).

Cuantificación: Debido al importante volumen de roca deslizada, la intensidad ESI-07 estimada para este efecto es VIII.



Fotografía general (superior) y de detalle (inferior) de la caída de bloques del Cortijo de Rodello (Albuñuelas).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas:

Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.
Taramelli, T. y Mercalli, G. (1886): Terremoti Andalusi. Reale Accademia dei Lincei. 222 págs.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.01.02 *01.02. Albuñuelas*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/9 

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Albuñuelas (Granada)	3°37'44.34"O	36°55'25.56"N	766 m	-	33,2 km	OESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera	Pendiente del terreno	Fuerte (10º-16º)
Descripción Geológica	Escarpe de cauce fluvial encajado formado por una planicie asociada a un relieve estructural de capas horizontales.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Limos, arenas y conglomerados	Arenas y limos	Estratificada	Consolidada	I (1,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Serravaliense	Messiniense	Sin datos	0,22	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	Efectos naturales EMS IX

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/9

Descripción: Las descripciones de época no dan datos concretos en relación a movimientos de ladera o caída de rocas en el entorno de Albuñuelas, pero si la descripción de Orueta (1885) no aporta datos concretos sobre movimientos de ladera, sí cita que los efectos empiezan a ser claramente visibles en torno a 5 km alrededor de Albuñuelas: *"El espacio entre Albuñuelas y Alhama ha experimentado relativamente muy pocos daños. La mayor parte de los edificios en él comprendidos se hayan en buen estado; pero á 5 kilómetros de Albuñuelas comienzan á verse señales de la violencia de las oscilaciones, que alcanzaron su máximun en la zona que rodea á aquel pueblo.". Sin embargo, Taramelli y Mercalli (1886) si describen un gran desprendimiento de rocas al S de Albuñuelas: "Pocos kilómetros al Sur de Albuñuelas, en las estribaciones de la Sierra de Guajaras, se ve la caída de grandes bloques de roca (uno de no menos de 30 m de alto) por el terremoto. Otros numerosos y grandísimos bloques caídos dan fe de la acción violenta de antiguos terremotos"*. Además de la descripción, aportan un grabado de época donde se diferencia claramente la cicatriz de cabecera de un gran movimiento en masa (ver imagen adjunta).

Interpretación: En los cursos fluviales de las proximidades de Albuñuelas, que hacen aflorar el sustrato Serravaliesne y Messiniense, formado por areniscas intensamente fracturadas, se pueden observar al menos 4 grandes fracturas que corresponden a varios escalones o fracturas intermedias de un gran deslizamiento. Estas fracturas tienen una dirección E-W y su longitud puede llegar hasta los 850 m de largo. Estos escalones marcan una dirección de movimiento hacia el N con una longitud de 250 m, abarcando un área total de 21 ha.

Cuantificación: Debido al importante volumen de roca deslizada, la intensidad ESI-07 estimada para este efecto es IX.



Deslizamiento de Albuñuelas: Grabado de Taramelli y Mercalli (1886); Fotografía actual (centro) y de detalle (inferior) de la cicatriz del deslizamiento (Archivo IAG).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas:

Fouqué, M.F. (1889): Mission D'Andalousie. Études relatives au tremblement de terre du 25 décembre 1884 et à la constitution géologique du sol ébranlé par les secousses. En: Mémoires à l'Académie des Sciences de l'Institut de France, Tomo XXX (2), Paris. 77 pp, 20 pl.

Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.

Taramelli, T. y Mercalli, G. (1886): Terremoti Andalusi, Cominciati il 25 Dicembre 1884. Reale Accademia dei Lincei. 222 págs.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.01.03 *01.03. Albuñuelas*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Daños diversos/9

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Albuñuelas (Granada)	3°37'57.06"O	36°55'39.06"N	733 m	0,06 km²	33,5 km	OESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Terraza fluvial	Pendiente del terreno	Suave (5-10%)
Descripción Geológica	Sistema de terrazas del Río Albuñuelas sobre el que se asienta la localidad del mismo nombre.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Limos, arenas y conglomerados	Derrubios y brechas cementadas	Estratificada	Consolidada	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Serravaliense	Cuaternario	Sin datos	0,22	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Casas de dos plantas	Muros de ladrillo y mampuesto	Algunas	Grave	IX EMS

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	DAÑOS DIVERSOS: EAE/9

Descripción: Orueta (1885) describe importantes daños en las construcciones de Albuñuelas: *"El terremoto comenzó aquí á las 8 y 46 minutos de Ja noche, durando unos 20 segundos. Este tiempo bastó para que dos de los tres barrios que componen el pueblo vinieron á tierra, quedando el terreno en completa ruina. Las víctimas ascienden á 190.La dirección de los choques horizontales, que compusieron la segunda de las dos series que se notaron, fué de NNO. á SSE."*. En las fotografías de época consultadas en el Archivo Municipal de Alhama de Granada y en el IAG, se puede observar que los muros de las casas arruinadas tienen un basculamiento hacia el NNW (ver fotografía adjunta). En la actualidad también es posible ver estos basculamientos que varían entre 15° y 20° hacia el NNW (dependiendo de la calle en la que se encuentren). En la actual calle de la Constitución son visibles estos basculamientos (ver imagen adjunta) en varias construcciones que no colapsaron con el terremoto y que fueron restauradas posteriormente.

Interpretación: El basculamiento que se observa tanto en las fotografías de época, como en las casas que resistieron el terremoto y que existen en la actualidad, indican que el sustrato donde se asienta giró entre 15° y 20° con respecto a la horizontal. La superficie donde se construyó Albuñuelas es una terraza del río del mismo nombre, por lo que estos basculamientos, paralelos a la dirección de la pendiente, se deben a varios deslizamientos rotacionales que afectaron a esta localidad. Estas rotaciones produjeron daños importantes en las construcciones que ya estaban dañadas por el paso de la onda sísmica. Por tanto, en este caso, un efecto geológico como son los deslizamientos rotacionales, potenciaron los daños producidos por el terremoto. Estos deslizamientos son muy importantes en la margen derecha del Río Albuñuelas (ver ficha HST 18841225.01.02.), mientras que los de la margen izquierda, que afectaron a Albuñuelas, son de menor entidad pero generaron importantes daños en esta localidad, aún visibles en la actualidad.

Cuantificación: La destrucción de la prácticamente totalidad de la localidad hace que la intensidad EMS98 otorgada a Albuñuelas fuese de IX, dado el daño producido en el patrimonio, las construcciones civiles y los deslizamientos rotacionales asociados la intensidad EAE se mantiene en IX.



Fotografía de época de la Plaza Mayor de Albuñuelas, en la que se pueden observar los edificios colapsados y basculados hacia el NNW (Archivo Municipal de Alhama de Granada). Fotografía actual en la que se aprecia dicho basculamiento en las casas que no llegaron a colapsar.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	IX	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas:

Fouqué, M.F. (1889): Mission D'Andalousie. Études relatives au tremblement de terre du 25 décembre 1884 et à la constitution géologique du sol ébranlé par les secousses. En: Mémoires à l'Académie des Sciences de l'Institut de France, Tomo XXX (2), Paris. 77 pp, 20 pl.

Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.02.01 *02.01. Alcaucín*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: SM/9 GK

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
02 / Alcaucín (Málaga)	4° 6'48.18"O	36°54'9.54"N	520 m	0,15 km²	16,5 km	NORESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera	Pendiente del terreno	Fuerte (15-30%)
Descripción Geológica	Pie de monte de relieve carbonático formado por derrubios.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Esquistos negros grafitosos con estaurolita y andalucita	Esquistos negros grafitosos con estaurolita y andalucita	Estratificada	Consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Paleozoico	Paleozoico (Mantos Alpujárrides)	Sin datos	0,22	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Casas de dos plantas	Muros de mampuesto	6	Grave	IX EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/9

Descripción: Orueta (1885) describe la aparición de grietas en el sustrato que afectan a las casas de dicha población. En la actualidad es posible identificar una lineación OSO-ENE en la zona del actual depósito de agua del pueblo que podría pertenecer a dicha grieta. La descripción de Domingo de Orueta (1885) es la siguiente: *"En Alcaucin empiezan á manifestarse fenómenos de dislocación que atestiguan la violencia de los choques. Se han formado varias grietas en el subsuelo de la población, algunas de las cuales tuve ocasión de medir; la mas importante comienza en la plaza y en el ángulo que forma la Iglesia con la Casa-Ayuntamiento atraviesa la plaza de OSO. á ENE., llega á la calle de Enmedio, á la cual corta normalmente y se pierde en la parte alta del pueblo. La intersección de esta grieta con la superficie del suelo es una curva muy sinuosa, que á veces se ramifica en sentido normal á su dirección media, dando lugar á pequeñas hendiduras parciales. Al llegar á la calle de En medio pasa por dos casas, a las cuales divide por completo en dos mitades, uno de dichos edificios conserva aun cuatro paredes, dos de las cuales, normales a la dirección de la grieta, muestran roturas perfectamente verticales que se corresponden con aquella y entre sí. A partir de la calle de Enmedio, siguiendo en sentido OSO. á ENE., vuelven á encontrarse destrozos debidos á la grieta, pero mucho menores que los producidos en la dicha calle. La longitud de la fractura desde la esquina de la iglesia hasta donde se borran por completo sus huellas es de unos 35 metros; su anchura máxima de 4 centímetros".*

Interpretación: Este efecto es claramente descrito en las crónicas de época con una dirección del plano de fractura OSO-ENE y una longitud de al menos 35m. Su dirección es perpendicular a la ladera, por lo que podemos descartar que esta grieta estuviese asociada a fenómenos de movimiento de ladera, interpretando la misma como una grieta en el sustrato generada directamente por la acción de las ondas sísmicas.

Cuantificación: La intensidad ESI-07 estimada para este efecto es IX.





Imagen de Google Earth con la disposición de la grieta descrita por Orueta (1885). El plano inferior es el realizado por el Instituto Geográfico y Estadístico en 1895 sobre la que se ha cartografiado la grieta con las descripciones de época.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas:

Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.
Orueta y Duarte, D. (1885): Relación de los terremotos de Andalucía. Act. Soc. Esp. Hist. Nat. XIV, 19-27.
Orueta y Duarte, D. (1885): Conferencia sobre los terremotos de Andalucía. Rev. Real. Soc. Geog. XVIII, 57-64.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.02.02 *02.02. Alcaucín*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Daños diversos/10

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
02 / Alcaucín (Málaga)	4° 6'50.97"O	36°54'8.87"N	506 m	0,3 km²	16,5 km	NORESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera	Pendiente del terreno	Fuerte (15-30%)
Descripción Geológica	Pie de monte de relieve carbonático formado por derrubios.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Esquistos negros grafitosos con estaurolita y andalucita	Esquistos negros grafitosos con estaurolita y andalucita	Estratificada	Consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Paleozoico	Paleozoico (Mantos Alpujárrides)	Sin datos	0,22	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Casas de dos plantas y muro de la Iglesia	Muros de mampuesto	Algunas	Grave	IX EMS

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	DAÑOS DIVERSOS: EAE/10

Descripción: Orueta (1885) describe importantes daños en las construcciones de Alcaucín, entre ellas la Iglesia que dice que ha sido completamente arruinada: "*En Alcaucin no ha quedado un solo edificio habitable; 22 casas se desplomaron por completo durante el primer terremoto, causando la muerte de seis personas è hiriendo de mucha gravedad á cinco. El resto de las casas permanece en piè, pero en tan mal estado que se hace necesaria su inmediata demolición: la Iglesia ha quedado completamente arruinada.*". La caída del muro que une la Iglesia con el Ayuntamiento se produjo hacia los N125ºE.

Interpretación: El colapso hacia los N125ºE está orientado según la llegada de la polarización de la onda s desde la zona del polje de Zafarraya, donde se produjo la ruptura superficial de la falla normal que produjo este terremoto (ver ficha HST 18841225.14.03); Por tanto, refleja la dirección media de movimiento del sustrato en esta localidad, sin que se pueda asignar a un efecto de movimiento de ladera.

Cuantificación: La destrucción de la prácticamente totalidad de la localidad hace que la intensidad EMS98 otorgada a Alcaucín fuese de IX, pero dado el daño producido en el patrimonio, con colapsos de la nave de la iglesia la intensidad EAE otorgada es X.



Fotografía de época del colapso del muro de unión de la Iglesia de Alcaucín con el Ayuntamiento en la plaza de esta localidad. El colapso se produjo hacia los N125ºE (Archivo del IAG, UG). Fotografía actual en la que se aprecian las importantes modificaciones que sufrió la Iglesia después del terremoto.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	X	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas:	Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.		
Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.02.03 *02.03. Alcaucín*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	ANOMALÍA HIDROGEOLÓGICA: HA/9

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
02 / Alcaucín (Málaga)	4° 6'43.33"O	36°54'11.49"N	562 m	0,15 km²	15,5 km	NORESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera-piedemonte formado por mármoles y derrubios	Pendiente del terreno	Fuerte (15-30%)
Descripción Geológica	Zona de falla de cabalgamiento de los Mantos Alpujárrides, formados por mármoles intensamente fracturados donde aparece el manantial que abastece a Alcaucín.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Esquistos negros grafitosos con estaurolita y andalucita	Mármoles	Estratificada	Consolidada	I (1,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Paleozoico	Triásico	Sin datos	0,22	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sin Datos	Sin Datos	Sin Datos	Sin Datos	IX EMS

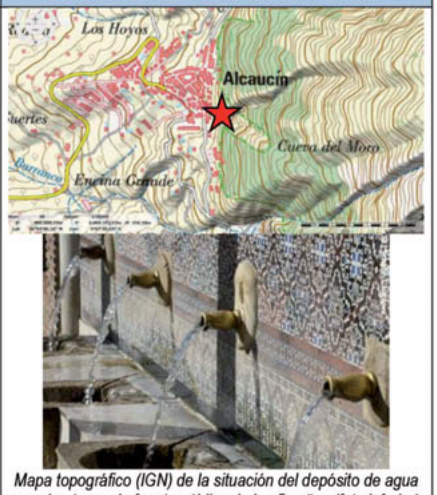
EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	DESECACIÓN TEMPORAL DE FUENTES: HA/9

Descripción: Se cuenta con la descripción histórica realizada por Orueta (1885): "*Las aguas del pueblo, que proceden de un manantial próximo, cesaron de correr inmediatamente después del primer terremoto y, pasada inedia hora, volvieron á presentarse sumamente turbias y en tal cantidad, que rompieron las cañerías é inundaron algunas calles: después han vuelto á su natural limpidez, pero sin haber disminuido nada del caudal aumentado, cuando menos hasta el dia 15 de Enero en que tuve ocasión de observarlas.*". Fouqué (1889) también menciona que "*Las fuentes se han vuelto turbias, su caudal ha variado; algunas se han desplazado.*".

Interpretación: La pérdida de caudal en la fuente pudo deberse a la aparición de grietas en el sustrato (ver ficha HST 18841225.02.01). El agua del manantial debió de infiltrarse a favor de estas grietas, tardando media hora en rellenarse el sistema que brotó de nuevo pero con mayor caudal, generando la rotura de tuberías y produciendo turbidez en el agua. Este último fenómeno pudo deberse a que el aumento de caudal pudo removilizar sedimentos y detritos alojados en las tuberías.

Cuantificación: El cambio temporal de turbidez se cuantifica a partir de una intensidad ESI07 superior a VI, mientras que la desecación temporal de fuentes tiene una intensidad mínima de VIII, además de haber tenido cambios bruscos de presión. Por este motivo, estimamos que la intensidad ESI07 asignable a este efecto es de IX.



Mapa topográfico (IGN) de la situación del depósito de agua que abastece a la fuente pública de los 5 caños (foto inferior), que se vio alterada durante el terremoto de 1884.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas:

Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.

Fouqué, M.F. (1889): Mission D'Andalousie. Études relatives au tremblement de terre du 25 décembre 1884 et à la constitution géologique du sol ébranlé par les secousses. En: Mémoires à l'Académie des Sciences de l'Institut de France, Tomo XXX (2), Paris. 77 pp, 20 pl.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME) y Guadalupe García Gutiérrez (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.02.04 *02.04. Alcaucín*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR		EFECTO	ANOMALÍA HIDROGEOLÓGICA: HA/9

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
02 / Alcaucín (Málaga)	4° 7'16.05"O	36°54'11.01"N	421 m	0,15 km²	16,7 km	NORESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Loma	Pendiente del terreno	Fuerte (15-30%)
Descripción Geológica	Loma formada por materiales más resistentes (calizas) a la erosión que los circundantes (areniscas y arcillas) que dan un relieve positivo.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calizas esparíticas con intraclastos	Calizas esparíticas con intraclastos	Estratificada	Consolidada	I (1,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Paleoceno-Eoceno	Paleoceno-Eoceno	Sin datos	0,22	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sin Datos	Sin Datos	Sin Datos	Sin Datos	IX EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	DESECACIÓN TEMPORAL DE FUENTES: HA/9

Descripción: Se cuenta con la descripción histórica realizada por Orueta (1885): "*Las aguas del pueblo, que proceden de un manantial próximo, cesaron de correr inmediatamente después del primer terremoto y, pasada inedia hora, volvieron á presentarse sumamente turbias y en tal cantidad, que rompieron las cañerías é inundaron algunas calles: después han vuelto á su natural limpidez, pero sin haber disminuido nada del caudal aumentado, cuando menos hasta el dia 15 de Enero en que tuve ocasión de observarlas. El mismo hecho ha ocurrido en la fuente llamada de Las Parras, situada en el extremo O. del pueblo y que se surte de un manantial distinto*". Fouqué (1889) también menciona que "*Las fuentes se han vuelto turbias, su caudal ha variado; algunas se han desplazado.*".

Interpretación: La pérdida de caudal en la fuente pudo deberse a la aparición de grietas en el sustrato (ver ficha HST 18841225.02.01). El agua del manantial debió de infiltrarse a favor de estas grietas.

Cuantificación: La desecación temporal de fuentes tiene una intensidad mínima de VIII, debiendo estar asociado a la aparición de grietas métricas en el sustrato. Por este motivo, estimamos que la intensidad ESI07 asignable a este efecto es de IX.



Imagen de Google Earth y Mapa topográfico (IGN) de la situación de la Fuente de las Parras, que se desecó temporalmente durante el terremoto de 1884.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas:

Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.
Fouqué, M.F. (1889): Mission D'Andalousie. Études relatives au tremblement de terre du 25 décembre 1884 et à la constitution géologique du sol ébranlé par les secousses. En: Mémoires à l'Académie des Sciences de l'Institut de France, Tomo XXX (2), Paris. 77 pp, 20 pl.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME) y Guadalupe García Gutiérrez (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.02.05 *02.05. Alcaucín*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR		EFECTO	ANOMALÍA HIDROGEOLÓGICA: HA/9	
Código /Localidad	**Longitud**	**Latitud**	**Altitud**	**Área localidad**	**Distancia epicentral**	**Orientación epicentro**	**Datos Macrosísmicos IGN** INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
02 / Alcaucín (Málaga)	4° 6'29.07"O	36°54'31.61"N	636 m	-	15,3 km	NORESTE	**IX-X EMS/ 6,5-7,5 M***

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera-piedemonte formado por mármoles y derrubios	**Pendiente del terreno**	Fuerte (15-30%)
Descripción Geológica	Zona de falla de cabalgamiento de los Mantos Alpujárrides, formados por mármoles intensamente fracturados donde aparece el manantial del Carrión Alto.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	**Litología materiales afectados**	**Estructura interna**	**Grado Consolidación**	**Terreno NCSE02 (C)**
Esquistos negros grafitosos con estaurolita y andalucita	Mármoles	Estratificada	Consolidada	I (1,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Paleozoico	Triásico	Sin datos	0,22	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	**Tipo de Estructura**	**Cantidad**	**Nivel de daño**	**INT. LOCAL EMS/ MSK**
Sin Datos	Sin Datos	Sin Datos	Sin Datos	IX EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	**Efecto Secundario**	**Tipo de Efecto ESI-07**	**DESECACIÓN TOTAL DE FUENTES: HA/9**

Descripción: Se cuenta con la descripción histórica realizada por Orueta (1885): "*Las aguas del pueblo, que proceden de un manantial próximo, cesaron de correr inmediatamente después del primer terremoto y, pasada inedia hora, volvieron á presentarse sumamente turbias y en tal cantidad, que rompieron las cañerías é inundaron algunas calles: después han vuelto á su natural limpidez, pero sin haber disminuido nada del caudal aumentado, cuando menos hasta el día 15 de Enero en que tuve ocasión de observarlas. El mismo hecho ha ocurrido en la fuente llamada de Las Parras, situada en el extremo O. del pueblo y que se surte de un manantial distinto. Contrasta con estos hechos el ocurrido en el manantial de Carrion alto, que corría en abundancia antes y se ha agotado completamente después del terremoto.*". Fouqué (1889) también menciona que "*Las fuentes se han vuelto turbias, su caudal ha variado; algunas se han desplazado.*".

Interpretación: La pérdida de caudal en la fuente pudo deberse a la aparición de grietas en el sustrato (ver ficha HST 18841225.02.01). El agua del manantial debió de infiltrarse a favor de estas grietas y no volvió a brotar tras el terremoto.

Cuantificación: La desecación temporal (en este caso total) de fuentes tiene una intensidad mínima de VIII, pero debe estar asociada a la aparición de grietas en el sustrato. Por este motivo estimamos que la intensidad ESI07 asignable a este efecto es de IX.



Imagen de Google Earth y Mapa topográfico (IGN) de la situación de la Fuente de las Parras, que se desecó temporalmente durante el terremoto de 1884.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	**IX**	**Calidad de los datos (Qg)**	**A**	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas:

Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.

Fouqué, M.F. (1889): Mission D'Andalousie. Études relatives au tremblement de terre du 25 décembre 1884 et à la constitution géologique du sol ébranlé par les secousses. En: Mémoires à l'Académie des Sciences de l'Institut de France, Tomo XXX (2), Paris. 77 pp, 20 pl.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME) y Guadalupe García Gutiérrez (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.03.01 *03.01. Alhama de Granada*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: SM/9 GK

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
03 / Alhama de Granada (Granada)	3°59'26.89"O	36°59'47.05"N	930 m	-	0,75 km	NORESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera	Pendiente del terreno	Muy fuerte (30-50%)
Descripción Geológica	Pequeño cauce de fondo plano que discurre a 45° con respecto al río Alhama, confluyendo el primero con el segundo en los Tajos de la localidad de Alhama de Granada.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calcarenitas bioclásticas y areniscas	Calcarenitas bioclásticas y areniscas	Estratificada	Consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno Superior (Tortoniense)	Mioceno Superior (Tortoniense)	Sin datos	0,23	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	IX EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/9

Descripción: Grietas perpendiculares y paralelas a la pendiente con aperturas de más de 0,5 m y longitudes que superan los 10 m. Este afloramiento se encuentra a 750 m al SO de la localización epicentral del IGN.

Interpretación: Este efecto se ha interpretado como una posible reactivación de un paleodeslizamiento anterior al terremoto. El mecanismo disparador debió de ser el terremoto de 1884, quedando aún fracturas abiertas claramente visibles sobre el terreno. Además, la disposición de algunas de estas fracturas perpendiculares a la pendiente discriminaría el mero efecto de deslizamiento como consecuencia de fenómenos de ladera.

Cuantificación: La intensidad ESI-07 estimada para este efecto es IX.



Red de fracturas abiertas paralelas y perpendiculares a la pendiente. La fotografía inferior es un detalle de la parte izquierda de la superior

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	G	*Efectos geológicos y/o ambientales observables en campo o mediante trincheras.*

Referencias bibliográficas:

Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.
Orueta y Duarte, D. (1885): Relación de los terremotos de Andalucía. Act. Soc. Esp. Hist. Nat. XIV, 19-27.
Orueta y Duarte, D. (1885): Conferencia sobre los terremotos de Andalucía. Rev. Real. Soc. Geog. XVIII, 57-64.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.03.02 *03.02. Alhama de Granada*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8 

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
03 / Alhama de Granada (Granada)	3°59'5.51"O	37° 0'11.65"N	840 m	-	0,38 km	SUR	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Cañón	Pendiente del terreno	Acantilado (>70%)
Descripción Geológica	Cañón del río Alhama a su paso por la localidad de Alhama de Granada en su parte sur. El cañón está formado por calizas bioclásticas tortonienses de estratificación horizontal.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calcarenitas bioclásticas y areniscas	Calcarenitas bioclásticas y areniscas	Estratificada	Consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno Superior (Tortoniense)	Mioceno Superior (Tortoniense)	Sin datos	0,23	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	IX EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8

Descripción: Domingo Orueta (1885) describe estas caídas de bloques y edificaciones en los Tajos: "*las casas próximas al tajo han sufrido más que las restantes y casi todas ellas cayeron al río, exceptuando, como ya dije, las que apoyan en el borde oriental, las cuales han experimentado relativamente poco daño*". La fotografía que ilustra esta ficha pertenece al archivo Municipal de Alhama de Granada.

Interpretación: La caída de grandes bloques de roca que se desprendieron del acantilado de Los Tajos, hizo que las edificaciones que había en su parte superior se precipitasen al fondo del valle. Se crearon conos de deyección de escombros generados por el colapso generalizado de las casas. Entre estos conos se pueden observar (ver foto adjunta) grandes bloques de roca de más de 30 m³.

Cuantificación: La intensidad ESI-07 estimada para este efecto es VIII.



Caída de bloques de roca y edificaciones en la zona de los Tajos (borde sur del casco antiguo de Alhama de Granada. Fotografía de época realizada desde los Huertecillos y perteneciente al Archivo Municipal de Alhama de Granada. Foto inferior, vista actual de Los Tajos.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas:

Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.
Orueta y Duarte, D. (1885): Relación de los terremotos de Andalucía. Act. Soc. Esp. Hist. Nat. XIV, 19-27.
Orueta y Duarte, D. (1885): Conferencia sobre los terremotos de Andalucía. Rev. Real. Soc. Geog. XVIII, 57-64.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.03.03 *03.03. Alhama de Granada*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA:SM/9 

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
03 / Alhama de Granada (Granada)	3°58'57.69"O	37° 0'10.20"N	859 m	-	0,35 km	SUR	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Cañón	Pendiente del terreno	Acantilado (>70%)
Descripción Geológica	Cañón del río Alhama a su paso por la localidad de Alhama de Granada en su parte sur. El cañón está formado por calizas bioclásticas tortonienses de estratificación horizontal.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calcarenitas bioclásticas y areniscas	Calcarenitas bioclásticas y areniscas	Estratificada	Consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno Superior (Tortoniense)	Mioceno Superior (Tortoniense)	Sin datos	0,23	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	IX EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/9

Descripción: Domingo Orueta (1885) describe estas caídas de bloques y edificaciones en los Tajos: "*las casas próximas al tajo han sufrido más que las restantes y casi todas ellas cayeron al río, exceptuando, como ya dije, las que apoyan en el borde oriental, las cuales han experimentado relativamente poco daño*". En este caso los bloques observados se encuentran en los Tajos al lado contrario de la localidad de Alhama de Granada, sin afectar a las casas, por lo que no fueron descritos por este autor.

Interpretación: El efecto topográfico de amplificación de onda que supusieron los acantilados de Los Tajos, hizo que se desprendiesen grandes bloques de roca. En este punto las cicatrices presentan un aspecto fresco de rotura reciente, con muy baja colonización por líquenes, por lo que se han asignado a este terremoto histórico. Los bloques de roca desprendidos pueden llegar a superar los 700 m³.

Cuantificación: La intensidad ESI-07 estimada para este efecto es IX.



Caída de bloques de roca en Los Tajos en el borde sur del casco antiguo de Alhama de Granada. Fotografía superior vista desde Alhama hacia el SE y la inferior desde el interior de Los Tajos en la cara opuesta del acantilado del cañón donde se asienta Alhama.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	G	*Efectos geológicos y/o ambientales observables en campo o mediante trincheras.*

Referencias bibliográficas:

Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.
Orueta y Duarte, D. (1885): Relación de los terremotos de Andalucía. Act. Soc. Esp. Hist. Nat. XIV, 19-27.
Orueta y Duarte, D. (1885): Conferencia sobre los terremotos de Andalucía. Rev. Real. Soc. Geog. XVIII, 57-64.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.03.04 *03.04. Alhama de Granada*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8 

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
03 / Alhama de Granada (Granada)	3°59'10.80"O	36°59'51.60"N	871 m	0 km²	0,38 km	NORESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Cañón	Pendiente del terreno	Acantilado (>70%)
Descripción Geológica	Cañón del Río Alhama con un encajamiento de más de 75 m.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calcarenitas bioclásticas y areniscas	Calcarenitas bioclásticas y areniscas	Estratificada	Consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno Superior (Tortoniense)	Mioceno Superior (Tortoniense)	Sin datos	0,23	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	IX EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8

Descripción: Domingo Orueta (1885) describe estas caídas de bloques y edificaciones en los Tajos: "*las casas próximas al tajo han sufrido más que las restantes y casi todas ellas cayeron al río, exceptuando, como ya dije, las que apoyan en el borde oriental, las cuales han experimentado relativamente poco daño*". En este caso correspondería a caídas de bloques al S de la localidad de Alhama, que no afectó ni a construcciones ni a huertos, por lo que no hay descripciones específicas de este punto, pero sí a nivel general en toda la zona de Los Tajos.

Interpretación: El efecto topográfico de amplificación de onda que supusieron los acantilados de Los Tajos hizo que se desprendiesen grandes bloques de roca. En este punto las cicatrices presentan un aspecto fresco de rotura reciente, con muy baja colonización por líquenes, por lo que se han asignado a este terremoto histórico.

Cuantificación: Debido al importante volumen de roca deslizada, la intensidad ESI-07 estimada para este efecto es VIII.



Caída de bloques de roca en Los Tajos, al sur de la localidad de Alhama (cañón del río Alhama).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	G	*Efectos geológicos y/o ambientales observables en campo o mediante trincheras.*

Referencias bibliográficas:

Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.
Orueta y Duarte, D. (1885): Relación de los terremotos de Andalucía. Act. Soc. Esp. Hist. Nat. XIV, 19-27.
Orueta y Duarte, D. (1885): Conferencia sobre los terremotos de Andalucía. Rev. Real. Soc. Geog. XVIII, 57-64.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.03.05 *03.05. Alhama de Granada*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/10 SM

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
03 / Alhama de Granada (Granada)	3°59'11.27"O	36°59'44.29"N	876 m	0 km²	0,59 km	NORESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Cañón	Pendiente del terreno	Acantilado (>70%)
Descripción Geológica	Cañón del Río Alhama con un encajamiento de más de 75 m.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calcarenitas bioclásticas y areniscas	Calcarenitas bioclásticas y areniscas	Estratificada	Consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno Superior (Tortoniense)	Mioceno Superior (Tortoniense)	Sin datos	0,23	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	IX EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/10

Descripción: Domingo Orueta (1885) describe estas caídas de bloques y edificaciones en los Tajos: "*las casas próximas al tajo han sufrido más que las restantes y casi todas ellas cayeron al río, exceptuando, como ya dije, las que apoyan en el borde oriental, las cuales han experimentado relativamente poco daño*". En este caso correspondería a caídas de bloques al S de la localidad de Alhama, que no afectó ni a construcciones ni a huertos, por lo que no hay descripciones específicas de este punto, pero sí a nivel general en toda la zona de Los Tajos. Esta caída de bloques generó un represamiento del cauce del río, visible en fotografías de época, como la que se adjunta en esta ficha. En la actualidad no es posible contemplar el mismo paisaje que en 1884 debido al aumento de la vegetación (ver foto adjunta), pero sí es posible ver el deslizamiento andando a pie entre la vegetación. Con posterioridad, el represamiento fue consolidado con muros de hormigón, visibles en la actualidad, para estabilizar la presa natural generada durante el terremoto y abastecer de agua a los ingenios harineros que se desarrollaron aguas abajo en el entorno de Alhama.

Interpretación: El efecto topográfico de amplificación de onda que supusieron los acantilados de Los Tajos hizo que se desprendiesen grandes bloques de roca. En este punto las cicatrices presentan un aspecto fresco de rotura reciente, con muy baja colonización por líquenes, por lo que se han asignado a este terremoto histórico.

Cuantificación: Debido al importante volumen de roca deslizada la intensidad ESI-07 estimada para este efecto es X.



Caída de bloques de roca en Los Tajos. Fotografía de época perteneciente al Archivo Municipal de Alhama de Granada.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	X	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas:

Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.
Orueta y Duarte, D. (1885): Relación de los terremotos de Andalucía. Act. Soc. Esp. Hist. Nat. XIV, 19-27.
Orueta y Duarte, D. (1885): Conferencia sobre los terremotos de Andalucía. Rev. Real. Soc. Geog. XVIII, 57-64.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.03.06 *03.06. Alhama de Granada*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/9 

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
03 / Alhama de Granada (Granada)	3°59'1.51"O	37° 1'2.06"N	790 m	-	1,9 km	NORESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Cañón	Pendiente del terreno	Acantilado (>70%)
Descripción Geológica	Cañón del río Alhama al norte de Alhama de Granada. Relieve carbonatado con calizas plegadas.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calizas	Calizas con sílex, nodulosas, margocalizas y margas	Estratificada	Consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Jurásico	Jurásico	Sin datos	0,23	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	IX EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/9

Descripción: Durante el terremoto de 1884 se produjeron caídas de bloques en todo el cañón del río Alhama. Domingo de Orueta (1885) describe tan solo las que afectaron al casco histórico de Alhama de Granada. Sin embargo, estos deslizamientos y caídas de bloques sí que fueron documentados por los fotógrafos de época, con es este caso (ver fotografías adjuntas). Este deslizamiento y caída de bloques se produjo en el camino (actualmente una carretera) que unía Alhama de Granada con su Balneario, donde se alojó el Rey Alfonso XII y los periodistas que cubrieron el terremoto y el viaje del rey. Esta fotografía se encuentra en el archivo del Instituto Andaluz de Geofísica (IAG) y en ella se puede observar claramente un deslizamiento rocoso en primer plano y el desgajamiento de un gran bloque de calizas jurásicas, que fue el motivo principal que retrató el fotógrafo de época.

Interpretación: El efecto topográfico de amplificación de onda que supusieron los acantilados del cañón del río Alhama en el norte de la localidad de Alhama de Granada hizo que se desprendiesen grandes bloques de roca. Este bloque en cuestión supera los 15 m de altura con forma piramidal y unos 10 x 10 m de base (1500 m³).

Cuantificación: Debido al importante volumen de roca deslizada la intensidad ESI-07 estimada para este efecto es IX.



Caída de bloques de roca en Los Tajos. Fotografía de época perteneciente al Archivo del Instituto Andaluz de Geofísica (IAG). Fotografía actual del deslizamiento.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas:

Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.

Ramos Espejo, A. (2007): Entre iguales: un rey y un periodista. Alfonso XII y Seco de Lucena en los Terremotos de Andalucía. Ed. Colección Granada Ámbito Cultural. Ogíjares (Granada). 157 pp.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.03.07 *03.07. Alhama de Granada*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Daños diversos/10

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
03 / Alhama de Granada (Granada)	3°59'9.78"O	37° 0'12.96"N	878 m	0,3 km²	0,48 km	SURESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Relieve rocoso en la cara interna de un meandro	Pendiente del terreno	Moderada (15%)
Descripción Geológica	Cara interna del meandro del Cañón del río Alhama a su paso por la localidad de Alhama de Granada. Los bordes de este meandro muy encajado son conocidos como Los Tajos, y está formado por calizas bioclásticas tortonienses de estratificación subhorizontal.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calcarenitas bioclásticas y areniscas	Calcarenitas bioclásticas y areniscas	Estratificada	Consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno Superior (Tortoniense)	Mioceno Superior (Tortoniense)	Sin datos	0,23	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería	Torre del campanario de la Iglesia Mayor de la Encarnación	Múltiples (>50%)	Grave	IX EMS

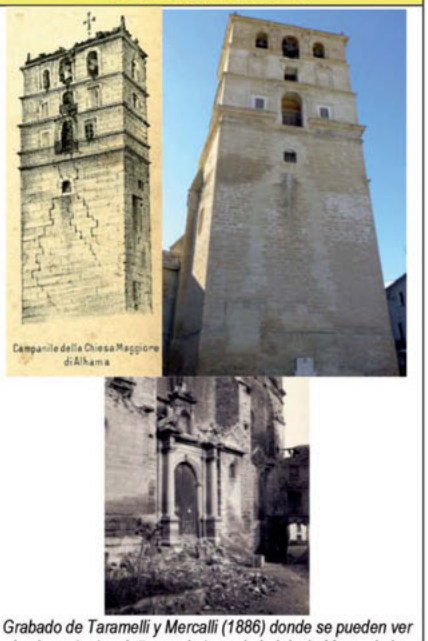
EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	DAÑOS DIVERSOS: EAE/10

Descripción: Los daños en Alhama de Granada fueron muy importantes describiéndose en la época con cuantiosos daños, como en las descripciones de Orueta (1885), con 1000 casas derruidas, 500 heridos y 330 muertos, aunque afirma que a 20 de enero (de 1885) aún no se sabía el número real de víctimas. Dos meses después del terremoto, el diario de Granada El Defensor publica que el 65% de las viviendas de Alhama fueron destruidas y, en la actualidad, los estudios históricos realizados cifran el número de muertos en Alhama cerca de los 1000 fallecidos (Ramos Espejo, 2007). Esto da idea del intenso grado de destrucción que sufrió la localidad. Orueta describe así los efectos en la Iglesia y en la localidad: "*El reloj de la Iglesia se paró á causa de los primeros choques á las 8 y 55 minutos de la noche del 25, inciadon así la hora en que se manifestó el fenómeno. La duración fue aproximadamente de 20 segundos y se notaron muy bien dos series separadas por un segundo de reposo: la primera formada por algunos choques verticales de poca violencia y escasa duración; en tanto que la segundase compuso de sacudidas horizontales rápidamente crecientes hasta llegar a las últimas á adquirir extraordinaria intensidad; su dirección fue de N. á S. y así lo denotan no solo la direccion de los muros caidos, sino tambien el hecho de que las casas apoyadas en los bordes septentrional y meridional del tajo han sido derruidas y precipitadas al rio en su mayor parte, mientas que las existentes en el borde oriental han resistido mucho mejor. Esto no se explica sino es por que la meseta osciló de N. á S.*" Taramelli y Mercalli realizan dibujos muy buenos de los efectos del terremoto en algunos edificios de Alhama, como es el caso de la torre de la iglesia (ver dibujo adjunto), pero citan a Orueta a la hora de describir los efectos. En la actualidad es posible observar varios EAEs: 1) caídas y marcas de impacto de bloques hacia los N150E, foto antigua y actual; 2) claves caídas de arco en campanario (N150ºE) foto antigua, actualmente reparado y 3) grietas penetrativas y desplazamientos en bloques de sillería en el muro N150E del campanario, obtenido de fotos antiguas, dibujos de época y actualidad.

Interpretación: Es clara la orientación media de movimiento del sustrato hacia los N150ºE que marcan los EAEs en el edificio de la Iglesia Mayor, aunque las descripciones históricas citan movimientos medios N-S. La orientación N060ºEn del meandro donde se asienta la parte antigua de Alhama condicionó que el movimiento en esta zona fuese perpendicular al relieve, generando los daños principales en muros orientados N150E y colapsos en los perpendiculares.

Cuantificación: La destrucción del 65% de la localidad hace que la intensidad EMS98 otorgada a Alhama de Granada fuese de IX, pero dado el daño producido en el patrimonio, con colapsos de naves de iglesias, la intensidad EAE otorgada es X.



Grabado de Taramelli y Mercalli (1886) donde se pueden ver los importantes daños en la torre de la Iglesia Mayor de la Encarnación y su aspecto actual. En la foto inferior se observan las caídas orientadas hacia los N150ºE (Archivo Casa de los Tiros, Granada; Junta de Andalucía).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	X	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas:

Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.
Ramos Espejo, A. (2007): Entre iguales: un rey y un periodista. Alfonso XII y Seco de Lucena en los Terremotos de Andalucía. Ed. Colección Granada Ámbito Cultural. Ogíjares (Granada). 157 pp.
Taramelli, T. y Mercalli, G. (1886): Terremoti Andalusi. *Cominciati il 25 Dicembre 1884*. Reale Accademia dei Lincei. 222 págs.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.03.08 *03.08. Alhama de Granada*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Daños diversos/10

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
03 / Alhama de Granada (Granada)	3°59'13.23"O	37° 0'10.62"N	878 m	0,3 km²	0,5 km	SURESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Relieve rocoso en la cara interna de un meandro	Pendiente del terreno	Moderada (15%)
Descripción Geológica	El cañón del río Alhama a su paso por la localidad de Alhama de Granada deja a esta localidad en la cara interna de un meandro. Los bordes de este meandro muy encajado son conocidos cono Los Tajos y está formado por calizas bioclásticas tortonienses de estratificación horizontal.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calcarenitas bioclásticas y areniscas	Calcarenitas bioclásticas y areniscas	Estratificada	Consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno Superior (Tortoniense)	Mioceno Superior (Tortoniense)	Sin datos	0,23	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería y mampuesto	Casco antiguo (época islámica) de Alhama de Granada	Múltiples (>65%)	Grave	IX EMS

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	DAÑOS DIVERSOS: EAE/10

Descripción: Dos meses después del terremoto, el diario de Granada El Defensor publica que el 65% de las viviendas de Alhama fueron destruidas y, en la actualidad, los estudios históricos realizados cifran el número de muertos en Alhama cerca de los 1000 fallecidos (Ramos Espejo, 2007). Los daños en Alhama de Granada fueron muy importantes describiéndose en la época con cuantiosos daños, como en las descripciones de Orueta (1885), con 1000 casas derruidas, 500 heridos y 330 muertos, aunque afirma que a 20 de enero (de 1885) aún no se sabía el número real de víctimas (ver Ficha HST 18841225.01.07) En la actualidad es posible observar un gran número de EAEs, especialmente en las construcciones históricas de interés patrimonial, que pervivieron al terremoto y en los bloques de sillería que componen los dinteles de la entrada de la puerta principal en las casas del casco antiguo (de época Islámica). Este casco antiguo limita al norte y al sur por los acantilados del río Alhama.

Interpretación: El efecto sitio en el casco antiguo de Alhama es claro, ya que la topografía hace que limite tanto al N como al S por sendos acantilados, quedando en la cara interna del meandro que el río Alhama ha excavado en esta zona. Esto hace que la mayoría de las orientaciones de movimiento medio del sustrato obtenidas mediante el análisis de los EAEs sea N150ºE, perpendicular al relieve donde se asienta este casco antiguo.

Cuantificación: La destrucción del 65% de la localidad hace que la intensidad EMS98 otorgada a Alhama de Granada fuese de IX, pero dado el daño producido en el patrimonio, con colapsos de naves de iglesias la intensidad EAE otorgada es X.



Fotografía de época "Callejón y ruinas del Tajo, visto desde aquel por su parte alta" (Archivo Municipal de Alhama de Granada). Bloques de sillería desplazados en un balcón de una casa de El Paseo.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	X	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas:

Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.

Ramos Espejo, A. (2007): Entre iguales: un rey y un periodista. Alfonso XII y Seco de Lucena en los Terremotos de Andalucía. Ed. Colección Granada Ámbito Cultural. Ogíjares (Granada). 157 pp.

Taramelli, T. y Mercalli, G. (1886): Terremoti Andalusi. *Cominciati il 25 Dicembre 1884.* Reale Accademia dei Lincei. 222 págs.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.03.09 *03.09. Alhama de Granada*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Daños diversos/10

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
03 / Alhama de Granada (Granada)	3°59'27.99"O	37° 0'0.77"N	900 m	0,3 km²	0,55 km	SURESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Relieve rocoso paralelo al plano de estratificación	Pendiente del terreno	Moderada (15%)
Descripción Geológica	Zona de relieve estructural paralelo a la estratificación que tiene como media un buzamiento entre 5°-10°.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calcarenitas bioclásticas y areniscas	Calcarenitas bioclásticas y areniscas	Estratificada	Consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno Superior (Tortoniense)	Mioceno Superior (Tortoniense)	Sin datos	0,23	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería y mampuesto	Zona moderna de Alhama de Granada	Múltiples (>65%)	Grave	IX EMS

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	DAÑOS DIVERSOS: EAE/10

Descripción: Dos meses después del terremoto, el diario de Granada El Defensor publica que el 65% de las viviendas de Alhama fueron destruidas y, en la actualidad, los estudios históricos realizados cifran el número de muertos en Alhama cerca de los 1000 fallecidos (Ramos Espejo, 2007). Los daños en Alhama de Granada fueron muy importantes describiéndose en la época con cuantiosos daños, como en las descripciones de Orueta (1885), con 1000 casas derruidas, 500 heridos y 330 muertos, aunque afirma que a 20 de enero (de 1885) aún no se sabía el número real de víctimas (ver Fichas HST18841225.01.07 y HST18841225.01.08). En la actualidad es posible observar un gran número de EAEs, especialmente en los bloques de sillería que componen los dinteles de la entrada de la puerta principal en las casas del casco moderno (posterior a la época Islámica). Este casco moderno no está limitado por acantilados como el antiguo, aun y así mantiene pendientes que pueden estar entre el 15 y el 20%. Existe una gran cantidad de fotografías de época de este barrio nuevo, donde se puede observar la ruina total de algunas de sus calles.

Interpretación: En este caso, la mayoría de las orientaciones de movimiento medio del sustrato obtenidas mediante el análisis de los EAEs es N060ºE, perpendicular a las obtenidas en el casco antiguo de Alhama. Esto se debe a que esta zona no está condicionada por el efecto sitio topográfico de Los Tajos, como sí ocurría en el casco antiguo. Esta dirección sí indica la localización epicentral hacia la zona del polje de Zafarraya.

Cuantificación: La destrucción del 65% de la localidad hace que la intensidad EMS98 otorgada a Alhama de Granada fuese de IX, pero dado el daño producido en el patrimonio, con colapsos de naves de iglesias la intensidad EAE otorgada es X.



Fotografías de época del casco moderno de Alhama de Granada. Foto superior: "Vista de la calle de Enciso, tomada desde el Convento de Santa Clara". Foto Inferior: "Vista de la calle del Agua y de la de S. Diego, tomada desde la primera". (Archivo municipal de Alhama de Granada).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	X	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas:

Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.
Ramos Espejo, A. (2007): Entre iguales: un rey y un periodista. Alfonso XII y Seco de Lucena en los Terremotos de Andalucía. Ed. Colección Granada Ámbito Cultural. Ogijares (Granada). 157 pp.
Taramelli, T. y Mercalli, G. (1886): Terremoti Andalusi. *Cominciati il 25 Dicembre 1884.* Reale Accademia dei Lincei. 222 págs.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.03.10 *03.10. Alhama de Granada*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Daños diversos/10

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
03 / Alhama de Granada (Granada)	3°59'20.71"O	37° 0'29.12"N	900 m	0,3 km²	0,55 km	SURESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Relieve rocoso paralelo al plano de estratificación	Pendiente del terreno	Fuerte (30%)
Descripción Geológica	Ladera formada por arcillas plásticas con pendientes que pueden llegar al 30%.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Lutitas ocres con niveles detríticos	Lutitas ocres	Masiva	Consolidada	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno Superior (Tortoniense)	Mioceno Superior (Tortoniense)	Sin datos	0,23	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Enterramientos y nichos	Zona moderna de Alhama de Granada	Múltiples (>65%)	Grave	IX EMS

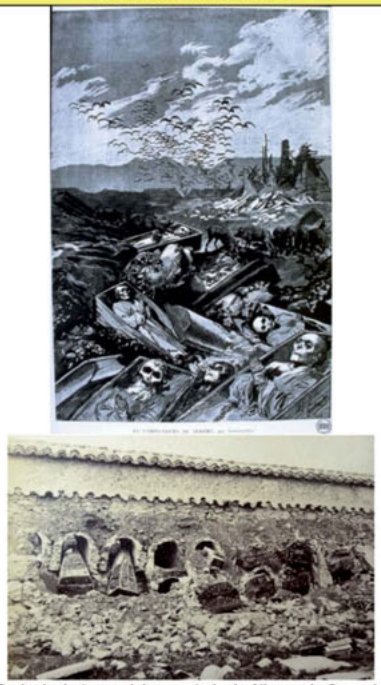
EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	DAÑOS DIVERSOS: EAE/10

Descripción: El antiguo cementerio de Alhama de Granada, hoy desaparecido y ocupado por el campo de fútbol del Instituto de Educación Secundaria IES Alhama, sufrió importantísimos daños, lo que llevó a trasladarlo a otra posición tras el terremoto. Las descripciones de época no dejan lugar a dudas que los efectos fueron importantes en dicho cementerio, así Flammarión (1901-1930) describe así los daños: "*Cuando se descubría un muerto bajo los escombros, el padre, la madre, el marido o los hijos se lanzaban sobre el cuerpo llorando y recogían sus miembros, llevándolos al cementerio. Pero este tampoco había sido respetado* (por el terremoto). *La sacudida había lanzado los ataúdes fuera del suelo, y los restos humanos permanecían esparcidos en la tierra, lanzando un hedor insoportable*". Este dantesco panorama quedó reflejado por la prensa de la época (ver grabado adjunto) mediante grabados muy expresivos acompañados de la siguiente leyenda: *"Coffins opened by the earthquake, cadavers being eaten by wild pigs."*. En fotografías de época se han podido identificar los daños en los nichos, pero no en las tumbas excavadas en la tierra (ver fotografía adjunta).

Interpretación: El hecho de que los materiales sobre los que se asentaba el cementerio de Alhama sean arcillas plásticas hace interpretar que los daños fueron amplificados por estos sedimentos, que por otro lado deberían estar empapados en agua en esta época del año. Así que se pudieron generar pequeñas lenguas de deslizamiento (el cementerio se encuentra en una pendiente de aproximadamente del 30%) que sacaron a la superficie los ataúdes enterrados en el suelo, como se puede observar en los grabados. Estos microdeslizamientos se generan en la actualidad en los campos de cultivo aledaños al antiguo cementerio, por lo que posiblemente se vieron potenciados por efectos del terremoto. De esta manera, la falta de arenas y la presencia masiva de arcillas plásticas hace que queden descartados posibles efectos de licuefacción que pudiesen sacar a flote los ataúdes.

Cuantificación: La destrucción del 65% de la localidad hace que la intensidad EMS98 otorgada a Alhama de Granada fuese de IX, pero dado el daño producido en el patrimonio, con colapsos de naves de iglesias la intensidad EAE otorgada es X.



Grabado de época del cementerio de Alhama de Granada: (National Information Service for Earthquake Engineering, University of California, Berkeley). Ataúdes extraídos de sus nichos en el antiguo cementerio de Alhama de Granada (Archivo de la Casa de los Tiros, Junta de Andalucía).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	X	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas:	Flammarión, C. (1901-1930): Los Terremotos. Tomo I.125 pags.		
Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.03.11 *03.11. Alhama de Granada*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR		EFECTO	ANOMALÍA HIDROGEOLÓGICA: HA/9

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
03 / Alhama de Granada (Granada)	3°56'48.00"O	36°54'55.20"N	1155 m	-	10,2 km	NORTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Cauce fluvial en frente montañoso	Pendiente del terreno	Suave (10-15%)
Descripción Geológica	Cauce fluvial que discurre sobre mármoles plegados e intensamente fracturados. El manantial se sitúa junto a la traza superficial de la ruptura cosísmica de la falla de Zafarraya generada por el terremoto de 1884.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Mármoles con biotitas y frecuentes intercalaciones de micaesquistos	Mármoles con biotitas y frecuentes intercalaciones de micaesquistos	Estratificada	Consolidada	I (1,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Triásico	Sin datos	0,23	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sin Datos	Sin Datos	Sin Datos	Sin Datos	IX EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	DESECACIÓN TEMPORAL DE FUENTES: HA/9

Descripción: Se cuenta con la descripción histórica realizada por Orueta (1885): "*En el citado rio Marchan ha ocurrido un hecho notable. Nace este rio en un manantial situado á 8 kilómetros de Alhama en la base de una ramificación de Sierra Tejeda: desde pocas lloras después del terremoto se notó que el rio disminuía lentamente ele caudal quedándose completamente seco en la mañana del 26; reconocido el manantial, se vio que habia cesado de brotar; unas cuantas horas después se presentó un nuevo manantial como á 100 metros del antiguo, y pasados algunos dias reapareció este, pero sin que el nuevo se suspendiera.*".

Interpretación: La interpretación de este tipo de fenómenos en la zona podría estar asociada a la traza de la ruptura superficial de la falla de Zafarraya responsable del terremoto de 1884. Esta falla normal recorre la base de la sierra de Tejeda hasta adentrarse en la zona con relieve, y quedaría a escasos 500 m del nacimiento del río Marchán, ahora conocido como río Alhama. Esta ruptura pudo producir una variación en las líneas de flujo del acuífero desplazando su intersección con la superficie y por tanto secando el manantial que da lugar al nacimiento del río.

Cuantificación: Los cambios físicos en manantiales tienen una intensidad mínima de VIII, pero asociado en este caso a una ruptura superficial de la falla que generó el terremoto. Por este motivo estimamos que la intensidad ESI07 asignable a este efecto es de IX.



Mapa topográfico (IGN) con la situación del nacimiento del río Alhama. El trazo en negro del oeste es la ruptura superficial de la falla de Zafarraya durante el terremoto de 1884.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas:	Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.		
Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.03.12 *03.12. Alhama de Granada*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR		EFECTO	ANOMALÍA HIDROGEOLÓGICA: HA/8	
Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
03 / Alhama de Granada (Granada)	3°59'52.32"O	36°59'1.50"N	997 m	-	2,2 km	NORESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera	Pendiente del terreno	Suave (10-15%)
Descripción Geológica	Conglomerados, areniscas y limos plegados afectados por una falla normal la cual es el origen del manantial afectado por la variación de caudal durante el terremoto.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Conglomerados, areniscas y limos	Conglomerados, areniscas y limos	Estratificada	Consolidada	I (1,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Messiniense	Messiniense	Sin datos	0,23	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sin Datos	Sin Datos	Sin Datos	Sin Datos	IX EMS

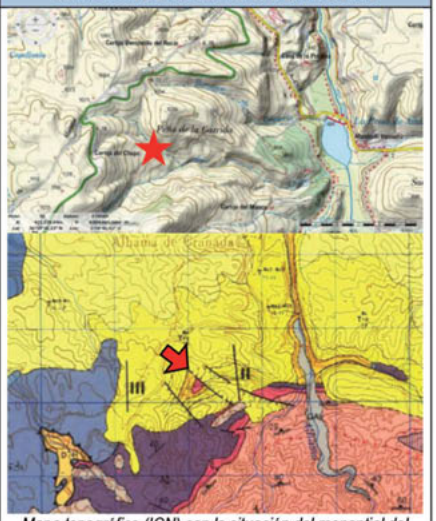
EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	VARIACIÓN DE CAUDAL DE FUENTES: HA/8

Descripción: La variación en el caudal del manantial del cortijo del Chopo se cuenta con la descripción histórica realizada por Orueta (1885): "*El manantial del Chopo, próximo á Alhama, ha variado también su punto de inmergencia. Algunos han cesado desde la noche del 25, y otros, por el contrario, han aumentado de caudal en mayor ó menor cantidad. Es notable que las conmociones, que variaron el curso subterráneo de estas aguas, no se hayan traducido en la superficie del terreno cercano á las fuentes por desprendimientos ó grietas, como ha sucedido en otros puntos de la jurisdicción de Alhama.*".

Interpretación: El hecho de que, como el propio Orueta indica, las variaciones de caudal en este manantial no están asociadas a grietas o desprendimientos apoya la hipótesis de la influencia de la falla normal a la que está asociado, la cual posiblemente variase su estado tensional como consecuencia del terremoto, generando variaciones en las líneas de flujo y caudal.

Cuantificación: Los cambios físicos en manantiales tienen una intensidad mínima de VIII. Por este motivo, estimamos que la intensidad ESI07 asignable a este efecto es de VIII.



Mapa topográfico (IGN) con la situación del manantial del cortijo del Chopo, cuyo caudal se vio alterado por el terremoto de 1884. Mapa geológico con la ubicación del manantial del cortijo del Chopo, asociado a una falla normal que afecta a materiales cenozoicos.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas:	IGME (1978): Hoja 1040. Zafarraya. Instituto Geológico y Minero de España. Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.		
Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.03.13 *03.13. Alhama de Granada*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	ANOMALÍA HIDROGEOLÓGICA: HD/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
03 / Alhama de Granada (Granada)	3°58'45.54"O	37° 1'18.36"N	779 m	-	2,5 km	SUR	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura de inundación del río Alhama	Pendiente del terreno	Suave (10-15%)
Descripción Geológica	Llanura de inundación del río Alhama formada por materiales no consolidados (arenas y gravas) que se superponen a calizas carstificadas jurásicas.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calizas, calizas con sílex, nodulosas, margocalizas y margas	Aluvial y terrazas aluviales	Estratificada	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Jurásico	Holoceno	Sin datos	0,23	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sin Datos	Sin Datos	Sin Datos	Sin Datos	IX EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	DESECACIÓN TEMPORAL DE FUENTES: HD/8

Descripción: En este caso, la descripción realizada por Orueta (1885) sobre efectos hidrológicos incluye tanto variaciones en el caudal, como en la temperatura y quimismo del agua: "*El fenómeno mas curioso de todos los observados es el que ha ocurrido en el manantial termal de los Baños, que dista unos 3 kilómetros de Alhama. Cesó de correr inmediatamente después del primer terremoto, para renacer pasadas cuatro horas, pero modificado en varios de sus caracteres: las aguas comenzaron á salir muy turbias y en escasa cantidad; se fueron aclarando lentamente y aumentando de caudal con tal rapidez, que á las 5 de la madrugada del 26 no bastaba á contenerlas la pila y rebosaron, alcanzando un nivel 50 centímetros mas alto que el que tenían antes del fenómeno; su temperatura ha ascendido 2° centígrados, y tanto esta modificación como la anterior han permanecido constantes, cuando menos hasta el dia 21 de Enero en que tuve ocasión de observarlas. Las aguas, sin perder las propiedades alcalinas que las caraterizaban, han adquirido la de ser sulfhídricas en alto grado.*"

Interpretación: La traza N-S del río Alhama ha alojado otros dos efectos hidrológicos, así como la aparición de nuevos manantiales (Ver ficha HIST 1884.03.15). Es posible que la alineación N-S por donde discurre el río Alhama esté relacionada con una banda de deformación asociada a un desgarre de esta misma dirección. El terremoto pudo generar variaciones temporales del régimen de esfuerzos o fracturación asociada a esta zona, con las consiguientes alteraciones en los acuíferos de esta banda. Algunas de estas alteraciones son efímeras, como es el caso de este manantial termal en las proximidades de Santa Cruz del Comercio.

Cuantificación: Los cambios físicos y químicos en manantiales tienen una intensidad mínima de VIII pudiendo llegar a X. Estimamos que la intensidad ESI07 asignable a este efecto es de VIII.





Mapa de localización del manantial de los Baños (mapa IGN). Edificio del Balneario de Alhama, situado junto a los Baños de Alhama. Fotografía de época tomada días después del terremoto de 1884 (Archivo del Instituto Andaluz de Geofísica, IAG).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas:	Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.		
Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.03.14 *03.14. Alhama de Granada*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR		EFECTO	ANOMALÍA HIDROGEOLÓGICA: HA/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
03 / Alhama de Granada (Granada)	3°58'5.16"O	37° 1'15.30"N	938 m	-	2,5 km	SUR	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Valle fluvial del río Alhama	Pendiente del terreno	Moderada (10-15%)
Descripción Geológica	Llanura de inundación del río Alhama formada por materiales no consolidados (arenas y gravas) que se superponen a calizas carstificadas jurásicas.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Lutitas con niveles detríticos	Lutitas ocres y azuladas con intercalaciones de calizas y areniscas	Estratificada	Sin consolidar	III (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Tortoniense	Turoliense superior	Sin datos	0,23	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sin Datos	Sin Datos	Sin Datos	Sin Datos	IX EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	APARICIÓN DE NUEVO MANANTIAL: HA/8

Descripción: La descripción realizada por Orueta (1885): *"Además, á 1 kilómetro al E. del manantial antiguo, en la vertiente de una colina próxima al rio y perteneciente á D. Miguel Valladares Guerra, se ha abierto un nuevo manantial termal. En la pendiente de esta colina y en un punto cercano á una cañada que desemboca en el rio, se ha formado una cavidad de forma circular y de 4 metros de diámetro, de cuyo fondo brota una enorme cantidad de agua, que llega hasta un nivel de un metro de altura de los bordes superiores. La profundidad del agua en el centro de la cavidad es de 3,18 metros; en los bordes varia entre 1.50 y 2 metros. Emite al salir abundantes vapores y en su superficie se ven considerable número de burbujas que indican la gran cantidad de gases que contiene; el ácido sulfhidrico se revela por su olor desde bastante distancia. La salida tiene lugar por una escotadura producida por la misma presión del liquido en la parte mas baja de los bordes de la cavidad; por ella pasa á la cañada y de allí al rio, distante unos 200 metros. El fondo de la cavidad está formado por una caliza bastante compacta, en cuya superficie no se notan grietas ni hoquedades, por mas que pueden existir algunas de pequeña magnitud, pues los medios que empleé para reconocerlas consistieron solo en algunos sondeos y en recorrer el fondo con la punta de un palo manejado desde la parte superior. La temperatura en el centro de la cavidad es de 46° centígrado y en los bordes y en el punto de salida de 44°; es decir, igual á la que el manantial antiguo tiene á la salida de la pila. El gasto es próximamente igual en ambos manantiales.*
Para explicar este fenómeno hay que admitir, que las sacudidas cambiaron el curso subterráneo de las aguas y dieron lugar á desprendimientos que aumentaron el diámetro de los conductos; el exceso de caudal que adquirieron las aguas hizo que no encontrando estas suficiente abertura para llegar al manantial antiguo, ejerciesen presiones que rompieron las capas superiores por su punto mas frágil, ó sea por aquel en que han aparecido. El nuevo curso que se vieron obligadas á tomar les hizo atravesar una capa de azufre, ó ponerse en contacto con algún depósito de gases que les comunicaron sus propiedades sulfurosas."

Interpretación: Nuevamente aparece un efecto hidrológico asociado a una falla normal como es el caso de los efectos registrados al sur de Alhama (ver ficha HST 18841225.03.11), concretamente cerca de la ruptura superficial de la falla normal de Zafarraya o el manantial del Cortijo del Chopo (ver ficha HST 18841225.03.12). Esto indica que el terremoto debió generar un cambio en el régimen de esfuerzos de estas fallas normales, paralelas a la que produjo el terremoto, generando los cambios de caudal o, como ocurrió en este caso, la aparición de nuevos manantiales. A lo que hay que sumar que es un manantial de aguas termales, las cuales deben de estar asociadas a que esta falla es activa.

Cuantificación: Los cambios físicos y químicos en manantiales tienen una intensidad mínima de VIII pudiendo llegar a X. Estimamos que la intensidad ESI07 asignable a este efecto es de VIII.



Situación del manantial nuevo de Alhama que apareció a 1 km al este de Los Baños después del terremoto de 1884 (MAGNA 1025 LOJA; IGME 1985). Fotografía del manantial nuevo (Tomada de Orueta 1885).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas:	Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.		
Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.03.15 *03.15. Alhama de Granada*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR		EFECTO	ANOMALÍA HIDROGEOLÓGICA: HA/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
03 / Alhama de Granada (Granada)	3°58'32.51"O	37° 3'1.08"N	752 m	-	5,9 km	SUR	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Terraza fluvial del río Alhama	Pendiente del terreno	Suave (5-10%)
Descripción Geológica	Primer nivel de terraza en la margen derecha del río Alhama formada por una superficie erosiva constituida por margas azuladas del Tortoniense.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Margas azuladas	Margas azuladas	Estratificada	Sin consolidar	III (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Tortoniense	Tortoniense	Sin datos	0,23	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sin Datos	Sin Datos	Sin Datos	Sin Datos	IX EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	APARICIÓN TEMPORAL DE FUENTES: HA/8

Descripción: En el Cortijo de los Álamos, situado a 1,2 km al sur de Santa Cruz de Alhama o del Comercio, apareció un efímero manantial termal. Este hecho ha llegado a nuestros días gracias a la descripción realizada por Orueta (1885): "*Cerca de Sta. Cruz de Alhama, en el sitio llamado Cortijo de los Alamos, apareció otro manantial termal y sulfhídrico, que corrió durante la noche del 25 de Diciembre y parte del dia 26; pero que durante la tarde de este desapareció para no volverse á presentar. La cavidad formada continuó arrojando vapores y exhalando olor de ácido sulfhídrico hasta cuatro ó cinco dias después del 26.*"

Interpretación: En el curso del río Alhama se han identificado otros dos efectos de variaciones en el caudal y de temperatura en manantiales termales, así como la aparición de nuevos manantiales, como es este caso (Ver ficha HIST 1884.03.13). Es posible que la alineación N-S por donde discurre el río Alhama esté relacionada con una banda de deformación asociada a un desgarre de esta misma dirección. El terremoto pudo generar variaciones temporales del régimen de esfuerzos o fracturación asociada a esta zona, con las consiguientes alteraciones en los acuíferos de esta banda. Algunas de estas alteraciones son efímeras, como es el caso de este manantial termal en las proximidades de Santa Cruz del Comercio.

Cuantificación: Los cambios físicos y químicos en manantiales tienen una intensidad mínima de VIII. Por este motivo estimamos que la intensidad ESI07 asignable a este efecto es de VIII.



Situación del manantial nuevo al sur de Santa Cruz del Comercio en el Cortijo de los Álamos (mapa IGN).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas:	Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.		
Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.04.01 *04.01. Arenas del Rey*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Daños diversos/10

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
04 / Arenas del Rey (Granada)	3°53'27.36"O	36°57'14.94"N	866 m	0,4 km²	10 km	NOROESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Borde de terraza fluvial	Pendiente del terreno	Muy fuerte (30-50%)
Descripción Geológica	Terraza baja del río Játar a su paso por la localidad de Arenas del Rey.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Limos y arenas azules y amarillas	Aluvial	Estratificada	No consolidada	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno Superior (Tortoniense)	Cuaternario	Sin Datos	0,23	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampuesto y ladrillo	Barbacana	Múltiples (>80%)	Ruina	X EMS

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	DAÑOS DIVERSOS: EAE/10

Descripción: Arenas del Rey fue la localidad donde la destrucción fue casi completa, siendo su iglesia uno de los edificios más afectados. Orueta (1885) lo describe del siguiente modo: "*En este pueblo la catástrofe adquiere colosales proporciones y bien puede decirse que es el más castigado por el terrible fenómeno. Era imponente la escena que presentaba Arenas del Rey 15 dias después del terremoto, el pueblo era un inmenso montón de ruinas, entre las que se destacaban algunos muros aislados, único resto de unas 400 casas antes tranquilo albergue de sus vecinos. Los que se salvaron del desastre acampaban en una era próxima, en la que han podido construir escasamente un centenar de chozas hechas de juncos y retamas, únicos materiales que para ello encontraron. En un cobertizo hecho con algunos restos de vigas, han sido colocadas las imágenes de la iglesia, de la cual quedan tan solo la nave central y algunos metros de las paredes de la torre. Esta situación de los desgraciados habitantes de Arenas del Rey se agravó durante la primera quincena de Enero á causa de una copiosa nevada prolongada por varios dias y seguida de tales frios, que la nieve tardó mas de una semana en desaparecer. Así se explica el tristísimo hecho de que en este pueblo murieran tres personas diarias, por término medio, á consecuencia del hambre y la falta de habitación y abrigo.*".

Interpretación: En la actualidad no es posible observar ninguna de las construcciones destruidas por el terremoto de 1884 ya que el pueblo fue reconstruido al otro lado del río Játar. Tan solo se pueden ver los restos de un muro de contención o barbacana que debió pertenecer a la base de un edificio importante como era la iglesia en esta localidad. En la esquina SO se puede observar una fractura en cuña en este muro. El plano de fractura tiene una orientación 53º/240º, por tanto, indica una dirección de desplazamiento de la cuña hacia los N240ºE, compatible con la orientación de la llegada de la onda, ya que la ruptura superficial del terremoto se localizó desde Zafarraya hasta Játar, es decir, hacia el SW.

Cuantificación: La destrucción del 65% de la localidad hace que la intensidad EMS98 otorgada a Alhama de Granada fuese de IX, pero dado el daño producido en el patrimonio, con colapsos de naves de iglesias, la intensidad EAE otorgada es X.



Iglesia de Arenas del Rey tras el terremoto de 1884, (Archivo Municipal de Alhama de Granada). Vista actual del contrafuerte o barbacana de la iglesia, en el que se puede observar una fractura en cuña en la (esquina SO).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	X	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas:

Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.

Ramos Espejo, A. (2007): Entre iguales: un rey y un periodista. Alfonso XII y Seco de Lucena en los Terremotos de Andalucía. Ed. Colección Granada Ámbito Cultural. Ogijares (Granada). 157 pp.

Taramelli, T. y Mercalli, G. (1886): Terremoti Andalusi. Cominciati il 25 Dicembre 1884. Reale Accademia dei Lincei. 222 págs.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.04.02 *04.02. Arenas del Rey*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: SM/10 GK

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
04 / Arenas del Rey (Granada)	3°53'22.80"O	36°57'12.48"N	877 m	0,4 km²	10,1 km	NORESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Terraza fluvial	Pendiente del terreno	Suave (10-15%)
Descripción Geológica	Terraza baja del río Játar a su paso por la localidad de Arenas del Rey.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Limos y arenas azules y amarillas	Aluvial	Estratificada	No consolidada	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno Superior (Tortoniense)	Cuaternario	Sin datos	0,23	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	X EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/10

Descripción: Orueta (1885) "*En el centro del pueblo se ha abierto una grieta de unos 30 metros de longitud y 4 á 10 centímetros de anchura, notándose además entre ambos bordes un pequeño desnivel. Esta grieta al abrirse atravesó bajo algunos edificios, que dividió en dos partes por medio de un plano vertical, prolongación del que determinaba uno de los bordes de la hendidura; el hecho es análogo al ya descrito al tratar de Alcaucín.*".

Interpretación: Esta grieta en el sustrato o "*ground crack*", generada por el terremoto en la terraza fluvial donde se asentaba el antiguo pueblo de Arenas del Rey, no fue descrita en detalle, sin indicar la orientación de la misma. Esto hace que no se pueda discriminar su origen en relación a un posible efecto de movimiento de ladera como consecuencia del terremoto. El propio Orueta indica que el fenómeno es equivalente al de Alcaucín, y en aquel caso sí que se ha podido discriminar el efecto de deslizamiento, siendo una grieta en el sustrato generada directamente por efecto del paso de las ondas sísmicas.

Cuantificación: La intensidad ESI-07 estimada para este efecto, dada la longitud de la grieta es X.



Cartografía IGN en la que se marca la posición del centro de la antigua localización de Arenas del Rey (Pueblo Viejo) donde se describen la aparición de grietas en el sustrato como consecuencia del terremoto de 1884. Fotografía actual de la situación del pueblo antiguo donde se generaron las grietas en el sustrato (vista hacia el NW).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	X	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas:	Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.		
Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.05.01 *05.01. Canillas de Aceituno*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8 

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
05 / Canillas de Aceituno (Málaga)	4° 4'53.16"O	36°52'35.04"N	970 m	-	16,5 km	NOROESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera	Pendiente del terreno	Cantil (50-70%)
Descripción Geológica	Cañón fluvial de dirección NE-SW en mármoles triásicos estratificados plegados e intensamente fracturados de los Mantos Alpujárrides (Unidades de Salares y del Charcón; Manto de los Guájares).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Mármoles	Mármoles	Estratificada	Semiconsolidada	I (0,1)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Triásico	Sin datos	0,22	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	VIII EMS

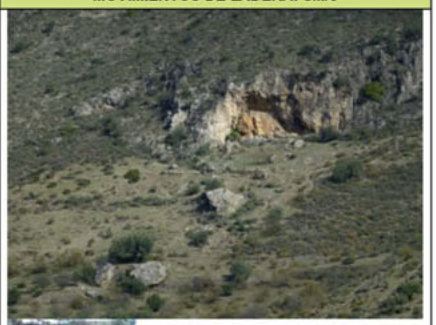
EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8

Descripción: Orueta (1885) indica en su informe que se han producido importantes desprendimientos de piedras: "*Grandes masas de piedras se han desprendido de las vertientes y tajos próximos al pueblo, especialmente en las situadas al NE.*".

Interpretación: En la actualidad son visibles algunos de los bloques descritos por Orueta hacia el NE de la localidad (fotografía superior adjunta), pero en la zona de Los Tajos estos son mucho más escasos. Esto podría deberse a la propia dinámica de la ladera y a la torrentera que ha arrastrado parte de los bloques de debieron llegar hasta el fondo del valle.

Cuantificación: Debido a los volúmenes de roca desprendidos, de más de un metro cúbico en muchos casos, la intensidad ESI-07 estimada para este efecto es VIII.





Fotografía superior: desprendimientos en los alrededores de Canillas de Aceituno. Fotografía inferior: Los Tajos, con caídas de bloques en el fondo del barranco.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas:	Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.		
Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.05.02 *05.02. Canillas de Aceituno*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Daños diversos/7

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
05 / Canillas de Aceituno (Málaga)	4° 4' 57,74"O	36° 52' 23,5"N	646 m	-	16,5 km	NORESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera	Pendiente del terreno	Moderada (10-15%)
Descripción Geológica	Pequeño rellano en una ladera de dirección N-S sobre depósitos de ladera holocenos; bajo estos el sustrato está formado por esquistos grafitosos plegados e intensamente fracturados de los Mantos Alpujárrides (Unidades de Salares y del Charcón; Manto de los Guajares).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Metamórfico: esquistos	Gravas y arenas (depósitos de ladera)	Masivo	Sin consolidar	I (1,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Holoceno	Holoceno	Sin datos	0,22	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Muros de mampuesto	Iglesia	Única	Ligero	VIII EMS

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Primario	Tipo de Efecto EAE	DAÑOS DIVERSOS: EAE/7

Descripción: Fouqué (1889) describe tan solo daños en la iglesia: *"El campanario de la iglesia presenta grietas verticales en sus cuatro muros; la clave del arco de una de las ventanas del campanario se ha caído. En las casas, las lámparas han oscilado en la dirección N-S; se han separado 25 grados de la vertical."*

Interpretación: La oscilación de los edificios según una dirección N-S provocaría la caída de la clave de una de las ventanas del campanario.

Cuantificación: En la localidad no existen más daños referidos en las construcciones por lo que la intensidad EMS asignada es VII.



Foto actual de la iglesia de Canillas de Aceituno en la que ya no se observan los daños del terremoto de 1884 por las restauraciones realizadas.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas:

Fouqué, M.F. (1889): Mission D'Andalousie. Études relatives au tremblement de terre du 25 décembre 1884 et à la constitution géologique du sol ébranlé par les secousses. En: Mémoires à l'Académie des Sciences de l'Institut de France, Tomo XXX (2), Paris. 77 pp, 20 pl.

Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME), María Ángeles Perucha Atienza (IGME) y Guadalupe García Gutiérrez (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.06.01 *06.01. Cómpeta*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	OTROS EFECTOS: OT/9

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
06 / Cómpeta (Málaga)	3°55'32.04"O	36°52'5.22"N	1.249 m	-	15,4 km	NOROESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera	Pendiente del terreno	Cantil (50-70%)
Descripción Geológica	Ladera de orientación S situada en un macizo rocoso compuesto íntegramente por mármoles plegados e intensamente fracturados.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Mármoles	Mármoles	Estratificada	Semiconsolidada	I (0,1)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Triásico	Sin Datos	0,21	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin Datos	VIII EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTO DE ÁRBOLES: OT/9

Descripción: Ladera de orientación S en el Puerto de Cómpeta o Puerto del Fraile donde Orueta (1885) describe la caída de 141 pinos: "*En el sitio llamado Puerto del Fraile (Sierra Almijara), situado á 7 kilómetros al NE. de Competa, ha desarraigado el terremoto 141 pinos, algunos de los cuales presentan roturas que atestiguan la violencia que allí debieron tener los choques (1. Asilo aseguran los Sres. Alcalde y Jefe de la Guardia civil)*". Estos pinos son de la especie *Pinus pinaster*.

Interpretación: Esta ladera debió de ser fuertemente agitada por el terremoto generando una aceleración tal, que produjo la caída o desarraigamiento de 141 pinos. Una vez que un pino queda desarraigado es muy probable que muera por lo que debieron ser recogidos para madera, la mayoría. En la actualidad se pueden observar al menos dos ejemplares tumbados pero vivos, con un diámetro basal de tallo de más de 50 cm, los cuales (debido a la tasa de crecimiento de esta especie) es muy probable que fuesen ejemplares jóvenes en esta época, derribados por el terremoto, pero sin la talla suficiente para ser aprovechados para madera, por lo que fueron abandonados y permitieron su posterior crecimiento.

Cuantificación: Debido al gran número de árboles derribados, la intensidad ESI-07 mínima estimada para este efecto es IX.



Ejemplar de Pinus pinaster tumbado en la ladera del Puerto de Competa o del Fraile.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas:	Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.		
Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.07.01 *07.01. Fornés*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Daños diversos/9

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
07 / Fornés (Granada)	3°51'24.96"O	36°57'15.42"N	856 m	0,12 km²	13 km	NOROESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera y Terraza baja	Pendiente del terreno	Suave (5-10%)
Descripción Geológica	La parte antigua del pueblo se asienta sobre una ladera de pendiente suave y la nueva sobe la primera terraza del Río Grande		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Conglomerados y margas	Conglomerados y margas	Masiva	No consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno	Plioceno	Sin datos	0,23	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Iglesia	Construcción de ladrillo y mampuesto	Múltiples (>65%)	Grave	IX EMS

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	DAÑOS DIVERSOS: EAE/9

Descripción: Domingo de Orueta (1884) describe las características del movimiento sísmico de la siguiente manera: "*Los caracteres del fenómeno son en Fornes los mismos que en Jayena; pero debo consignar que en muchos muros se notan los efectos de choques laterales dirigidos de N. á S., si bien menos intensos que los que produjeron los verticales*". Los únicos datos disponibles son los que se han podido tomar de la Parroquia de la Inmaculada Concepción de Fornés, que fue dañada por el terremoto. Los datos se han extraído tanto de fotografía de época tomada tras el terremoto como datos de campo aún visibles en la actualidad en la Iglesia: 1) Claves caídas en el campanario y desprendimiento de las tejas hacia los N110E; 2) Bloques de sillería desplazados 10 cm en el alero de la pared N hacia los N020E; 3) Clave caída en la fachada principal (N020E).

Interpretación: La dirección media de movimiento del terreno deducida a partir de los EAEs correspondería a NNE-SSW. Orueta indica que los "choques laterales" tienen dirección N-S, no habiéndose podido contrastar este dato con la información disponible, ajustándose más en este caso a la orientación obtenida del tratamiento de los EAEs.

Cuantificación: La destrucción de una parte importante de las casas de la localidad hace que la intensidad EMS98 otorgada a Fornés es de IX.

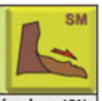


Fotografía de época de la Iglesia de Fornés y detalle de la clave caída en la torre. (Archivo del Instituto Andaluz de Geofísica). Vista actual de la zona fotografiada en 1884.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	IX	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas:	Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.		
Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.08.01 *08.01. Güevéjar*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/10 

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
08 / Güevéjar (Granada)	3°35'18.78"O	37°15'32.40"N	970 m	-	45 km	SUROESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera	Pendiente del terreno	Fuerte (10º-16º)
Descripción Geológica	Ladera NW de una cresta de calizas travertínicas pleistocenas discordantes sobre materiales margosos turolienses deslizados.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Margas con niveles de lignito	Margas con niveles de lignito	Estratificada	Semiconsolidada	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Turolense	Turolense	Sin Datos	0,23	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin Datos	VII EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/10

Descripción: Durante el terremoto de Lisboa de 1755 este deslizamiento se activó movilizando aproximadamente la mitad de material que en el del 25 de noviembre de 1884. En ambos casos, Güevéjar quedó totalmente destruido, por lo que fue reconstruido en 1887 al SW de su antigua ubicación, fuera del área deslizada. Según Jiménez Pintor y Azor (2006) el deslizamiento tiene una longitud de 1.900 m con un desnivel de 300 m y espesores de entre 10 y 20 m de potencia. En la actualidad son visibles los escarpes de la cabecera del deslizamiento con más de 6 m de altura, en algunos casos. En toda la masa deslizada, y especialmente en la parte superior, son visibles los escalones de bloques deslizados dentro de la masa principal correspondientes a materiales más competentes interestratificados dentro de las margas. El límite S del deslizamiento, es decir, la zona de cabecera, coincide con una falla normal de dirección NE-SW.

Interpretación: Los materiales margosos con niveles de lignito son materiales muy plásticos que favorecen el deslizamiento, a lo que hay que sumar el periodo de lluvias y nevadas antes y después del terremoto lo que favoreció el deslizamiento. A esto hay que sumar el efecto sitio generado por la ladera del cerro del Castillejo. Jiménez Pintor y Azor (2006) indican que la aceleración que produjo este deslizamiento fue de 0,076 g, mientras que los valores estimados de aceleración para esta zona era de 0,022 g, lo que supone un factor de amplificación de 2.45 para esta zona. Además, hay un control estructural del deslizamiento, el cual queda limitado en su cabecera por una falla normal que debió favorecer el movimiento de ladera. Estos autores también indican que la distancia relativamente grande con respecto al epicentro (45 km, siendo uno de los puntos más alejados donde se registraron efectos) hace que las ondas de baja frecuencia sean las desencadenantes de este tipo de fenómenos, al igual que ocurrió con el deslizamiento que se produjo en también Güevéjar durante el terremoto de Lisboa de 1755. Asimismo, Rodríguez Peces *et al.* (2009) realizan un análisis dinámico del deslizamiento y concluyen que en la actualidad es estable pero que podría volver a moverse si se superan valores de intensidad sísmica por encima de VI-VII.

Cuantificación: Debido al importante volumen de roca deslizada, la intensidad ESI-07 estimada para este efecto es X.



Fotografía de época de la cabecera del deslizamiento de Güevéjar y fotografía actual del escarpe de cabecera del deslizamiento, ambas en la zona de El Castillejo.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	X	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas:

Comisión del Mapa Geológico de España (1885): Boletín de la Comisión del Mapa Geológico. T. XII, 141-164.

Jiménez Pintor, J. y Azor, A. (2006): El Deslizamiento de Güevéjar (provincia de Granada): un caso de inestabilidad de laderas inducida por sismos. Geogaceta, 40, 287-290.

Rodríguez Peces, M.J. *et al.* (2009): Preliminary results of static and dynamic reconstruction of Güevéjar landslide (Granada, Spain) during 1755 Lisbon and 1884 andalusian earthquakes. 1st INQUA-IGCP-567 International Workshop on Earthquake Archaeology and Palaeoseismology), 118-121.

Sanz, E. (1997): Le mouvement de versant de Güevejar (Grenade) au cours des tremblements de terre de Lisbonne (1755) et D´Ansalousie (1884). Bulletin of the International Association of Engineering Geology, 56, 83-87.

Taramelli, T. y Mercalli, G. (1886): Terremoti Andalusi. Cominciati il 25 Dicembre. Reale Accademia dei Lincei. 222 págs.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.09.01 *09.01. Játar*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Daños diversos/9

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
09 / Játar (Granada)	3°54'36.26"O	36°56'11.43"N	966 m	0,12 km²	9,8 km	NOROESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Terraza alta del río Játar	Pendiente del terreno	Suave (5-10%)
Descripción Geológica	Planicie elevada sobre el río Játar asentada sobre materiales margosos con pasadas de conglomerados.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Conglomerados y margas	Conglomerados y margas	Masiva	Consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno	Plioceno-Cuaternario	Sin datos	0,23	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Iglesia	Construcción de ladrillo y mampuesto	Múltiples (>65%)	Grave	IX EMS

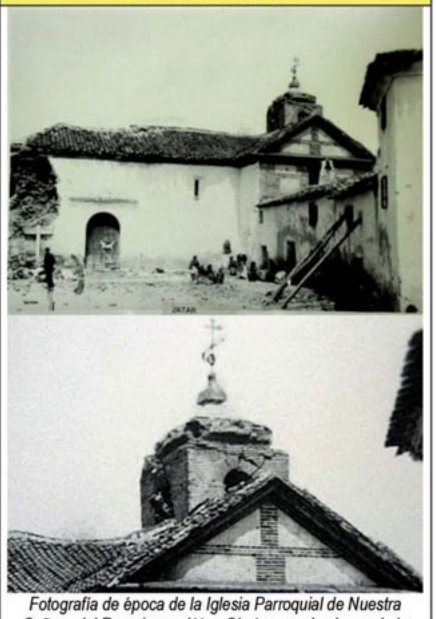
EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	DAÑOS DIVERSOS: EAE/9

Descripción: La descripción que hace Orueta (1885) de los daños generados en Játar habla de "*77 edificios reducidos a escombros que sepultaron á 48 personas de las cuales afortunadamente pudieron salvarse 46; las casas ruinosas llegan á 146, pero entre ellas hay 50 habitables*". Incide en el hecho de que los daños han sido parecidos a los del Almendrón (actualmente El Almendral). Los daños en el patrimonio se han podido registrar gracias a fotografías de época y trabajo de campo registrando los siguientes EAEs en la Iglesia de Játar: 1- Muro SW colapsado en esta dirección y sentido; 2- Claves de arco caídas en la torre del campanario (de ladrillo) con mayores daños en la dirección N060E; 3- Muros de casas adjuntas a la iglesia basculadas hacia los N240E.

Interpretación: La dirección media de movimiento del terreno deducida a partir de los EAEs correspondería a ENE-WSW. Sin embargo, Orueta indica que los "choques verticales y laterales" tienen dirección N-S, no habiéndose podido contrastar este dato con la información disponible.

Cuantificación: La destrucción del 65% de la localidad hace que la intensidad EMS98 otorgada a Játar es de IX.



Fotografía de época de la Iglesia Parroquial de Nuestra Señora del Rosario, en Játar. Obsérvese el colapso de la esquina SW de la nave principal y el apuntalamiento de las casas basculadas al SW. Detalle de la torre del campanario donde se observan daños importantes y claves caídas en los muros de dirección N060ºE (Archivo del Instituto Andaluz de Geofísica, IAG).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	IX	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas:	Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.		
Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.09.02 *09.02. Játar*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	ANOMALÍA HIDROGEOLÓGICA: HA/7

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
09 / Játar (Granada)	3°55'5.88"O	36°56'0.18"N	1013 m	-	9,6 km	NOROESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera en zona de interfluvio entre dos cauces menores	Pendiente del terreno	Fuerte (15-30%)
Descripción Geológica	Materiales detríticos pliocuaternarios (conglomerados y margas) afectados por falla normal, formando el bloque hundido de la misma.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Limos y arenas azules y amarillas	Conglomerados y margas	Estratificada	Consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno Superior (Tortoniense)	Plioceno-Cuaternario	Sin datos	0,22	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sin Datos	Sin Datos	Sin Datos	Sin Datos	IX EMS

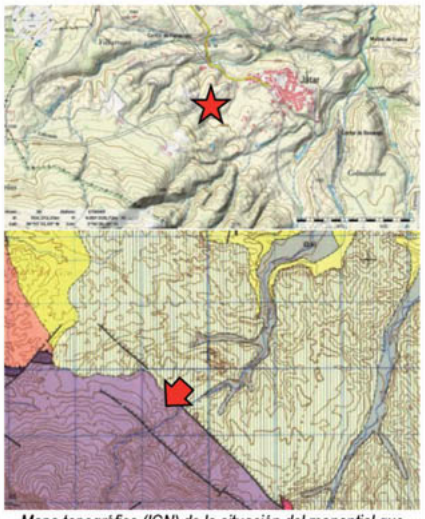
EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	VARIACIONES DE CAUDAL DE FUENTES: HA/7

Descripción: Se cuenta con la descripción histórica realizada por Orueta (1885): "*Las aguas que alimentan la fuente pública, han experimentado desde la noche del 25 de Diciembre una notable disminución, pues el manantial de que proceden, distante poco más de 1 kilómetro del pueblo, presenta desde el 25 intermitencias muy marcadas, próximamente de hora en hora, las cuales se traducen en la fuente en la indicada disminución de gasto.*".

Interpretación: La pérdida de caudal en la fuente pudo deberse a grietas en el sustrato o variaciones en la porosidad de los materiales en la zona próxima al manantial, debido a la sacudida sísmica. Este fenómeno de compactación se puede dar en materiales detríticos, pudiendo desencadenar, si las condiciones ambientales y sedimentarias lo permiten, en licuefacciones (no siendo este caso). El manantial se encuentra relacionado con una falla normal, cuyo bloque levantado está formado por mármoles triásicos y el bloque hundido por conglomerados y margas pliocuaternarias (ver imagen adjunta). El terremoto pudo también producir cambios en el estado de esfuerzos de esta falla que afecta a materiales recientes, produciendo variaciones temporales en el caudal del manantial.

Cuantificación: Los cambios físicos en manantiales tienen una intensidad mínima de VII. Por este motivo estimamos que la intensidad ESI07 asignable a este efecto es de VII.



Mapa topográfico (IGN) de la situación del manantial que alimenta la fuente pública de Játar (Imagen superior). Ídem sobre el mapa geológico (Serie MAGNA nº 1041, cuadrícula de 1 km²) en morado los mármoles triásicos separados mediante una falla normal de los conglomerados y margas pliocenos, donde se sitúa dicho manantial.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas:

IGME (1978): Hoja 1040. Zafarraya. Instituto Geológico y Minero de España.
Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.09.03 *09.03. Játar*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	ANOMALÍA HIDROGEOLÓGICA: HA/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
09 / Játar (Granada)	3°54'13.54"O	36°56'12.42"N	909m	-	14,8 km	NOROESTE	**IX-X EMS/ 6,5-7,5 M***

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Cauce fluvial	Pendiente del terreno	Suave (15-30%)
Descripción Geológica	Cauce fluvial que discurre sobre materiales detríticos pliocuaternarios (conglomerados y margas).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Limos y arenas azules y amarillos	Conglomerados y margas	Estratificada	Consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno Superior (Tortoniense)	Plioceno-Cuaternario	Sin Datos	0,22	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sin Datos	Sin Datos	Sin Datos	Sin Datos	IX EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	DESECACIÓN TEMPORAL DE MANANTIAL: HA/8

Descripción: Se cuenta con la descripción histórica realizada por Orueta (1885): *"En el rio Potril, próximo á Jatar, se notó un curioso accidente; las aguas cesaron de correr, quedando completamente en seco el cauce hasta la tarde del dia 28 de Diciembre en que volvieron á presentarse, pero muy disminuidas; después fueron aumentando gradualmente hasta los primeros dias de Enero, y ya el rio volvió á arrastrar casi el caudal equivalente al que poseia antes del terremoto. Este hecho debe atribuirse probablemente á una variación producida por el movimiento en el curso subterráneo de las infiltraciones que alimentan el rio."*.

Interpretación: La interpretación de este tipo de fenómenos en la zona está asociada a la aparición de grietas en el sustrato, como es el caso de Jayena (ver ficha HST 18841225.04.01). En este caso podría deberse a la falla normal que afecta a materiales pliocuaternarios que se encuentra aguas arriba de este punto y de donde parte el manantial que alimenta este río. También se documentaron alteraciones en manantiales, como el que abastece a Játar, por lo que el mismo fenómeno también debió afectar al manantial que da lugar al río citado.

Cuantificación: Los cambios físicos en manantiales tienen una intensidad mínima de VII. Por este motivo estimamos que la intensidad ESI07 asignable a este efecto es de VIII.



Mapa topográfico (IGN) de la situación del río done se documenta la desaparición del agua del río.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas:

IGME (1978): Hoja 1040. Zafarraya. Instituto Geológico y Minero de España.
Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.

Información Recopilada: *Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*

Ficha Publicada: *Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España* | Número (Vol.): 2 | Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.10.01 *10.01. Jayena*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/9

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
10 / Jayena (Granada)	3°49'49.81"O	36°56'50.77"N	930 m	-	14,8 km	NORESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura de inundación	Pendiente del terreno	Llano (2%)
Descripción Geológica	Llanura de inundación del Río Grande a su paso por la localidad de Jayena, compuesta por arenas y gravas fundamentalmente.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Limos y arenas	Arenas y gravas	Estratificada	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno Superior (Tortoniense)	Cuaternario	Sin Datos	0,23	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin Datos	IX EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/9

Descripción: En el periódico El Defensor (Granada) apareció esta descripción de la localidad de Jayena (Ramos Espejo, 2007): "*Anteayer, el hambre se opuso al miedo y aguijoneados por ella, algunos vecinos se atrevieron a penetrar entre las ruinas con el propósito de buscar trigo, mas el poco que hallaron estaba húmedo e hinchado por la lluvia sin condiciones de servir para la harina; no obstante, lo comieron y en todo el día no se alimentaron de otra cosa. De resultas del terremoto se abrieron profundas grietas en el cauce del río y éste quedó seco, no teniendo aquellos infelices con que apagar su sed…*".

Interpretación: Estas serían "*ground cracks*" generadas por el terremoto en la llanura de inundación del Río Grande en las proximidades de Jayena, para que de este modo dejase de llegar agua al pueblo. Se han identificado unas posibles grietas junto a esta localidad, que incluso el cauce del río se adapta a esta lineación. Obviamente, se debieron generar más grietas aguas arriba para desabastecer de agua a Jayena, pero estas no se han localizado con tanta claridad como las aquí mostradas. La traza aquí presentada supera los 300 m de longitud, aunque si llegaron a afectar a toda la llanura de inundación del río para hacer desaparecer las aguas de su cauce, estas pudieron llegar a tener 500 m de longitud.

Cuantificación: La intensidad ESI-07 estimada para este efecto, dada la longitud de las grietas es IX.



Imagen de Google Earth donde se ha marcado la posible localización de las grietas que se describen en las crónicas históricas y las que fueron responsables de que se secase el Río Grande en Jayena.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	G	*Efectos geológicos y/o ambientales observables en campo o mediante trincheras.*

Referencias bibliográficas:

Flammarión, C. (1901-1930): Los Terremotos. Tomo I. 125 pags.
Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.
Ramos Espejo, A. (2007): Entre iguales: un rey y un periodista. Alfonso XII y Seco de Lucena en los Terremotos de Andalucía. Ed. Colección Granada Ámbito Cultural. Ogijares (Granada). 157 pp.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.10.02 *10.02. Jayena*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Daños diversos/9

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
10 / Jayena (Granada)	3°49'25.02"O	36°56'51.51"N	906 m	0,22 km²	16 km	NOROESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Terraza baja	Pendiente del terreno	Suave (5-10%)
Descripción Geológica	Primera terraza del Río Grande donde se asienta la localidad de Jayena.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Limos y arenas	Limos y arenas	Masiva	Consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno Superior (Tortoniense)	Mioceno Superior (Tortoniense)	Sin datos	0,23	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Iglesia	Construcción de ladrillo y mampuesto	Múltiples (>65%)	Grave	IX EMS

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	DAÑOS DIVERSOS: EAE/9

Descripción: Domingo de Orueta (1884) describe las características del movimiento sísmico de la siguiente manera: "*Es de advertir que en Jayena se notaron dos series distintas de choques durante el primer terremoto; pero el movimiento fué vertical en ambas y esta versión la confirman los planos de rotura en los muros, que casi siempre son horizontales: la dirección de los choques debió probablemente ser la misma que en los demás pueblos citados hasta ahora, con la diferencia de que así como en ellos predominan mucho los horizontales, aquí serán estos relativamente de escasa importancia, teniéndola por contrario muy grande los verticales*". El desarrollo de fracturas horizontales está asociado al movimiento de edificaciones de al menos dos plantas y en muros perpendiculares a la dirección media de movimiento del sustrato. Orueta no indica la orientación de estos planos, por lo que no es posible realizar una interpretación de los mismos y asume que el movimiento ha sido igual que en los pueblos anteriormente descritos, es decir N-S. La fotografía de época muestra los daños en la Parroquia del Santísimo Sacramento de Jayena y en la aledaña Casa del Marqués de Campo tejar. Los datos tomados de la fotografía antigua y corroborados en campo son: 1) Iglesia de Jayena, torre y esquina E colapsados hacia los N120E; 2) Casa del Marqués de Campotejar, muros y aleros colapsados hacia los N120E.

Interpretación: La dirección media de movimiento del terreno deducida a partir de los EAEs correspondería a ENE-WSW. Sin embargo, Orueta indica que los "choques verticales y laterales" tienen dirección N-S, no habiéndose podido contrastar este dato con la información disponible.

Cuantificación: La destrucción de una parte importante de las casas de la localidad hace que la intensidad EMS98 otorgada a Játar es de IX.



Fotografía de época en la que tiene escrito en el pie: "Iglesia y casa del Sr. Marqués de Campotejar". (Archivo Municipal de Alhama de Granada). Vista actual de la zona fotografiada en 1884.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	IX	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas: Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.

Información Recopilada: *Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*

Ficha Publicada: *Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España* | Número (Vol.): 2 | Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.11.01 *11.01. Periana. El Guaro.*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/10 (SM)

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
11 / Periana (Málaga)	4°11'57.88"O	36°57'25.05"N	730 m	-	20 km	NOROESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera	Pendiente del terreno	Fuerte (10º-16º)
Descripción Geológica	Ladera S de la Sierra del Guaro o de Alhama, corresponde al pie de monte de los relieves calcáreos (dolomías y calizas dolomitizadas) del Triásico Superior, formada por margas y calizas (Burdigaliense).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Dolomías y calizas dolomitizadas	Arcillas y margas rojas	Estratificada	Semiconsolidada	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Burdigaliense	Burdigaliense	Sin Datos	0,22	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin Datos	IX EMS

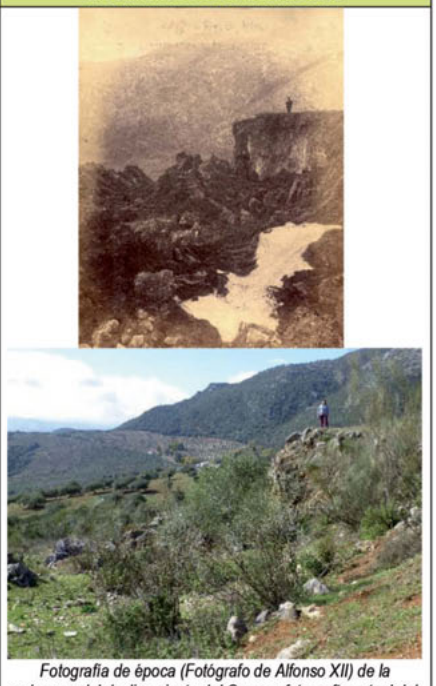
EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/10

Descripción: Orueta (1885) describe la aparición de grandes grietas en el Cortijo de El Guaro, que fue totalmente destruido por las mismas: "*una zona de anchura variable entre 10 y 35 metros ha descendido verticalmente, recorriendo en este sentido un trayecto que á veces llega hasta 2 metros; comienza á un kilómetro al N. del cortijo llamado El Batan y se dirige primero hacia el E., siguiendo las sinuosidades de la Sierra de En medio hasta unos 2 kilómetros de dicho cortijo, ó sea hasta el nacimiento del rio Guaro; aquí cambia bruscamente la dirección de la zona y toma la de N. á S., disminuye gradualmente de anchura y termina en la parte más alta del Puerto. En algunos puntos, como en el cortijo de Zapata, situado entre El Batan y el nacimiento del Guaro, los dos bordes de la banda han descendido por igual y la parte comprendida entre ambos, si bien está ligeramente agrietada, no presenta sin embargo indicios de una dislocación tan violenta, como la que se produce cuando uno de los bordes desciende mas que el opuesto. Esto último es lo que sucede en El Batan; entre ambos bordes se ha formado una grieta, que en algunos puntos tiene 1,50 metros de anchura y que en otros se divide en dos fracturas paralelas de desigual tamaño. Las fuerzas que dieron lugar á este hundimiento debieron alcanzar su máximun de intensidad en el nacimiento del rio Guaro, ó sea en el punto en que cambia la dirección; allí tiene la banda 35 metros de anchura y abundan en ella indicios de la extraordinaria violencia de los choques; cuatro cortijos edificados sobre la banda han sido reducidos á escombros, siendo de notar que un muro resto del de Guaro, que era uno de ellos, está inclinado formando un ángulo de 7.° con la vertical. La era de este cortijo, situada en el borde meridional de la zona, ha sido reducida á pequeños pedazos, algunos de los cuales han girado hasta tomar la posición vertical. Todo esto indica que el hundimiento se verificó en este punto de un modo tan desigual, como violento. Las mesas, sillas, tejas y hasta aglunos trozos de los muros debieron ser proyectados en todas direcciones, puesto que algunos de ellos han ido á caer á 5 y 6 metros de los bordes.*".

Interpretación: La descripción de estas grandes grietas hace referencia a las grietas de cabecera de un megadeslizamiento que afectó a todos estos materiales arcillosos empapados en agua. Incluso el fotógrafo de Alfonso XII en una de las fotografías escribe al pie "*La era del cortijo de Guaro, agrietada y desplazada parte a 200 m de su sitio*".

Cuantificación: Debido al importante volumen de roca deslizada, con una anchura en cabecera de 1500m y 2600m en la base y una longitud de al menos 1300m, constituye uno de los mayores deslizamientos cosísmicos registrados en España. La intensidad ESI-07 estimada para este efecto es X.



Fotografía de época (Fotógrafo de Alfonso XII) de la cabecera del deslizamiento del Guaro y fotografía actual del mismo escarpe de cabecera del deslizamiento.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	X	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas:

Comisión del Mapa Geológico de España (1885): Boletín de la Comisión del Mapa Geológico. T. XII, 141-164.

Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.

Taramelli, T. y Mercalli, G. (1886): Terremoti Andalusi. Reale Accademia dei Lincei. 222 págs.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.11.02 *11.02. Periana*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	OTROS EFECTOS: OT/10

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
11 / Periana (Málaga)	4° 9'17.70"O	36°56'50.04"N	969 m	-	17 km	NOROESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Sima situada en la ladera de un macizo calcáreo	Pendiente del terreno	Escarpada (50-70%)
Descripción Geológica	Ladera de orientación S situada en un macizo rocoso compuesto íntegramente por calizas karstificadas		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calizas blancas pisolíticas	Espeleotemas	Estratificada	Semiconsolidada	I (0,1)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Lías	Holoceno	Sin datos	0,22	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin Datos	IX EMS

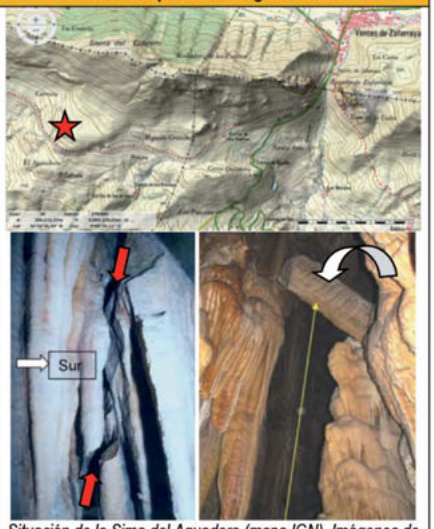
EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	Efectos espeleosismológicos: OT/10

Descripción: Investigaciones recientes en espeleosismología (Clavero Toledo, 2010) indican la presencia de deformaciones cosísmicas ocurridas en 1884 en la Sima del Aguadero, situada en la mesa del mismo nombre al pie de la Sierra del Cavero al norte del poblado de El Cañuelo. El borde N de esta sierra lo delimita la Falla de Ventas de Zafarraya. Cavero Toledo (2010) describe la presencia de fracturas en espeleotemas y en las paredes de la cavidad, así como caída de estalactitas (ver imágenes adjuntas). Además, describe tres basculamientos de los espeleotemas que van generando sucesivos crecimientos de las estalagmitas y que ha podido datar en 5.000, 10.000 y 15.000 años BP. Pero estos basculamientos debieron ser debidos a eventos de mayor energía (Clavero Toledo, 2010).

Interpretación: Las grietas penetrativas en espeleotemas y paredes de la Sima de El Aguadero, así como la caída de espeleotemas visibles en esta cavidad, debieron ser generadas por el terremoto de 1884. La cercanía a la Falla de Ventas de Zafarraya, que fue la responsable de dicho terremoto, dista tan solo 1,5 km de la sima, por lo que los efectos sobre esta cavidad y sobre elementos tan frágiles debieron ser muy evidentes, los cuales son visibles en la actualidad. Además, se han evidenciado efectos espeleosismológicos anteriores, al menos tres, con un periodo de recurrencia de 5.000 años para grandes eventos, mayores incluso que el de 1884.

Cuantificación: Utilizando tanto las grietas en espeleotemas como la caída de los mismos, la intensidad ESI-07 mínima estimada para este efecto es X.



Situación de la Sima del Aguadero (mapa IGN). Imágenes de fracturas en espeleotemas y caída de estalactitas en la sima del Aguadero (fotografías modificadas de Clavero Toledo, 2010)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	X	Calidad de los datos (Qg)	G	*Efectos geológicos y/o ambientales observables en campo o mediante trincheras.*

Referencias bibliográficas:	Clavero Toledo, J.L. (2010): Investigación sísmica en las simas de la Alta Axarquía (Málaga). Comportamiento de la falla que originó el terremoto de 1884. Revista Jábega, 102: 130-140.
Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España* — Número (Vol.): 2 — Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.12.01 *12.01. Sedella*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: SM/8 GK

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
12 / Sedella (Málaga)	4° 2'10.26"O	36°51'39.90"N	646 m	-	16,4 km	NORESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera	Pendiente del terreno	Fuerte (15-30%)
Descripción Geológica	Ladera con orientación E compuesta por esquistos negros.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Esquistos negros grafitosos con estaurolita y andalucita	Esquistos negros grafitosos con estaurolita y andalucita	Estratificada	Consolidado	I (0,1)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Paleozoico	Paleozoico	Sin Datos	0,21	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin Datos	IX EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/8

Descripción: Orueta (1885) describe la aparición de una grieta al SO de la localidad de Sedella: "*Al SO. de Sedella se ha formado una grieta de 4 centímetros de anchura media, que se dirige de ENE. á SSO. teniendo unos 30 metros de longitud. La dirección de esta grieta comprueba lo observado en los muros del pueblo respecto á la dirección del terremoto, y el hecho de haberse formado al SO. del pueblo, demostrando la intensidad que allí tuvo el movimiento, viene en apoyo de la ley general que, como mas adelante se verá, siguen las líneas de máxima acción del fenómeno.*".

Interpretación: La grieta descrita por Orueta no es posible observarla actualmente sobre el terreno, pero sí es visible una lineación en la zona indicada (al SW de Sedella) con la misma orientación que la descrita en dicho informe. Por tanto, se interpreta como la que se generó en 1884. Su orientación es oblicua a la dirección de la pendiente máxima, por lo que podrían ser descartables efectos de movimiento de ladera anteriores al terremoto.

Cuantificación: la intensidad ESI-07 estimada para este efecto, dada la apertura y longitud de las grietas es VIII.



Imagen de Google Earth donde se ha marcado la posible localización de la grieta que se describen en las crónicas históricas al SW de Sedella.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas:	Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.		
Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.13.01 *13.01. Vélez Málaga*	EVENTO	HST18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
13 / *Vélez Málaga*	4° 6'19.13"O	36°46'23.24"N	32 m	0 km²	27 km	NORESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura de inundación	Pendiente del terreno	Llano (< 2%)
Descripción Geológica	Llanura de inundación del Río Vélez, margen izquierda del río.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Esquistos oscuros con estaurolita, granate y andalucita	Aluvial	Estratificación horizontal	Sin consolidar	IV (2)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Paleozoico (Unidad de Benamocarra; de afinidad Alpujárride)	Holoceno	Sin datos	0,19	Arqueológico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
-	-	-	-	VIII EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	LIQUEFACCIÓN Y COLAPSOS DEL TERRENO: LQ/8

Descripción: En la localidad de Vélez Málaga está descrito por la misión francesa (Fouqué, 1889): "*En un campo a 1 km al sur de Vélez Málaga el asentamiento del suelo arcilloso empapado por el agua, ha llevado a brotar fuera una lámina de agua situada a 8m de profundidad; el agua ha salido por fuentes superficiales, trayendo arena y debris esquistoso del subsuelo*".

Interpretación: Esta descripción corresponde claramente con fenómenos de licuefacción. Además quedaría corroborada por haberse desarrollado en materiales susceptibles de licuefacción, correspondientes a sedimentos holocenos (arenas, limos y gravas) de la llanura de inundación del Río Vélez. La presencia de "*debris esquistoso*", se interpreta como que los procesos de licuefacción arrastraron a la superficie por fluidificación cantos rodados erosionados del sustrato paleozoico, pero no que llegasen a licuefactar materiales tamaño grava, sino que fueron las arenas fluidificadas las que arrastraron estos cantos hacia la superficie. En la actualidad esta zona está completamente urbanizada, por lo que no se han podido contrastar sobre el terreno los efectos descritos por la misión francesa.

Cuantificación: Al carecer de dimensiones exactas de las licuefacciones descritas, por lo que no es posible cuantificar la magnitud de las mismas, se ha asignado el límite inferior en el cual se generan licuefacciones, es decir una intensidad VIII ESI-07.

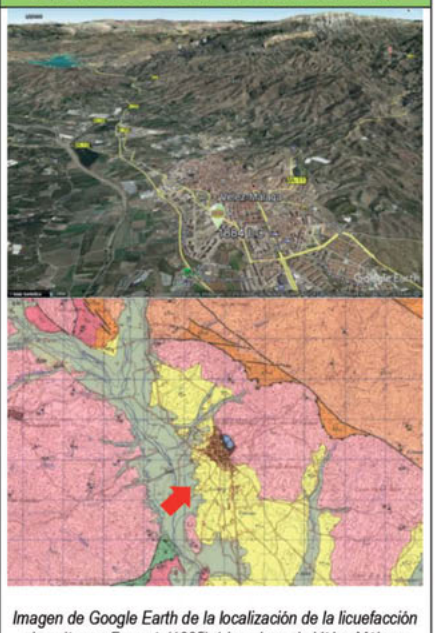


Imagen de Google Earth de la localización de la licuefacción descrita por Fouqué (1885) 1 km al sur de Vélez Málaga (Málaga). La imagen inferior es la localización de dicho fenómeno en los materiales aluviales holocenos del Río de Vélez (IGME, 1972).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan, con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del Siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al Siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

Fouqué, M.F. (1889): Mission D'Andalousie. Études relatives au tremblement de terre du 25 décembre 1884 et à la constitution géologique du sol ébranlé par les secousses. En: Mémoires à l'Académie des Sciences de l'Institut de France, Tomo XXX (2), Paris. 77 pp, 20 pl.
IGME (1972): Mapa Geológico de España. Serie MAGNA n° 1054: Vélez-Málaga.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez Pascua (IGME), María Ángeles Perucha Atienza (IGME).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.14.01 *14.01. Ventas de Zafarraya*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/9 

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
14 / Ventas de Zafarraya (Granada)	4° 7'21.32"O	36°56'56.22"N	856 m	-	13,5 km	NORESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Collado en crestones calcáreos	Pendiente del terreno	Acantilado (>70%)
Descripción Geológica	Collado generado en un crestón de calizas invertidas.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calizas	Calizas y calizas brechoides	Estratificada	Consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Jurásico	Jurásico	Sin datos	0,23	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	IX EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/9

Descripción: Domingo de Orueta describe con detalle en su informe esta caída de rocas en Ventas de Zafarraya: "*Los desprendimientos de rocas han sido muy numerosos en los alrededores de este pueblo, especialmente en los tajos que forman el boquete de Zafarraya, distantes 500 m de Las Ventas. El camino, que atravesando este estrecho puerto pone en comunicación á Chozas del Rey y las Ventas con Alcaucín y Periana, quedó totalmente interrumpido á consecuencia de los muchos peñascos que sobre él se amontonaron. En la pequeña sierra, que separa al Boquete del puerto de la Mojonera, hubo también desprendimientos de consideración, que destruyeron al cortijo de Las Pilas situado en la falda de esta sierra*".

Interpretación: El efecto topográfico de amplificación de onda en la zona escarpada del Boquete de Zafarraya hizo que se desprendiesen grandes bloques de roca. Algunos de estos bloques llegan a superar los 10 m³ de volumen. La dinámica de la ladera ha hecho que, en la actualidad, muchos de los bloques que se desprendieron durante el terremoto queden cubiertos por derrubios de ladera posteriores, quedando enmascarado actualmente dicho efecto. Esto se puede ver claramente en las dos fotografías comparativas adjuntas, una realizada días después del terremoto y otra en 2015.

Cuantificación: Debido al importante volumen de roca deslizada la intensidad ESI-07 estimada para este efecto es IX.



Caída de bloques de roca en los tajos del Boquete de Zafarraya. Fotografía de época perteneciente al Archivo del Instituto Andaluz de Geofísica (IAG). Aspecto actual del Boquete de Zafarraya y las caídas de rocas.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas:	Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.		
Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.14.02 *14.02. Ventas de Zafarraya*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/10 SM

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
14 / Ventas de Zafarraya (Granada)	4° 8'16.26"O	36°56'47.98"N	987 m	-	15,8 km	NORESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Crestones calcáreos	Pendiente del terreno	Acantilado (>70%)
Descripción Geológica	Crestón de calizas con buzamiento invertido.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calizas	Calizas y calizas brechoides	Estratificada	Consolidada	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Jurásico	Jurásico	Sin datos	0,23	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	IX EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/10

Descripción: Domingo de Orueta describe con detalle en su informe esta caída de rocas en Ventas de Zafarraya: "*Los desprendimientos de rocas han sido muy numerosos en los alrededores de este pueblo, especialmente en los tajos que forman el boquete de Zafarraya, distantes 500 m de Las Ventas. El camino, que atravesando este estrecho puerto pone en comunicación á Chozas del Rey y las Ventas con Alcaucín y Periana, quedó totalmente interrumpido á consecuencia de los muchos peñascos que sobre él se amontonaron. En la pequeña sierra, que separa al Boquete del puerto de la Mojonera, hubo también desprendimientos de consideración, que destruyeron al cortijo de Las Pilas situado en la falda de esta sierra*". En este caso es una zona de caída de bloques perteneciente al área que describe Orueta, pero situado a 1,5 km al oeste del Boquete de Zafarraya, con una zona de cicatriz de caída de bloques muy fresca que evidencia el origen reciente y asignado al terremoto de 1884.

Interpretación: El efecto topográfico de amplificación de onda de esta zona escarpada hizo que se desprendiesen grandes bloques de roca. El conjunto de bloques deslizados tiene un volumen de 20.000 m³. En las fotografías adjuntas hay una vista aérea de Google Earth donde se aprecia la masa deslizada, y otra a pie de afloramiento donde se aprecia el gran volumen de bloques de roca deslizados.

Cuantificación: Debido al volumen de roca deslizada la intensidad ESI-07 estimada para este efecto es X.

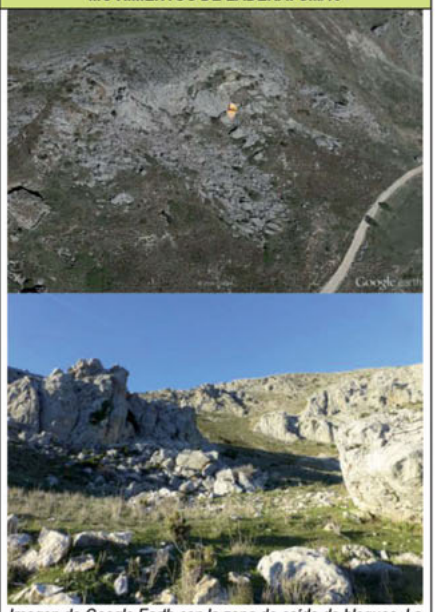


Imagen de Google Earth con la zona de caída de bloques. La fotografía inferior está realizada a pie de afloramiento y la vista está orientada hacia el N, donde se puede apreciar el importante volumen de bloques deslizado.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	X	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas:	Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.		
Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.14.03 *14.03. Ventas de Zafarraya*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR		EFECTO	RUPTURA SUPERFICIAL: SR/10	
Código / Localidad	**Longitud**	**Latitud**	**Altitud**	**Área localidad**	**Distancia epicentral**	**Orientación epicentro**	**Datos Macrosísmicos IGN** INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
14 / Ventas de Zafarraya (Granada)	4° 3'27.97"O	36°56'22.67"N	1145 m	-	9,6 km	NORESTE	**IX-X EMS/ 6,5-7,5 M***

DESCRIPCIÓN

Contexto Geomorfológico	Ladera	**Pendiente del terreno**	Escarpada (50-70%)
Descripción Geológica	Zona escarpada (50-70%) de crestones calcáreos del bloque levantado de la falla normal de Zafarraya.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	**Litología materiales afectados**	**Estructura interna**	**Grado Consolidación**	**Terreno NCSE02 (C)**
Dolomías y Calizas	Dolomías y calizas dolomitizadas	Estratificado	Consolidado	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475}IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Triásico Superior	Sin Datos	0,23	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	**Tipo de Estructura**	**Cantidad**	**Nivel de daño**	**INT. LOCAL EMS/ MSK**
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin Datos	IX EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	**Efecto Primario**	**Tipo de Efecto ESI-07**	**RUPTURA SUPERFICIAL: SR/10**

Descripción: A pesar de las descripciones históricas de grietas en el sustrato en la mitad occidental del valle de Zafarraya realizadas por Orueta, no hay ninguna que se pueda asignar directamente a la ruptura superficial de la falla. El límite sur de la depresión o polje de Zafarraya es la Falla de Ventas de Zafarraya (de carácter normal), responsable del terremoto de Arenas del Rey de 1884. Si se sigue esta traza es posible observar la ruptura superficial en algunos puntos entre Ventas de Zafarraya y el sureste de Valdeiglesias. Estas rupturas llegan a tener 60 cm de salto de falla con una clara componente normal direccional, con cabeceos de la estría de unos 150° de media. Reicherter *et al.* (2003) realizaron dos trincheras paleosismológicas en este tramo para identificar la ruptura superficial del terremoto.

Interpretación: El límite sur del polje de Zafarraya es una falla normal que limita esta cuenca sedimentaria. El bloque levantado está compuesto por calizas jurásicas, mientas que el bloque hundido tiene una cuña de margas cretácicas junto al plano de falla, y luego está compuesto por sedimentos holocenos que recubren el bloque hundido. Estos sedimentos está afectados por fallas lístricas sintéticas al plano principal. Las trincheras realizadas por Reicherter *et al.* (2003) muestran cuñas clásticas junto al plano de falla que interpretan como el relleno sedimentario de sucesivos saltos cosísmicos de la Falla de Zafarraya. El salto máximo que llegan a medir es de 1,3 m en el Cortijo del Barranco.

Cuantificación: Las magnitudes calculadas por Reicherter *et al.* (2003), utilizando las relaciones empíricas del Wells y Coppersmith (1994) para los saltos de falla medidos en las trincheras realizadas, están entre Mw=6,5 y 7. La intensidad ESI07 estimada para un salto máximo de 1,3 m (de entidad métrica) es de X.

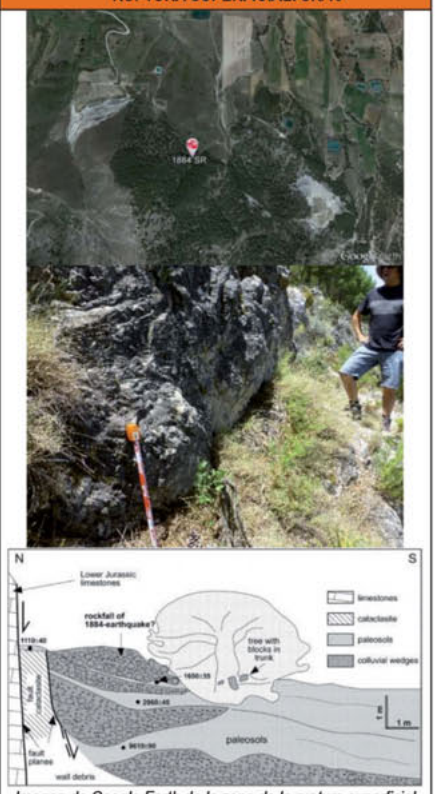


Imagen de Google Earth de la zona de la ruptura superficial del terremoto de Arenas del Rey 1884. Imagen de afloramiento del salto de falla normal y esquema interpretativo de la trinchera realizada por Reicherter et al. 2003.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	X	**Calidad de los datos (Qg)**	G	*Efectos geológicos y/o ambientales observables en campo o mediante trincheras.*

Referencias bibliográficas:	Reicherter, K.R. *et al.* (2003): Repeated palaeoseismic activity of the Ventas de Zafarraya fault (South Spain) and its relation with the 1884 Andalusian earthquake. Int. Journal Earth Science, 92 (6), 912-922.		
Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.14.04 *14.04. Ventas de Zafarraya*	EVENTO	HST18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/9

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
14 / Ventas de Zafarraya (Granada)	4° 5'55.94"O	36°57'35.76"N	916 m	-	11,3 km	NORESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura de fondo de polje	Pendiente del terreno	Llano (< 2%)
Descripción Geológica	Llanura de fondo de polje de pendiente nula y relleno con sedimentos holocenos.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Arcillas rojas	Arcillas rojas	Masiva	Semi consolidado	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Cuaternario	Cuaternario	Sin datos	0,23	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguno	Ninguna	Ninguna	Sin datos	IX EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/9

Descripción: Orueta (1885) describe la aparición de importantes grietas en el sustrato al norte del desaparecido Cortijo de Pilas: *"A 200 m al N. de este cortijo* (el de Pilas)*, en el sitio llamado Hoyo Largo, se ha formado una grieta de bastante magnitud; comienza al SE. de dicho cortijo y se dirije hacia el NO., terminando en las primeras vertientes de la sierra; su longitud total es de 300 metros, su anchura fluctua entre 4 y 75 centímetros. Alrededor de ella el terreno se halla extraordinariamente removido, hasta tal punto que en uno de los extremos de la grieta, en el que apenas era visible, se hundió repentinamente el suelo en ocasión de pasar un mulo por encima, quedando sepultado hasta el cuello. Al E. del cortijo se ha formado también otra grieta paralela á la anterior, si bien de mucha menos importancia, pues su longitud total no excede los 30 metros."*. Este hecho es ilustrado en la obra divulgativa de Flammarión (1901-1930) Los Terremotos, pero en el pie de ilustración hace referencia al camino de Loja a Alhama, mientras que Orueta sitúa este incidente, con una profusa descripción, en el camino de Pilas a Loja. Este hecho, junto a la falta de descripción de Flammarión, hace pensar en un error de localización de este segundo autor, mientras que Orueta hace directamente una descripción sobre el terreno.

Interpretación: El desarrollo de grietas en materiales blandos podría estar relacionado con fenómenos de licuefacción y *lateral spreading* asociado a paleocanales paralelos a las directrices principales de la cuenca en esta zona. De este modo serían visibles las grietas en superficie, a lo que hay que sumar que en la descripción de Orueta dice que: "*Alrededor de ella el terreno se halla extraordinariamente removido*"; lo cual podría tratarse de materiales extruidos en superficie por licuefacción.

Cuantificación: Dadas las características de los procesos de agrietamiento descritos y sus dimensiones decamétricas, asignamos una intensidad ESI-07 de IX a este efecto.



*Ilustración de la obra de Flammarión "Los Terremotos" donde el grabado representa el hecho que aconteció al N del Cortijo de Pilas, en el camino a Loja, donde se puede leer: "*se hundió repentinamente el suelo en ocasión de pasar un mulo por encima, quedando sepultado hasta el cuello".

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan, con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del Siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al Siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

Flammarión, C. (1901-1930): Los Terremotos. Tomo I. 125 pags.
Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.14.05 *14.05. Ventas de Zafarraya*	EVENTO	HST18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: SR/10

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
14 / Ventas de Zafarraya (Granada)	4° 8'22.76"O	36°57'28.45"N	971 m	-	15 km	NORESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

DESCRIPCIÓN

Contexto Geomorfológico	Borde de llanura de fondo de polje.	Pendiente del terreno	Fuerte (15-20%)
Descripción Geológica	Falla normal que delimita al sur la llanura de fondo de polje de relleno con sedimentos holocenos.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Dolomías y calizas dolomitizadas (bloque levantado de falla normal)	Margas y margocalizas esquistosas rojas (bloque hundido de falla normal)	Estratificada	Consolidado	I (0,1)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico Superior	Luteciense	Sin Datos	0,23	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguno	Ninguna	Ninguna	Sin Datos	IX EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Primario	Tipo de Efecto ESI-07	RUPTURA SUPERFICIAL: SR/10

Descripción: Orueta (1885) describe la aparición de importantes grietas en el sustrato al norte del desaparecido Cortijo de Pilas: *"A 200 m al N. de este cortijo* (el de Pilas)*, en el sitio llamado Hoyo Largo, se ha formado una grieta de bastante magnitud; comienza al SE. de dicho cortijo y se dirije hacia el NO., terminando en las primeras vertientes de la sierra; su longitud total es de 300 metros, su anchura fluctua entre 4 y 75 centímetros. Alrededor de ella el terreno se halla extraordinariamente removido, hasta tal punto que en uno de los extremos de la grieta, en el que apenas era visible, se hundió repentinamente el suelo en ocasión de pasar un mulo por encima, quedando sepultado hasta el cuello. Al E. del cortijo se ha formado también otra grieta paralela á la anterior, si bien de mucha menos importancia, pues su longitud total no excede los 30 metros. "*. En el tramo de la falla de Zafarraya junto al Cementerio de Ventas de Zafarraya, Reicherter *et al.* (2003) realizaron un estudio paleosísmico en el que identifican, además de la ruptura superficial de 1884, otros tres terremotos con desplazamiento cosísmico (ver esquema adjunto).

Interpretación: El terremoto de Arenas del Rey de 1884 tiene claras descripciones de la ruptura cosísmica superficial de la Falla de Ventas de Zafarraya. Reicherter *et al.* (2003) utilizando relaciones empíricas para la longitud de ruptura que cartografían basándose en las descripciones históricas (16 km), calculan una M = 6,4. Teniendo en cuenta el salto de falla de la ruptura superficial medida en el Cortijo del Barranco, estiman una tasa de deslizamiento de la falla para el Tortoniense de 0,17±0,03 mm/año y para el Holoceno de 0,35 mm/año y un periodo de recurrencia de 2000 años. Grützner *et al.* (2013) calculan el mismo periodo de recurrencia para esta falla y una magnitud máxima de 6,5.

Cuantificación: Dadas las características de la ruptura superficial cosísmica de la Falla de Ventas de Zafarraya así como del salto en la vertical, asignamos una intensidad ESI-07 de X a este efecto.

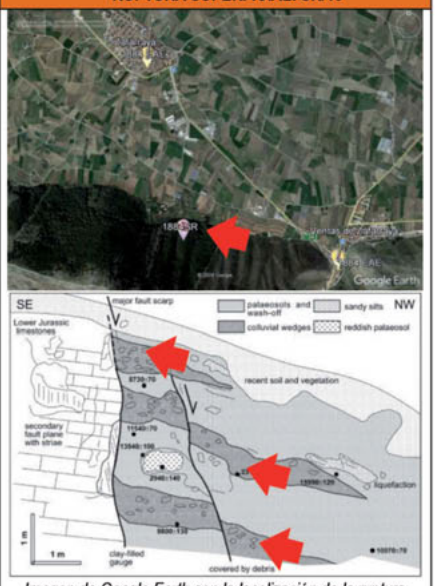


Imagen de Google Earth con la localización de la ruptura superficial de la falla de Ventas de Zafarraya en las proximidades del cementerio de la localidad del mismo nombre, donde Reicherter et al. *(2003) realizaron un estudio paleosísmico. Esquema modificado de Reicherter* et al. *(2003) de la trinchera paleosísmica realizada en este punto.*

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	X	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan, con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del Siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al Siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

Grützner, C. *et al.* (2013): Late Holocene rupture history of the Ventas de Zafarraya Fault (Southern Spain). Cuaternario y Geomorfología, 27 (3-4), 5-32.

Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.

Reicherter, K.R. *et al.* (2003): Repeated palaeoseismic activity of the Ventas de Zafarraya fault (S Spain) and its relation with the 1884 Andalusian earthquake. Int J Earth Sci (Geol Rundsch), 92: 912–922

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.15.01 *15.01. Zafarraya*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Daños diversos/9

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
15 / Zafarraya (Granada)	4° 8'37.80"O	36°58'24.51"N	917 m	0,33 km²	14,8 km	NORESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Monte isla	Pendiente del terreno	Fuerte (15%)
Descripción Geológica	Monte isla formado por calizas jurásicas que sobresale 30 m con respecto de la planicie del relleno holoceno del fondo del polje de Zafarraya.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calizas blancas pisolíticas	Calizas pisolíticas	Masiva	Consolidada	I (1,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Jurásico (Lías)	Jurásico (Lías)	Sin datos	0,23	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Iglesia	Construcción de ladrillo y mampuesto	Múltiples (>65%)	Grave	IX EMS

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	DAÑOS DIVERSOS: EAE/9

Descripción: Domingo de Orueta (1884) describe las características del movimiento sísmico en Chozas del Rey (actual Zafarraya) de la siguiente manera: "*El desastre, si bien no llega a las colosales proporciones de Las Ventas, es sin embargo de mucha consideración: 25 cadáveres se extrajeron de los escombros de 72 edificios, que en su caída hirieron además de gravedad á 24 personas y levemente á 56. Las casas ruinosas pasan de doscientas, muchas de las cuales se han hundido á consecuencia de los terremotos siguientes y de las fuertes lluvias que tuvieron lugar en los primeros días de Enero*". El que los efectos fuesen menores en Zafarraya que en Ventas de Zafarraya, Orueta lo explica porque el primer pueblo se sitúa sobre un relieve estable de calizas jurásicas, mientras que el segundo se construyó sobre los materiales holocenos que rellenan el polje de Zafarraya. El 30% de las edificaciones fueron destruidas. La antigua Iglesia de Zafarraya, ruina estabilizada en la actualidad, fue prácticamente destruida, en la que se han podido identificar los siguientes EAEs mediante fotografía antigua y campo:
1- Bóveda de crucero colapsada.
2- Muro N de la nave principal colapsado hacia los N015ºE.

Interpretación: La dirección media de movimiento del terreno deducida a partir de los EAEs correspondería a NNE-SSW. La elevación topográfica del monte isla donde se asienta el casco antiguo de Zafarraya pudo producir amplificación de onda en la localidad.

Cuantificación: La destrucción de una parte importante de las casas de la localidad hace que la intensidad EMS98 otorgada a Zafarraya es de IX.





Fotografía de época de la Iglesia de Zafarraya (Archivo del Instituto Andaluz de Geofísica). Vista actual de la ruina estabilizada.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	IX	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas:	Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.		
Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.15.02 *15.02. Zafarraya.*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/9 

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
15 / Zafarraya (Granada)	4°11'12.14"O	36°59'22.06"N	1135 m	-	18,2 km	ESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Cerros calcáreos	Pendiente del terreno	Escarpada (50-70%)
Descripción Geológica	Cerro de calizas plegadas.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Dolomías y calizas	Calizas blancas pisolíticas	Estratificada	Consolidada	I (0,1)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico Superior	Jurásico (Lias)	Sin datos	0,23	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	IX EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/9

Descripción: Domingo de Orueta describe caídas de rocas en las proximidades Chozas del Rey (actual Zafarraya): *"En los cerros de Viton y del Moro, entre los cuales pasa el camino que conduce de Alfarnate á Chozas del Bey, han ocurrido desprendimientos de importancia, abriéndose en algunos puntos cavidades circulares de 1 á 3 metros de diámetro y profundidad variable entre 50 centímetros y 1 metro. Debe atribuirse este fenómeno á las muchas cavidades que contienen las capas jurásicas, Jaspón, que constituyen aquellos cerros, pues la forma circular y la limitada extencion de los hundimientos excluye hasta cierto punto, en este caso, la hipótesis de movimiento interno en las fallas".*

Interpretación: Una de las posibles causas de estas caídas de bloques es el efecto topográfico de amplificación de onda de esta zona escarpada. El área descrita por este autor actualmente ha desaparecido, al ser destruida por una cantera de calizas que prácticamente ha hecho desaparecer el Cerro del Moro. Por tanto, no disponemos de datos volumétricos del material deslizado.

Cuantificación: Debido a que no se disponen de datos del volumen de roca deslizada la intensidad ESI-07 estimada para este efecto se ha deducido de descripciones equivalentes realizadas por Orueta en este terremoto de las que sí se dispone de volúmenes (ver ficha 1884.14.01), por lo que se le ha otorgado una intensidad ESI07 de IX.

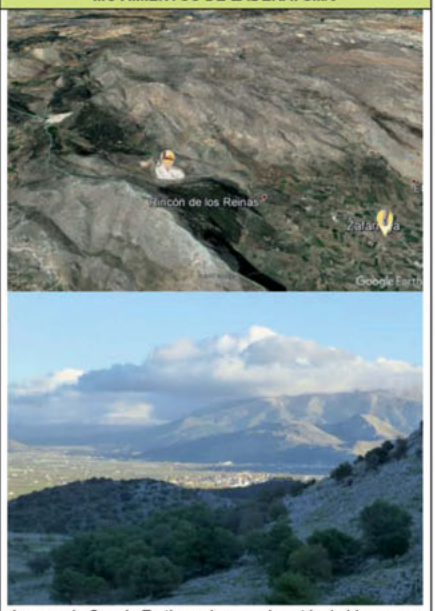


Imagen de Google Earth con la zona de caída de bloques en el Cerro del Moro, actualmente una cantera de calizas. Vista E del camino a Alfarnate donde se describieron parte de las caídas de bloques junto al Cerro del Moro.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	IX	Calidad de los datos (Qg)	A	*Efectos geológicos y/o ambientales extensamente documentados por informes técnicos y publicaciones científicas de la época, noticias en los periódicos, y estudiados en publicaciones científicas recientes que describen y cuantifican los desplazamientos superficiales cosísmicos asociados. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con posterioridad al año 1800 AD (Siglo XIX).*

Referencias bibliográficas:	Orueta y Duarte, D. (1885): Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga. 51 pags, 22 fotos y 1 mapa.
Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME) y María Ángeles Perucha Atienza (IGME)*
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España* — Número (Vol.): 2 — Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.16.01 *16.01. Granada. La Alhambra.*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY .GR	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Daños diversos/7

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
16 / Granada	3°35'23.05"O	37°10'39.01"N	760 m	-	40,5 km	SUROESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Colina alargada E-O con laderas abruptas.	Pendiente del terreno	Cantil (>70%)
Descripción Geológica	Colina formada por materiales detríticos (arcillas, arenas y conglomerados) que se interpretan como facies de abanicos aluviales de edad Plioceno superior-Pleistoceno inferior. Es una colina alargada según una dirección E-O modelada por los ríos Darro y Genil.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: arcillas, arenas y conglomerados	Arcillas, arenas y conglomerados	Estratificado	Semi-consolidado	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno superior-Pleistoceno inferior	Plioceno superior-Pleistoceno inferior	Sin datos	0,23	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Muros de tapial y ladrillo con estuco	Edificio Histórico	Algunos	Ligero	EMS D (daños consignados) > V

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Primario	Tipo de Efecto EAE	DAÑOS DIVERSOS: EAE/7

Descripción: Fouqué (1889) describe: "*En la Alhambra se han hecho algunas grietas en los muros de la sala de los Embajadores*".

Interpretación: La distribución de grietas en la sala de los Embajadores no muestra un patrón claro de dirección media del movimiento del sustrato, ya que aparecen en los cuatro paños de los muros que conforman esta sala. Sin embargo, las deformaciones de los arcos de la entrada S de la sala sí marcan una dirección de movimiento medio E-W, compatible con la dirección media obtenida para rotura de esquinas en columnas en el cercano Patio de los Leones (Rodríguez-Pascua *et al.*, 2015). Esta compatibilidad hace que ambos efectos podrían ser generados por el terremoto de 1884, tanto por su orientación como por la intensidad que marcan.

Cuantificación: En la localidad no existen más daños referidos en las construcciones por lo que la intensidad EMS asignada es VII.

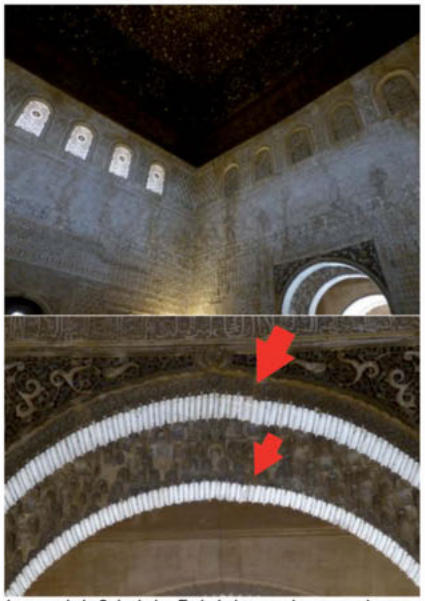


Imagen de la Sala de los Embajadores en la que se observan grietas en los muros, probablemente ocasionadas por el terremoto de 1884. Deformaciones en los arcos de la entrada de la Sala de los Embajadores.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VII	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan, con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del Siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al Siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:

Fouqué, M.F. (1889): Mission D'Andalousie. Études relatives au tremblement de terre du 25 décembre 1884 et à la constitution géologique du sol ébranlé par les secousses. En: Mémoires à l'Académie des Sciences de l'Institut de France, Tomo XXX (2), Paris. 77 pp, 20 pl.

Rodríguez-Pascua, M.A., Perucha, M.A., Silva, P.G., Giner Robles, J.L., Pérez-López, R., García Gutiérrez, G.B. (2015): Evidencias de efectos arqueológicos de terremotos (EAEs) en la Alhambra (Granada, Andalucía, España). XIV Reunión Nacional de Cuaternario, Granada 2015. 191-193.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME), María Ángeles Perucha Atienza (IGME) y Guadalupe García Gutiérrez (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.17.01 *17.01. Nerja.*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Daños diversos/7

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
17 / Nerja	3°52'34.81"O	36°44'54.39"N	25 m	-	29,8 km	SUR-SURESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Glacis con suave pendiente	Pendiente del terreno	Muy suave (2-5%)
Descripción Geológica	Abanico aluvial		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Metamórfico: esquistos	Conglomerados y limos	Estratificado	Sin consolidar	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Paleozoico	Pleistoceno	Sin datos	0,19	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Muros de mampuesto	Casas	Sin datos	Ligero	EMS D (daños consignados) > V

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Primario	Tipo de Efecto EAE	DAÑOS DIVERSOS: EAE/7

Descripción: Fouqué (1889) describe: "*Casas agrietadas. Algunas chimeneas derribadas en una dirección NNO*".

Interpretación: En este caso la dirección de movimiento medio del sustrato se ajusta a la dirección de caída de las chimeneas NNO-SSE, compatible con la situación del epicentro hacia el NNO de esta situación.

Cuantificación: Teniendo en cuenta que se produjeron grietas en las casas y caídas orientadas, la intensidad EMS asignada es VII.



Imagen de Google Earth de Nerja, donde se marca la zona del casco antiguo donde se describieron las caídas orientadas de chimeneas hacia los NNO.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VII	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan, con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del Siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al Siglo XIX.*

Referencias bibliográficas: Fouqué, M.F. (1889): Mission D'Andalousie. Études relatives au tremblement de terre du 25 décembre 1884 et à la constitution géologique du sol ébranlé par les secousses. En: Mémoires à l'Académie des Sciences de l'Institut de France, Tomo XXX (2), Paris. 77 pp, 20 pl.

Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME), María Ángeles Perucha Atienza (IGME) y Guadalupe García Gutiérrez (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	HST 18841225.18.01 *18.01. Villanueva del Trabuco (Málaga)*	EVENTO	HST 18841225 ARENAS DEL REY. GR	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/6 

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
18 / Villanueva del Trabuco (Málaga)	4°19'4.99"O	37° 0'33.28"N	921 m	-	32 km	ESTE	IX-X EMS/ 6,5-7,5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Escarpe	Pendiente del terreno	Cantil (>35°)
Descripción Geológica	Escarpe en calizas y dolomías del Jurásico Inferior que están en contacto mecánico con los materiales cenozoicos, fundamentalmente, sobre los que se desarrolla el valle del río Guadalhorce.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calizas y dolomías	Calizas y dolomías	Estratificada	Consolidada y fracturada	I (1,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Jurásico Inferior	Jurásico Inferior	Sin datos	0,21	Histórico

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	VII EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/6

Descripción: Las descripciones de época de la Misión Francesa (Fouqué, 1889) mencionan: *"En el momento de la sacudida del 25 de diciembre, se han desprendido bloques voluminosos de la montaña y han rodado hasta el pie de las laderas. En el pueblo varias casas están agrietadas."*

Interpretación: Al pie de los escarpes de calizas y dolomías del Jurásico Inferior que se encuentran al Este y Sureste de la localidad se aprecian bloques desprendidos que se pueden corresponder con los mencionados en el informe realizado por la Misión Francesa (Fouqué, 1889).

Cuantificación: Debido a la inexistencia de datos más concretos acerca del volumen de rocas desprendido es difícil estimar la intensidad, sin embargo, no debieron ser muy grandes cuando no se incide mucho sobre ello, por tanto, la intensidad ESI-07 estimada para este efecto es VI.



Imagen de Google Earth en la que se aprecian los relieves calcáreos del Jurásico Inferior situados al Este y Sureste de la localidad desde los que se desprendieron bloques durante el terremoto de 25 de diciembre de 1884.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VI	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan, con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del Siglo XX. Por lo general estos hacen referencia a los eventos ocurridos con anterioridad al Siglo XIX.*

Referencias bibliográficas:	Fouqué, M.F. (1889): Mission D'Andalousie. Études relatives au tremblement de terre du 25 décembre 1884 et à la constitution géologique du sol ébranlé par les secousses. En: Mémoires à l'Académie des Sciences de l'Institut de France, Tomo XXX (2), Paris. 77 pp, 20 pl.		
Información Recopilada	*Miguel Ángel Rodríguez-Pascua (IGME), María Ángeles Perucha Atienza (IGME) y Guadalupe García Gutiérrez (IGME)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

9.15. PRE 19560419 ALBOLOTE (Granada) 1956 AD
Terremoto de Albolote (Pre-Instrumental, Siglo XX)

PRE 19560419: ALBOLOTE (Granada). 1956 AD												PRE-INSTRUMENTAL	
FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO		
19560419*AD*	18:38	3°41'O	37°11'N	5,0 Ms	VIII	VIII	VIII	A	I	B	Albolote. GR		
Método de datación:		CATALOGADO									Tipo Evento:	PRE	
Prof. km	6	±EZ	3	±EH-	-	M_o	-	Eventos asociados		RÉPLICAS	Agencia:	IAG-IGN	
EEE Primarios		NO		Longitud Falla		-		Desplazamiento		-	Tipo Desp.:	SIN DATOS	
EEE Secundarios		SÍ		Categoría ESI07		☒GK ☒SM ☐LQ ☐HD ☐HA ☒WA ☐TS					Área afectada:	44 km²	
Otros EEE Ambientales		SÍ		☒ OTROS EFECTOS (OT): Agitación de la vegetación (Albolote y Atarfe). Movimiento ondulatorio de las calles en Granada deformando los raíles de los tranvías (posible licuefacción subsuperficial). Ruidos subterráneos se notaron incluso en poblaciones distantes. Fenómenos luminosos en Atarfe.									
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ		☒ EAEs: Grietas en juntas de muros y en las columnas de la iglesia; Mayor daño en las paredes con orientación E-O y desplomes preferentes hacia el O y NO en Albolote; Caídas hacia el NE y agrietamientos en la misma dirección en Atarfe.									

Referencias bibliográficas básicas:

Corral López, A. (1979): Los terremotos de Granada. Diario Patria de Granada de 31 de julio de 1979.
Bonelli Rubio, J.M. y Esteban Carrasco, L. (1957): El sismo destructor de 19 de abril de 1956 en la Región de Granada. Talleres del Instituto Geográfico y Catastral (Publicado en Revista de Geofísica, 61). 6 pp.
Bonelli Rubio, J.M. y Esteban Carrasco, L. (1958): El sismo de Albolote-Atarfe de 19 de abril de 1956. Talleres del Instituto Geográfico y Catastral. 18 pp.
IAG (On-Line): El terremoto de Atarfe-Albolote de 19 de abril de 1956. Instituto Andaluz de Geofísica. Disponible en: http://iagpds.ugr.es/pages/informacion_divulgacion/
Sanz de Galdeano, C. *et al.* (2012): Main active faults in the Granada and Guadix-Baza Basins (Betic Cordillera). Journal of Iberian Geology 38 (1), 209-223.



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
PRE 19560419 Albolote. GR	3°41'W	37°11'N	5.0 Ms	VII	VIII	VIII	B	**Betic Cordillera (Zone 52)**

EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES
Ref.: IAG (On-Line); Bonelli Rubio y Esteban Carrasco (1957; 1958)

Event Type: **PRE-INSTRUMENTAL**

GENERAL DAMAGE: In the epicentral area (Albolote) 41% of houses underwent moderate damage, 35% inhabitable, 6% ruined and 1% completely destroyed. 73 injured people and 11 fatalities were reported, 5 of them as a consequence of a large rotational landslide occurred 20 hours after the main shock in the Beiro river (Granada). Significant similar damage in most of the localities of "La Vega de Granada", around Sierra Elvira (Atarfe, Pinos Puente, Santa Fe, Maracena, etc.), which reached intensity VIII MSK.Up to 116 aftershocks were recorded until May 14th some of them reaching up to intensity VI MSK.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Environmental damage by secondary effects over a total area of 45 km² included within the intensity zone VII ESI-07.However documented EEEs are restricted to an elongated NNW-SSE area 12 km long and 2 km wide between Tajo Colorado (Atarfe) and Granada following the piedmont zone of Sierra Elvira and Granada and covering and effective area of about 24 km². 2 Slope Movements and 2 ground cracks records are documented in this intensity belt. Oriented EAEs documented for Albolote and Atarfe.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☒ ***2 Ground cracks (GK):*** *Significant wavy undulations of the street pavement produced permanent deformations in the railroads in Granada, about 7.5 km away from the epicentre. Poorly documented ground cracks in the square of the "El Observatorio de La Cartuja" in Granada.*
☒ ***2 Slope movements (SM):*** *A large landslide (5000 m³) occurred on April 20th in Beiro riverbanks, 2 km north of Granada about 20 hours after the main shock (delayed effect). The effect was probably consequence of large ground cracks produced by the earthquake triggering the delayed collapse of one of the inhabited caves in the area. Large rock falls were reported in Tajo Colorado quarry (Sierra Elvira), probably related to the instability of large blocks and quarry walls.*
☐ ***Liquefaction processes (LQ):*** *No Reported.*
☐ ***Hydrogeological anomalies (HD; HA):*** *No Reported.*
☒ ***1 Anomalous waves and tsunamis (1WA):*** *Standing concentric waves were observed at Cubillas Dam, 10.2 km away from epicentre.*
☒ ***1 Other effects:*** *Tree shaking reported for the epicentral area5.5 km (Albolote) to 4.5 km (Atarfe) away from the epicentre.*
☒ ***2 Archaeoseismic damage:*** *Large diagonal penetrative fractures in the walls and tower of the church in Albolote with NE-SW orientation. In this locality, stronger damage (fractures) was documented in E-W oriented walls. In Atarfe house walls preferentially collapsed towards the west. NE directions were observed in the oriented collapse of large marble plates of a factory (Mármoles Prieto Moreno y Ruiz, S.A.) of the village. Some marble plates were located 2 m to the west of its original position.*

☒ ***Geological Data:*** *Seismic event no subject to specific geological studies. Geological effects documented by news in the epoch journals (ABC, El ideal) and ancient film records (NODO). However, the more relevant information comes from the description of Antonio Due former director of the Geophysical Observatory of "La Cartuja" at Granada, presently Instituto Andaluz de Geofísica (IAG) and documents on oriented damage reported by Bonelli and Esteban Carrasco (1958). Descriptions are brief but enough to locate in most of the cases and in some cases enough to estimate the quantification of the reported EEEs and EAEs.* ***Quality of Geological information: Class B.***

Research / Data compilation by: *T. Bardají (UAH), P.G. Silva (USAL). Published in 2014.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
PRE 19560419 Albolote. GR	3°41'O	37°11,4'N	5,0 Ms	VII	VIII	VIII	B	**Cordillera Bética (Zona 52)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN Ref.: IAG (On-Line); Bonelli Rubio y Esteban Carrasco (1957; 1958)	**Tipo de Evento**	**PRE-INSTRUMENTAL**

DAÑOS GENERALES: En el área epicentral (Albolote) el 41% de las casas sufrieron daños moderados; el 35% resultaron inhabitables, el 6% quedaron es estado ruinoso y el 1% completamente destruidas. Se notificaron 73 heridos y 11 muertes, 5 de ellas como consecuencia de un deslizamiento que se produjo 20 horas después del sismo principal en la zona del río Beiro (Granada). Los daños fueron significativos para todas las poblaciones situadas en la Vega de Granada, en la zona de Sierra Elvira (Atarfe, Pinos Puente, Santa Fe, Maracena, etc.), donde se alcanzó VIII MSK. Se registraron un total de 116 réplicas, algunas de ellas llegaron a alcanzar intensidad VI MSK.

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Daños ambientales definidos por efectos secundarios cubren un área total de 45 km· definidos por la zona de intensidad VII ESI-07. No obstante, los EEEs documentados se encuentran restringidos a una zona elongada en dirección NNE-SSO entre los piedemontes de Sierra Elvira (Tajo Colorado) y Granada, definiendo un cinturón de 12 km de longitud y unos 2 km de anchura sobre un área de unos 24 km². 2 Movimientos de ladera y 2 procesos de agrietamiento se documentan en los extremos de este cinturón. EAEs orientados se han documentado para las localidades de Albolote y Atarfe.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☒ ***2 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *En Granada, a unos 7,5 km de distancia epicentral, las calles se ondularon significativamente como si fueran pequeñas olas produciendo la deformación permanente de los raíles de los tranvías. También se cita la aparición de grietas en la rotonda del Observatorio de la Cartuja en esta misma ciudad.*
☒ ***2 Movimientos de ladera (SM):*** *El 20 de abril, en el valle del río Beiro, a 2 km al norte de Granada, se produjo un gran deslizamiento (5000 m³) unas 20 horas después del evento principal, que causó 5 de las 11 muertes producidas por el evento (efecto secundario retardado). Este efecto fue probablemente consecuencia de la apertura de grandes grietas causadas por el terremoto, provocando el colapso retardado de una de las cuevas habitadas del lugar. También ocurrieron grandes desprendimientos en el Tajo Colorado (Sierra Elvira), en las cercanías de Atarfe (4,5 km) que fueron achacados a un mal saneamiento de la cantera y a la inestabilidad de los bloques.*
☐ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *No Registrados.*
☐ ***Anomalías Hidrogeológicas (HD; HA):*** *No Registrados.*
☒ ***1 Oleaje Anómalo y Tsunamis (1WA):*** *Se observaron ondas concéntricas en el agua en el Pantano de Cubillas a 10,2 km de distancia epicentral.*
☒ ***1 Otros efectos:*** *En el área epicentral (Atarfe y Albolote) se produjo una significativa agitación de árboles. Según descripciones de la época, en los olivares los árboles se vencían unos sobre los otros. Estas localidades se encuentran entre 5,5 km (Albolote) y 4,5 km (Atarfe) de distancia epicentral.*
☒ ***2 Daños Arqueosísmicos:*** *En Albolote se produjeron fracturas diagonales en las casas, así como en la fachada y en la torre de su iglesia, a la cual recorrían en toda su longitud y tenían dirección NE-SO. En esta localidad se observó un mayor daño en las paredes con orientación E-O. En Atarfe, los muros que colapsaron lo hicieron preferentemente hacia el Oeste y Noroeste. También se observó direccionalidad en las caídas de grandes placas de mármol de la fábrica Mármoles Prieto Moreno y Ruiz, S.A., en las que las placas que cayeron lo hicieron preferentemente en su fachada NE y algunas pocas en la SE. Las placas de las fachadas NO y SO no sufrieron desplazamiento alguno. Según las descripciones, algunas de las placas se movieron hasta dos metros.*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Este evento sísmico no ha sido objeto de ningún estudio geológico específico. Los efectos geológicos se encuentran documentados en los diarios de la época (p.ej. ABC, El Ideal) y noticiarios del NODO (accesibles en YouTube), pero las más importantes son las descripciones del Padre Due, Director del Observatorio de la Cartuja en su época y los datos sobre daños orientados consignados por Bonelli y Esteban Carrasco (1958). Las descripciones son breves o genéricas, pero en la mayoría de los casos han permitido localizar, y en algunos casos estimar la cuantificación de los EEEs y EAEs documentados.* ***Calidad de la información geológica de Clase B.***

Investigación / Compilación de la información: *T. Bardají (UAH), P.G. Silva (USAL). Publicado en 2014.*

IMAGEN EVENTO





Foto 3. *Fábrica de ladrillos.*

Plano de falla sobre los materiales aflorantes en el Tajo Colorado y rellenos de las antiguas canteras (Foto P.G. Silva).

Fotografía de los desplomes de las planchas de mármol en la Fábrica de Mármoles de Prieto-Moreno y Ruiz, S.A. en la localidad de Atarfe. (IAG).

DESCRIPCIÓN
PRE 19560419: ALBOLOTE (Granada). 1956 AD **DATOS IAG**

Descripción.

El 19 de abril de 1956, a las 18:38 se produjo uno de los más importantes terremotos del s. XX en España; produjo grandes daños materiales en una zona de 10 km de diámetro y centro en Albolote. Las poblaciones de Atarfe y Albolote fueron descritas como arruinadas en la prensa local, y las de Santa Fe, Maracena y diversos barrios de Granada capital, muy afectadas. Hubo 60 heridos, 7 muertos directos y 5 debidos a un deslizamiento de tierra a 2 km al Norte de Granada, en el río Beiro, a 600 m del puente del camino de Alfacar. El "*deslizamiento (5.000 m³) se produjo el día 20 a las 14 horas, atrapando a un matrimonio y 3 de sus hijos en el interior de una cueva. Probablemente se debió a la gran cantidad de agua de lluvia inyectada a través de las fracturas producidas por el terremoto*".

El terremoto fue descrito por el Padre Antonio Due, entonces director del Observatorio de la Cartuja, como de unos cuatro segundos de duración, violento, produciendo grietas en juntas de los muros y ventanas, desprendimientos de yesones, caída de objetos, relojes parados, etc. en dicho observatorio. Sitúa el epicentro entre Albolote y Atarfe, a los que asigna una intensidad máxima de VIII, indicando que la zona de intensidad VII alcanzó un radio de unos 10 km, incluyendo Granada y todos los pueblos del norte de su vega. El estudio macrosísmico de Bonelli y Esteban Carrasco (1957) detalla que el área afectada por intensidad VIII fue de 67,5 km², correspondiente a un círculo de radio equivalente de 4,64 km, y que la de intensidad VII cubrió 222,5 km² con un círculo de 8,41 km de radio equivalente que se extiende por toda la vega alta y baja del río Genil (Sierra Elvira a Granada). Bonelli y Esteban Carrasco (1958) indican la caída direccional de objetos en Atarfe, Albolote y Maracena en la zona epicentral (Intensidad VIII), con direcciones que convergen hacia una pequeña área situada en el triángulo Atarfe-Albolote-Sierra Elvira donde sitúan el epicentro macrosísmico, unos 3 km al OSO de la localidad de Atarfe, frente al Tajo Colorado. Estos autores relacionan el terremoto con la Falla del Río Genil (NNO-SSE), que separa Sierra Elvira de la zona vega.

Indica que en Albolote "*sufrieron más las paredes orientadas E-O,grietas en columnas de la iglesia, movimiento de árboles*", ruido subterráneo general notado en poblaciones bastante alejadas.También habla de fenómenos extraños descritos por la población como corriente de aire, fuego y piedras procedente del Tajo Colorado que parecía salir de la Raja Santa, así como de los "*desprendimientos que tuvieron lugar en el Tajo Colorado*", en las inmediaciones de Sierra Elvira, que posteriormente se achacan a un mal saneamiento de la cantera y a la inestabilidad de los bloques. Según indican Bonelli y Esteban Carrasco (1958), "*las personas que se encontraban en el campo, próximo al área epicentral, dicen haber visto en los primeros momentos oscilar exageradamente los árboles e incluso ondularse el terreno*". Las réplicas estudiadas comenzaron a las 20 horas, y duraron hasta los primeros días de mayo, algunas de las cuales llegaron a alcanzar intensidad VI MSK (datos IGN). Los datos aportados por el Padre A. Due, D. J. Sancho de San Román, J. Bonelli y L. Esteban nos permiten saber con exactitud los efectos del sismo sobre las poblaciones más afectadas. En resumen fueron los siguientes:

Atarfe (8.000 habitantes y 1.500 casas). Los edificios buenos sufrieron daños y de todos ellos quedaron 600 con grietas reparables, 600 con daños considerables, 200 ruinosos y 10 destruidos. Las fachadas y muros más dañados fueron preferentemente los de dirección O y NO, con colapsos preferentes hacia el Oeste. Las caídas direccionales fueron patentes en una fábrica de planchas de mármol "Mármoles Prieto-Moreno Ruiz, S.A.", situada frente al pueblo junto a la carretera de Granada. La caseta de un transformador quedó agrietada en sus cuatro paredes de ladrillo. *Se citan fenómenos luminosos en el lugar del epicentro, junto a Tajo Colorado*.

Albolote (5.000 habitantes y 850-900 casas). Los objetos cayeron al suelo a distancias de 4 m de su posición inicial (Escudo de la fachada NE del Ayuntamiento). Los edificios mejor preparados presentan grietas en algunos casos considerables. Los de inferior calidad quedaron inservibles y otros hundidos. Las casas quedaron 350 con grietas reparables, 300 con daños considerables e inhabitables, 50 ruinosas y 7 destruidas. La iglesia de la Encarnación (s. XVI) perdió parte de su alero que cayó hacia el SO y la torre presentaba grietas notables de dirección NE-SO en toda su longitud. Muchas viviendas perdieron los tejados. Bonelli y Esteban Carrasco (1958) indican que la parte NO de Albolote no sufrió grandes daños, al contrario que su zona NE que quedó arruinada.

En ***Granada*** hubo pánico fue general. Objetos caídos, vajillas destruidas, relojes de péndulo parados, caída de una cruz de piedra en la iglesia del Sagrado Corazón hacia el NO, al igual que un remate de piedra de la fachada NO de la Audiencia. Los edificios buenos solo sufrieron grietas, pero el barrio del Albaicín (de peor construcción, al NO de la ciudad) resultó bastante afectado. Algunas viviendas quedaron ruinosas y las que presentaban grietas alcanzaron el 50%. Hubo dos muertos y varios heridos. Se pararon los relojes del Observatorio de Cartuja, averías en los sismógrafos y grietas en la rotonda del edificio. Según datos del IAG, en la ciudad todavía hoy muchas personas recuerdan este sismo y hablan de los "*efectos sobre los raíles del tranvía, las calles se movieron como si fueran pequeñas olas*".

En Maracena y Santa Fe se registraron daños importantes de grado VII en casas e iglesias, especialmente en la primera localidad donde el 50 % de sus casas quedaron agrietadas y donde todos los objetos cayeron todos en sentido NO. No obstante, Santa Fe es situada por Bonelli y Esteban Carrasco en la zona de intensidad VIII. Daños menores en Pinos Puentes y Peligros. Daños de menor consideración en otras poblaciones como Melicena, Pulianas, Purchil, Churriana, Armillasy Güevéjar,

donde a juzgar por las descripciones de daños se alcanzó al menos el grado VI. En el Pantano de Cubillas el mástil de una torre sumergida 17 metros y 15 sobre el agua osciló, se produjeron *ondas concéntricas en el agua*. En el poblado del pantano toda la gente salió a la calle y en las viviendas se apreciaban grietas. En el Observatorio de Cartuja se registraron hasta 116 réplicas ocurridas como efecto del terremoto principal, algunas de ellas alcanzaron el grado V y IV; estas continuaron hasta finales de junio en que se registraron pequeños enjambres de terremotos.

En la actualidad el terremoto se encuentra catalogado en las bases de datos del IGN con intensidad VIII EMS, evento denominado "NW Purchil". Las bases de datos del IAG, mantienen la denominación histórica del evento (Albolote), pero le sitúan unos 1,8 km al NO (37º12'N; 3º42'O) de la localización del IGN, inmediatamente al Sur de Atarfe, asignándole también una intensidad máxima VIII EMS. Por el contario, la localización del evento en el mapa de intensidades original de Bonelli y Esteban Carrasco (1957) queda situado al OSO de Atarfe (37º13'N; 3º43'O), en las inmediaciones del actual Polígono Industrial La Fuente y del Cortijo Rural Torreabeca. Recientes relocalizaciones (Mezcua *et al*., 2013) sitúan este evento 9 km al sur de las coordenadas del IGN en el interior de los relieves neógenos de la Cuenca de Granada (37º6'36N; 3º44'48O), en las cercanías de la localidad de La Malahá, posición muy discordante con la distribución de daños EMS y ESI catalogados. Como se observa, los terremotos pre-instrumentales poseen un alto grado de discordancia en cuanto a la localización precisa de su epicentro dependiendo del organismo que lo cataloga o de los métodos empleados para su localización. En cualquier caso, las localizaciones del IGN, IAG y la original de Bonelli y Esteban Carrasco (1957) se sitúan en la vega del Genil, más o menos coherentes con la distribución de daños y en relación con los sistemas de fallas activas NO-SE identificados en la zona por Sanz de Galdeano *et al*. (2012).

Referencias:

Bonelli Rubio, J.M. y Esteban Carrasco, L. (1957): El sismo destructor de 19 de abril de 1956 en la Región de Granada. Talleres del Instituto Geográfico y Catastral (Publicado en Revista de Geofísica, 61). 6 pp.

Bonelli Rubio, J.M. y Esteban Carrasco, L. (1958): El sismo de Albolote-Atarfe de 19 de abril de 1956. Talleres del Instituto Geográfico y Catastral. 18 pp.

IAG (On-line). El terremoto de Atarfe-Albolote de 19 de abril de 1956. Instituto Andaluz de Geofísica: http://iagpds.ugr.es/pages/informacion_divulgacion/

Mezcua, J., Rueda, J., García Blanco, R.M. (2013): Iberian Peninsula Historical Seismicity Revisited: An Intensity Data Bank. Seismological Research Letters, 84 (1), 9-18.

Sanz de Galdeano, C., García-Tortosa, F.J., Peláez, J.A., Alfaro, P., Azañón, J.M., Galindo-Zaldívar, J., López Casado, C., López Garrido, A.C., Rodríguez-Fernández, J., Ruano, P. (2012): Main active faults in the Granada and Guadix-Baza Basins (Betic Cordillera). Journal of Iberian Geology 38 (1), 209-223.

INTERPRETACIÓN **ANÁLISIS DE DATOS**

PRE19560419: ALBOLOTE (Granada).1956 AD

Autores: Teresa Bardají, Dpto. Geología, Geografía y Medio Ambiente, Universidad de Alcalá
Pablo G. Silva, Dpto. Geología, Universidad de Salamanca

EEE. Efectos Geológicos y Ambientales del Terremoto de Albolote – 1956 AD

En el estudio de los daños causados por este terremoto que llevó a cabo el entonces director del Observatorio de la Cartuja, el Padre Due Rojo, se mencionan al menos seis efectos ambientales y geológicos (EEE) catalogables como tales dentro del Escala ESI-07, y algún otro efecto que, dada su naturaleza efímera, no pueden ser incluidos tales como ruidos subterráneos o efectos luminosos. El P. Due hace mención a importantes desprendimientos (SM) en el Tajo Colorado (Sierra Elvira) y un importante deslizamiento en el Río Beiro (2 km de Granada). Los procesos en Tajo Colorado (5,7 km) fueron notables y sus descripciones, seguramente magnificadas, tuvieron importante eco en la prensa local, nacional y noticiarios como el NODO. Las descripciones hablan de grandes columnas de piedras, humo, vapor y fuego y se refieren al suceso como si se tratase de una explosión o una gran voladura en la cantera. Casi seguramente, se tratará del desprendimiento de grandes bloques de piedra que ocasionaron grandes nubes de polvo. Aunque como se cita en los datos del IAG pudieron deberse al mal estado de conservación de la cantera, no hay duda que su volumen tuvo que ser muy importante, quizá por encima de los 1.000 m^3, como se observa en la actualidad en los descalces del importante plano de falla NO-SE que limita las paredes de las antiguas canteras. Respecto al importante deslizamiento de 5.000 m^3 del Río Beiro (c. 8 km), se trata de un deslizamiento retardado (c. 20 h), pero inducido por importantes agrietamientos que produjo el terremoto en la ladera norte del río, donde de por sí se observan numerosos procesos de deslizamiento. En ambos casos no se puede asignar una intensidad mayor a VII ESI-07.

Otros procesos catalogables son los agrietamientos del terreno (GK) en la rotonda del Observatorio de la Cartuja y los fenómenos de deformación de los raíles de los tranvías como consecuencia de los procesos ondulatorios del terreno. Ambos efectos se verifican a lo largo del piedemonte de Granada, entre los barrios altos y bajos de la ciudad, pero sobre materiales aluviales los cuales son susceptibles de presentar este tipo de procesos. Los agrietamientos serían significativos ya que se consignan específicamente, aunque no se dispone de datos para su orientación o cuantificación, pero sin duda de anchura centimétrica, lo que supone una intensidad mínima de VII ESI-07. Los procesos de ondulación del terreno se consideran en la Escala ESI-07 a partir de intensidad VIII, pero en este caso los efectos permanentes parece que quedaron sobre los raíles de los tranvías y no sobre el terreno, por lo que la intensidad no puede superar VII ESI-07.

En el caso de las olas concéntricas que se produjeron en el Pantano de Cubillas, es difícil asignarles una intensidad, ya que pueden producirse a partir de intensidad IV ESI-07. No obstante, las descripciones del poblado del embalse indican que "*toda la gente salió a la calle y en las viviendas se apreciaban grietas*" lo que indica una intensidad mínima V-VI EMS. Por último, las descripciones sobre la vigorosa agitación de los arboles (olivos) en la zona de Albolote nos indica una intensidad mínima ≥ VI ESI-07, aunque los daños registrados se elevaron a grado VIII MSK, actualmente considerados de grado VII EMS por el IAG.

Prácticamente todos ellos definen una intensidad ≥VI ESI-07 y se encuentran dentro de una distancia menor de 8 km con respecto al epicentro, encontrándose el deslizamiento del Beiro en la zona límite. Este radio es consistente con el radio del círculo equivalente para la zona de intensidad VII calculado por Bonelli y Esteban Carrasco (1957). Aunque no muy numerosos, el área afectada por efectos naturales alcanza unos 44 km^2. Los más importantes en una faja de unos 12x2 km de longitud entre Tajo Colorado y Granada (24 km^2), lo que nos indica una intensidad máxima de VII ESI-07, ya que no se alcanzan los 100 km^2 que requeriría un evento de intensidad VIII. En cualquier caso, es de mencionar que los movimientos de ladera registrados se producen en zonas con una gran inestabilidad, ya sea por presentar un talud de elevada pendiente y excavaciones artificiales (Tajo Colorado), o por presentar, además de una elevada pendiente, unos materiales previamente agrietados y susceptibles de retener agua, en una zona donde este tipo de procesos de ladera son comunes (Río Beiro).

Este terremoto es uno de las más importantes ocurridos en España en el s. XX, y sus efectos fueron desastrosos a lo largo de una amplia zona alargada (12 km) entre los piedemontes de Sierra Elvira y Granada. Las localidades de Atarfe y Albolote, entre las cuales se localiza el epicentro, quedaron prácticamente destruidas (VIII MSK) con más de un 70% de las viviendas afectadas. Los mayores grados de intensidad se alcanzaron también en Santa Fe (VIII MSK), Granada (El Albaicín), Peligros y Maracena (VII MSK). El alto grado de destrucción se relaciona no solo con la baja calidad de las edificaciones, sino, sobre todo, con el hecho de que todas estas poblaciones están situadas sobre los depósitos aluviales tanto de la Vega Baja como de la Vega Alta del Genil, con una litología que favorece los procesos de amplificación de ondas sísmicas. No se citan otros efectos ambientales que los ya mencionados, y es notable que no se cite la existencia de procesos de licuefacción que sí ocurren en esta zona en otros terremotos del s. XIX (Pinos Puente, 1806 AD) y comienzos del s. XX (Santa Fe, 1911 AD). Cabe la posibilidad de que quedasen enmascarados tras el alto grado de destrucción ocurrido, pudiéndose haber dado efectos de licuefacción asociados a este grado de intensidad (VII ESI-07), aunque por lo general suelen ser muy limitados y observados en raras ocasiones. En este sentido, la ondulación del terreno en Granada que afectó a los raíles del tranvía ("*las calles se movían como si*

fueran pequeñas olas"), podría ajustarse a la presencia de procesos de licuefacción subsuperficiales en los materiales aluviales que no llegaron a aflorar. Estos procesos también podrían estar detrás de los procesos de agitación de la vegetación y ondulación del terreno consignados en la zona epicentral (Atarfe-Albolote) que indican Bonelli y Esteban Carrasco (1958). Todos los datos, dimensiones de efectos, tipo de efectos y áreas totales (c. 44 km^2) y efectivas afectadas (c. 24 km^2) indican una intensidad máxima de VII ESI-07, coherente con la intensidad VII EMS asignada al evento por el IAG. No obstante, la base de datos del IGN mantiene la intensidad máxima de este evento en VIII EMS. De esta forma, para ilustrar esta aparente discordancia de datos, el mapa de intensidades adjunto asigna una intensidad superior (VIII) a la localidad de Atarfe, en función de indicar la localidad (puntual) con daños mayores que se situaría en intensidad muy próxima a VIII.

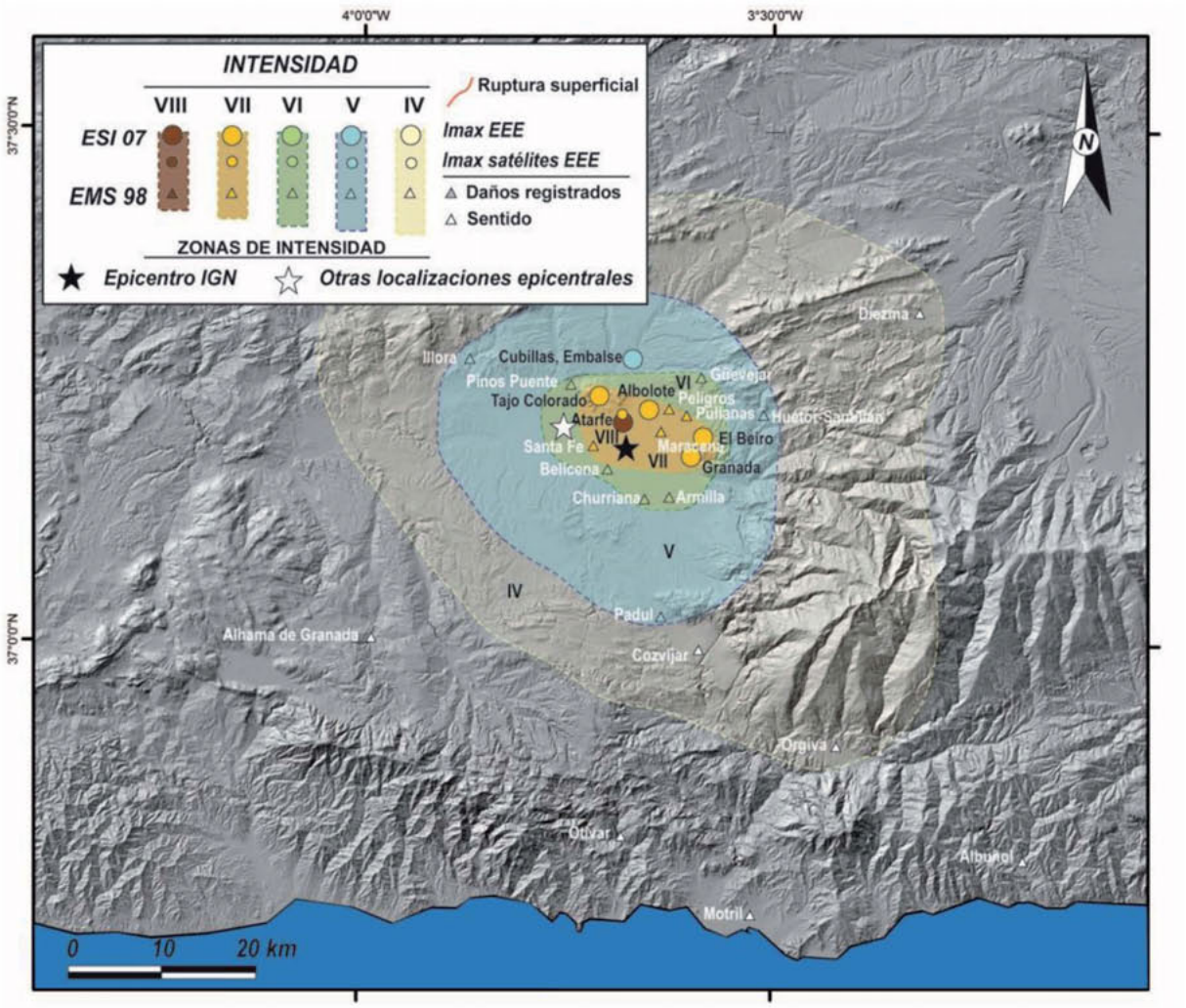
Por lo demás, la situación de los efectos geológicos y ambientales (documentados en zonas de piedemonte fundamentalmente) parecen indicar que la fuente sísmica se relaciona con accidentes tectónicos del borde norte de la Cuenca de Granada (Sierra Elvira), ya que no se documentan daños EMS relevantes y ningún EEE en localidades situadas al sur del epicentro (Belicena, Churriana, Armilla). En cualquier caso, hay que tener en cuenta que, dada la instrumentación de la época, los errores de localización de eventos pre-instrumentales como el que aquí se documenta, podrían llegar a ser superiores a los 5 km. Según los datos existentes, parece claro que la zona de Pinos Puente, Santa Fe, Albolote, Atarfe y Granada situadas en la "banda de piedemonte" que se comentó anteriormente, son las poblaciones que mayor número y más importantes terremotos registran en distintas épocas (histórica y Pre-instrumental), constatando la existencia de una "fuente sísmica local" en esa zona de Piedemonte. En este sentido, el mapa de intensidades realizado por Bonelli y Esteban Carrasco (1958) sitúa el epicentro inmediatamente al OSO de Atarfe en el Piedemonte de Sierra Elvira, frente a Tajo Colorado, relacionándolo con lo que denominan Falla del Rio Genil. Los accidentes tectónicos de esta zona son de envergadura ya que se sitúan sobre el límite NE-SO de las zonas internas y las unidades dorsalinas y subbéticas de la Cordillera Bética, y parece claro que son los responsables de la sismicidad de la zona. Especialmente relevantes son los accidentes transversales NO-SE que delimitan las zonas de piedemontes considerados como fallas activas por Sanz de Galdeano *et al*. (2012). Estos autores identifican una zona de falla segmentada, que denominan Sierra Elvira-Dilar, de carácter normal y de unos 33 km de longitud, compuesta por los segmentos de Pinos Puente (NO), Atarfe (centro) y Dilar (SO). En concreto, indican que su segmento NO (Pinos Puente) es el más activo, relacionándolo con el terremoto de Albolote de 1956 y asignándole un potencial magnitud máximo de 5,6 Mw. Las indicaciones de estos autores relacionan implícitamente este segmento con la localización epicentral original de Bonelli y Esteban Carrasco (1957) indicada en el apartado de descripción. Desafortunadamente, en la literatura científica no existe ningún trabajo enfocado al estudio geológico ni de este evento, ni de los históricos que han afectado a esta misma zona.

EEE. Efectos Arqueosismológicos del Terremoto de Albolote – 1956 AD

Las descripciones de la época indican que hubo una gran destrucción de casas en el área epicentral en un radio de unos 8 km, aunque el mayor grado de destrucción tuvo lugar en un radio más pequeño, no superior a los 6 km. No obstante, tan solo se han tomado como efectos arqueológicos (EAEs) aquéllos que nos dan una información concreta acerca de las características del movimiento del terreno.

Bonelli y Esteban Carrasco (1958) consignan diferentes daños orientados, como direcciones preferentes de colapso de muros, caídas orientadas de objetos y elementos ornamentales y direcciones preferentes de daños en muros y fachadas. En concreto, estos autores indican que todas estas direcciones convergen hacia una misma zona situada a unos 3 km al OSO de Atarfe en el piedemonte de Sierra Elvira, en la que sitúan el epicentro macrosísmico. En Albolote se describen roturas en las uniones entre muros, grietas en las columnas de la iglesia y también se observó un mayor daño en los muros con orientación E-O y desplomes preferentes hacia el O y NO. Por los esquemas aportados, las grietas en la iglesia de Albolote eran diagonales e indicaban una vibración preferente del edificio NO-SE. No obstante, las caídas de elementos ornamentales en el Ayuntamiento (escudo de piedra) y en el edificio de la Audiencia (remate de piedra) se verifican hacia el NE. En Atarfe, se describen caídas de muros también preferentemente hacia el O y NO y los más dañados también mirando en estas orientaciones. Las caídas de otros elementos (placas de mármol) preferentemente hacia el NE. Por último en Maracena todas las caídas de objetos se verifican preferentemente hacia el NO-O. En conjunto, estas orientaciones de daños son poco congruentes con la actual localización epicentral del IGN, unos 3,5 km al SSO de Atarfe, y con relocalizaciones recientes que los sitúan 9 km más al sur (Mezcua *et al*., 2013), siendo más congruentes con las localizaciones del IAG, especialmente con la localización original de Bonelli y Esteban Carrasco (1957; 1958). En cualquier caso, un inventario detallado sobre daños orientados en las localidades más afectadas, del cual no se dispone, permitiría sacar mejores conclusiones respecto a la localización del epicentro.

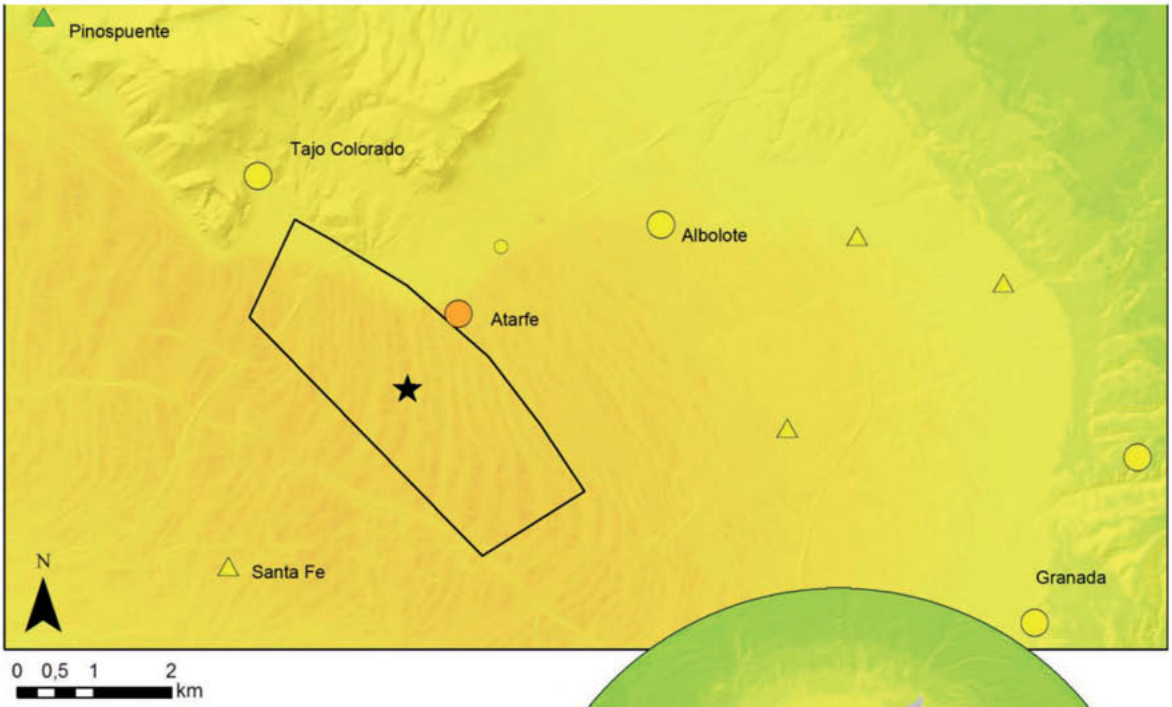
DISTRIBUCIÓN DE DAÑOS ESI-07/EMS-98 PRE 19560419: ALBOLOTE (Granada). 1956 AD											EFECTOS GEOLÓGICOS
EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
PRE 19560419*AD*	18:38	3°41'O	37°11'N	5,0 Ms	VII	VIII	VIII	A	I	B	**Albolote. GR**



SHAKE MAP ESI-07/EMS-98
PRE 19560419: ALBOLOTE (Granada). 1956 AD
ACELERACIÓN DEL TERRENO

EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
PRE 19560419*AD*	18:38	3°41'O	37°11'N	5,0 Ms	VII	VIII	VIII	A	I	B	**Albolote. GR**

Fuente sísmica modificada de:	**Mw calculada:**	**Relación empírica**:	**GMPE**: Wald *et al.* (2005) modificada según Silva *et al.* (2016).
Sanz de Galdeano *et al.* (2012).	5,4	Wells y Coppersmith (1994).	

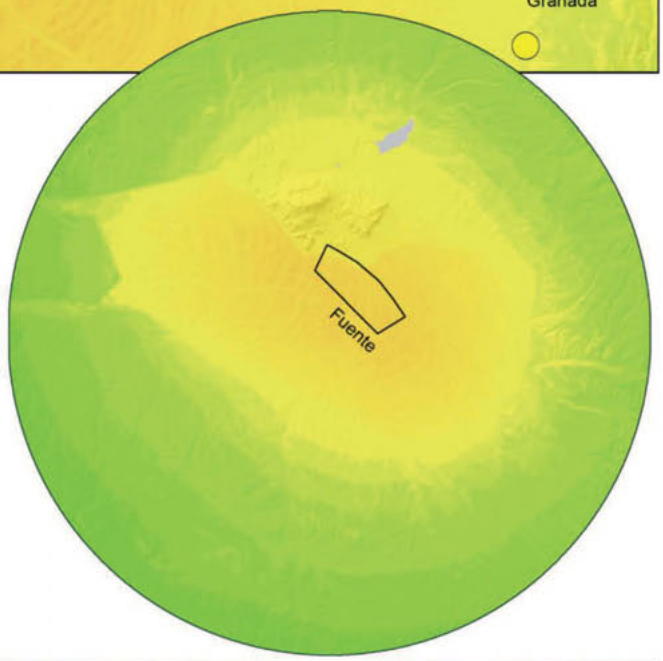


ESCENARIO

Datos del Modelo

Falla Normal, buzamiento SO
Falla de Atarfe
Longitud de la fuente 5,3 km

PGAmax 0,42g
PGA en Atarfe 0,33g
PGA en Albolote 0,21g
PGA en Granada 0,20g
PGA en Santa Fe 0,29g



Efectos Edificaciones										
MMI (USGS)	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
SACUDIDA	Ligera	Moderada	Fuerte	Muy Fuerte	Severa	Violenta	Muy Violenta	Extrema	Extrema
DAÑO	Ninguno	Muy Ligero	Ligero	Moderado	Severo	Destructivo	Muy Destructivo	Devastador	Totalmente Devastador
PGA (g)	0,014	0,039	0,092	0,18	0,34	> 0,65			

Efectos Geológicos										
EEE PRIMARIOS	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Muy raros	Raros	Apreciables	Significativos	Importantes	Muy Importantes
EEE SECUND.	Ligeros	Marginales	Moderados	Apreciables	Significativos	Importantes	Muy Importantes	Devastadores	Totalmente Devastadores
AREA AFECTADA			c. 1 km²	≤10 km²	≤100 km²	≤1000 km²	≤5000 km²	≤10.000 km²	≥50.000 km²
ESI-07	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII

REFERENCIAS
PRE 19560419: ALBOLOTE (Granada). 1956 AD

DATOS BIBLIOGRÁFICOS

Autores: Teresa Bardají, Dpto. Geología, Geografía y Medio Ambiente, Universidad de Alcalá
Pablo G. Silva, Dpto. Geología, Universidad de Salamanca

Bibliografía Terremoto de Albolote 1956 AD

Bonelli Rubio, J.M. y Esteban Carrasco, L. (1957): El sismo destructor de 19 de abril de 1956 en la Región de Granada. Talleres del Instituto Geográfico y Catastral (Publicado en Revista de Geofísica, 61). 6 pp.

Bonelli Rubio, J.M. y Esteban Carrasco, L. (1958): El sismo de Albolote-Atarfe de 19 de abril de 1956. Talleres del Instituto Geográfico y Catastral, 16 pp.

Chacón, J., Irigaray, C., Fernández del Castillo, T. (2007): Los movimientos de ladera en la provincia de Granada. Movimientos de Ladera, En: M. Ferrer Ed. Atlas de Riesgos Naturales en la Provincia de Granada, Diputación de Granada-Instituto Geológico y Minero de España (IGME), pp.45-82.

Chacón, J. (2008): Catástrofes naturales ocasionadas por movimientos de ladera en el entorno de Granada: ejemplos históricos. En: Curso Seguridad humana, Operaciones de Paz y Medio Ambiente Centro Mediterráneo Mando de Adiestramiento y Doctrina (MADOC). Ministerio de Defensa. Cátedra UNESCO. Universidad de Granada.

Corral López, A. (1979): Los terremotos de Granada. Diario Patria de Granada de 31 de julio de 1979.

I.A.G. (On-Line): El terremoto de Atarfe-Albolote de 19 de abril de 1956. Disponible en: http://iagpds.ugr.es/pages/informacion_divulgacion/terremoto_atarfe_albolote_1956#__doku_el_terremoto.

Martínez Solares, J.M. (2011): Sismicidad pre-instrumental. Los grandes terremotos históricos en España. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 19, 3, 296-304.

Mezcua, J., Rueda, J., García Blanco, R.M. (2013): Iberian Peninsula Historical Seismicity Revisited: An Intensity Data Bank. Seismological Research Letters, 84 (1), 9-18.

Sanz de Galdeano, C., García-Tortosa, F.J., Peláez, J.A., Alfaro, P., Azañón, J.M., Galindo-Zaldívar, J., López Casado, C., López Garrido, A.C., Rodríguez-Fernández, J., Ruano, P. (2012): Main active faults in the Granada and Guadix-Baza Basins (Betic Cordillera). Journal of Iberian Geology 38 (1), 209-223.



Fotografía de los daños del terremoto en Albolote (Martínez Solares, 2011)

INFORMACIÓN MACROSÍSMICA PRE 19560419: ALBOLOTE (Granada). 1956 AD											EFECTOS GEOLÓGICOS	
EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO	
PRE 19560419*AD*	18:38	3°41'O	37°11'N	5,0 Ms	VII	VIII	VIII	A	I	B	Albolote, GR	
Tipo de Efectos Catalogados											Número de Fichas 7	06 EEEs 02 EAEs

Imagen Google Earth de la localización de efectos catalogados en la zona epicentral



Información macrosísmica catalogada

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
01.01 Albolote	3°39'26"O	37°13'51"N	EAE	SO 4,5 km	VIII	VIII	**VII**
02.01 Atarfe	3°40'26"O	37°14'2"N	OT	SSO 4,6 km	VIII	VIII	**VII**
02.02 Atarfe	3°41'06"O	37°13'27"N	EAE	SSO 3,5 km	VIII	VIII	**VIII (p.)**
03.01 Beiro, Valle	3°35'39,39"O	37°11'51,30"N	SM	OSO 7,8 km	Sin datos	VII	**VII**
04.01 Cubillas, Embalse	3°40'47"O	37°16'38"N	WA	SSO 9,5 km	Sin datos	VI (Zona)	**V**
05.01 Tajo Colorado	3°42'55"O	37°14'12"N	SM	SSE 5,7 km	Sin datos	VIII (Zona)	**VII**
06.01 Granada (Cartuja)*	3°36'3"O	37°11'34"N	GK	E 7,3 km	VII	VII	**VII**
06.02 Granada (Tranvías)*	3°35'54"O	37°10'38"N	GK	E 7,7 km	VII	VII	**VII**

* Información presentada conjuntamente en la Ficha EEE *PRE19560419.06.01. Granada*

Información macrosísmica complementaria

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
0.01 Armilla	3°37'31,48"O	37°8'38,91"N	EMS	NO 6,7 km	Sin datos	VI-VII	**(VI zona)**
0.02 Belicena	3°41'32,71"O	37°10'17,64"N	EMS	NO 5,3 km	Sin datos	VI-VII	**(VI zona)**

0.03 Churriana	3°38'41,82"O	37° 8'45,75"N	EMS	NE 1,8 km	Sin datos	VI-VII	**(VI zona)**
0.04 Cozvíjar	3°35'25,96"O	36°59'42,36"N	EMS	NNE 23 km	Sin datos	IV	**(IV Zona)**
0.05 Diezma	3°19'50,05"O	37°20'1,96"N	EMS	OSO 35 km	Sin datos	IV	**(IV Zona)**
0.06 Güevéjar	3°35'52"O	37°15'33 "N	EMS	SO 11 km	Sin datos	VI	**VI (Zona)**
0.07 Huétor-Santillán	3°30'53,66"O	3°19'50,05"O	EMS	OSO 15,7 km	Sin datos	V	**(V Zona)**
0.08 Illora	3°52'49,17"O	37°17'19,79"N	EMS	SE 21,15 km	Sin datos	V	**(V Zona)**
0.09 Maracena	3°38'03''O	37°12'34''N	EMS	OSO 7,6 km	Sin datos	VII	**VII (Zona)**
0.10 Orgiva	3°25'21,57"O	36°54'5,08"N	EMS	NNE 39 km	Sin datos	IV	**(IV Zona)**
0.11 Padul	3°37'23,14"O	37°1'31,33"N	EMS	NNE 18 km	Sin datos	V	**(V Zona)**
0.12 Peligros	3°37'42''O	37°14'3''N	EMS	SO 6,7 km	Sin datos	VII	**(VII Zona)**
0.13 Pinos Puente	3°45'03''O	37°15'10''N	EMS	SE 9 km	Sin datos	VI	**(VI Zona)**
0.14 Pulianas	3°36'27''O	37°13'28''N	EMS	SO 7,5 km	Sin datos	VII	**(VII Zona)**
0.15 Santa Fe	3°43'07''O	37°11'22''N	EMS	E 3 km	Sin datos	VIII	**(VII Zona)**

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	PRE19560419.01.01 *01.01. Albolote*	EVENTO	PRE19560419 ALBOLOTE. GR	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Muros basculados/colapsados

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 /Albolote	3°39'O	37°13'N	640 m	0.64 ha	4,5 km	SUROESTE	VIII MSK/ 5,0 Ms

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura Aluvial	Pendiente del terreno	Muy Suave (2-5%)
Descripción Geológica	La Vega Alta del Genil constituye una llanura aluvial de piedemonte situada a mayor altura que la actual llanura de inundación del río. Esta unidad geomorfológica está formada por los sedimentos aluviales procedentes de los diferentes barrancos y arroyos que bajan con suave pendiente, en dirección NE-SO, hacia el Genil. La secuencia sedimentaria general registra una sucesión de procesos de inundación, sedimentación y edafización, que da lugar a la superposición de potentes series subhorizontales con secuencias granodecrecientes de inundación, por lo general poco consolidadas.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Arcillas rojas, gravas y arenas	Arcillas rojas, gravas y arenas	Estratificada	Sin Consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pleistoceno superior	Pleistoceno superior	Sin datos	0,23	PRE-INSTRUMENTAL

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería; Ladrillo	Casas; iglesia	Muchas (50%)	Grave; Destructivo	VII EMS / VIII MSK

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	MUROS BASCULADOS / COLAPSADOS: EAE/7

Descripción: Tras sus investigaciones, el P. Due alude a que en Albolote los edificios mejor preparados presentaban grietas en algunos casos considerables. Los de inferior calidad quedaron inservibles y otros hundidos. Las casas quedaron, 350 con grietas reparables, 300 con daños considerables e inhabitables, 50 ruinosas y 7 destruidas. Muchas viviendas perdieron los tejados. Se describen roturas en las uniones entre muros y también alude expresamente a que sufrieron más las paredes orientadas de E-O y colapsos de muros y fachadas preferentemente hacia el O y NO. Bonelli y Esteban Carrasco (1958) indican que la iglesia de la Encarnación (s. XVI) perdió parte de su alero que cayó hacia el SO y la torre presentaba grietas notables de dirección NE-SO en toda su longitud. La fachada del Ayuntamiento sufrió la pérdida de un remate con escudo del pueblo que cayó hacia el NE a unos 4 m de distancia y lo mismo ocurrió con un remate de piedra de la parte alta del edificio de la Audiencia. Estos mismos autores indican que la parte NO de Albolote no sufrió grandes daños, al contrario que su zona NE que quedó arruinada.

Interpretación: El epicentro se localiza a unos 4,5 km al SO de Albolote, lo que nos permite interpretar este EAE como muro basculado/colapsado como respuesta a un movimiento del terreno preferente NO-SE a E-O como indican los agrietamientos de la torre de la iglesia y los esquemas de Bonelli y Esteban Carrasco (1958). En general el movimiento principal de vibración del terreno sería en sentido ONO-ESE correspondiendo con las orientaciones preferentes de colapso de muros, es decir subparalelo a la dirección de los muros y fachadas que sufrieron mayores daños y coherente con la caída de muros hacia el O y NO. Por otro lado, las caídas orientadas de elementos ornamentales, como los escudos y remates de piedra de los edificios del Ayuntamiento y la Audiencia, lo hicieron hacia el NE, lo que permite a Bonelli y Esteban Carrasco (1958) indicar que el impulso sísmico principal tuvo una dirección E-NE señalando como punto de procedencia del movimiento sísmico a la zona de piedemonte de Sierra Elvira frente al Tajo Colorado, donde sitúan el epicentro.

Cuantificación: El grado de destrucción alcanzado en Albolote se relaciona con un grado de intensidad VIII MSK en esta población (Bonelli y Esteban Carrasco, 1958), aunque el IAG la reevalúa a VII EMS. El efecto aquí catalogado es la direccionalidad preferente de los daños en estructuras E-O y colapsos hacia el O y NO, lo que indicaría un movimiento preferente de vibración del terreno en dirección general ONO-ESE y un impulso sísmico procedente del OSO como indican las caídas de elementos ornamentales, sugiriendo una localización epicentral más acorde con la indicada por Bonelli y Esteban Carrasco (1958).



Aspecto de las casas derrumbadas por el sismo en Albolote 1956. Fuente: lavozdigital.es

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VII	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan, con descripciones muy vagas en documentos de la época, pero que han sido objeto de estudios posteriores.*

Referencias bibliográficas:

Bonelli Rubio, J.M. y Esteban Carrasco, L. (1958): El sismo de Albolote-Atarfe de 19 de abril de 1956. Talleres del Instituto Geográfico y Catastral.

IAG. (On-Line): El terremoto de Atarfe-Albolote de 19 de abril de 1956. Disponible en: http://iagpds.ugr.es/pages/informacion_divulgacion/terremoto_atarfe_albolote_1956#__doku_el_terremoto.

Información Recopilada: *Teresa Bardají. Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente, Universidad de Alcalá (UAH)*
Pablo G. Silva. Departamento de Geología (USAL).

Ficha Publicada: *Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España* | Número (Vol.): 2 | Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	PRE19560419.02.01 *02.01. Atarfe*	EVENTO	PRE19560419 ALBOLOTE. GR	EFECTO	OTROS EFECTOS: OT/7

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN (INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS)
02 / Atarfe	3°40'25,65"O	37°14'1,92"N	602m	0 km²	4,6 km	SUROESTE	VIII MSK / 5.0 Ms

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura Aluvial	Pendiente del terreno	Muy Suave (2-5%)
Descripción Geológica	La Vega Alta del Genil constituye una llanura aluvial de piedemonte situada a mayor altura que la actual llanura de inundación del río. Esta unidad geomorfológica está formada por los sedimentos aluviales procedentes de los diferentes barrancos y arroyos que bajan con suave pendiente, en dirección NE-SO, hacia el Genil. La secuencia sedimentaria general registra una sucesión de procesos de inundación, sedimentación y edafización, que da lugar a la superposición de potentes series subhorizontales con secuencias granodecrecientes de inundación, por lo general poco consolidadas. El efecto aquí documentado se sitúa en la zona de piedemonte aluvial de Sierra Elvira.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Arcillas rojas, gravas y arenas	Arcillas rojas, gravas y arenas	Estratificada	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pleistoceno superior	Pleistoceno superior	Sin datos	0,23	PRE-INSTRUMENTAL

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería; Ladrillo	Casas; iglesia	Muchas (50%)	Grave; Destructivo	VIII EMS / VIII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGITACIÓN DE LA VEGETACIÓN: OT/7

Descripción: La descripción hecha por el Padre Due, entonces director del Observatorio de la Cartuja, incluye en Atarfe y Alboloteuna vigorosa agitación de zonas arboladas y ruido subterráneo. En los diarios de la época, testimonios de las gentes del lugar indican que en los campos de olivos los árboles se venían unos contra los otros. Bonelli y Esteban Carrasco (1958) indican que *"las personas que se encontraban en el campo, próximo al área epicentral, dicen haber visto en los primeros momentos oscilar exageradamente los árboles e incluso ondularse el terreno".*

Interpretación: Se describe una agitación de la vegetación arbórea lo suficientemente intenso como para ser percibido y documentado, pero la información disponible no permite saber si tuvo lugar la caída de ramaje que en la escala ESI-07 se considera significativa a partir de grado VII o superior. Por otro lado, la naturaleza aluvial (poco consolidado) del sustrato en Albolote, le hacen susceptible de sufrir un intenso movimiento del terreno, lo que acrecentaría el movimiento de los árboles. La situación de este efecto es interpretativa y la hemos localizado en las zonas de olivar situadas entre Atarfe y Albolote en la actualidad de forma ilustrativa.

Cuantificación: La escala ESI-07 incluye dentro de otros efectos, el movimiento de árboles y arbustos (agitación de la vegetación), desde el grado V de intensidad. Las descripciones existentes implican un movimiento significativo de los olivos que indican como mínimo una intensidad ≥ VI ESI-07. Aquí atribuimos una intensidad VII que indica una sacudida vigorosa de la vegetación, con caída de múltiples ramas, aunque este último dato se desconoce.



Zonas de olivar entre Atarfe y Albolote en el piedemonte de Sierra Elvira donde se ha situado este EEE de forma interpretativa.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan, con descripciones muy vagas en documentos de la época, pero que han sido objeto de estudios posteriores.*

Referencias bibliográficas:

Bonelli Rubio, J.M. y Esteban Carrasco, L. (1958): El sismo de Albolote-Atarfe de 19 de abril de 1956. Talleres del Instituto Geográfico y Catastral.
IAG (On-line): El terremoto de Atarfe-Albolote de 19 de abril de 1956. Disponible en: http://iagpds.ugr.es/pages/informacion_divulgacion/terremoto_atarfe_albolote_1956#__doku_el_terremoto

Información Recopilada	*Teresa Bardají. Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente (UAH)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	PRE19560419.02.02 *02.02. Atarfe*	EVENTO	PRE19560419 ALBOLOTE. GR	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Muros basculados/colapsados

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
02 / Atarfe	3°41'06"O	37°13'27"N	602 m	22 ha	3,5 km	SURSUROESTE	VIII MSK / 5.0 Ms

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura de inundación (terrazas bajas del Genil)	Pendiente del terreno	Llano (< 4%)
Descripción Geológica	La localidad de Atarfe se sitúa en el borde norte de la Vega Baja del Genil, constituida por su llanura de inundación así como por las terrazas de entre +4 y +20m. Esta unidad se sitúa sobre una acumulación de más de 250m de espesor de materiales aluviales (gravas, arenas, limos y arcillas) en una zona actualmente subsidente según una dirección NO-SE.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 C)
Sedimentario: Gravas, arenas y arcillas aluviales	Gravas, arenas y arcillas aluviales	Estratificada	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pleistoceno superior - Holoceno	Pleistoceno superior - Holoceno	Sin datos	0,23	PRE-INSTRUMENTAL

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería; Ladrillo	Casas; iglesia	Muchas (50%)	Grave; Destructivo	VII EMS / VIII MSK

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	MUROS BASCULADOS/COLAPSADOS: EAE/7

Descripción: Según el informe IAG, en Atarfe "*los edificios buenos sufrieron daños y de todos ellos quedaron 600 con grietas reparables, 600 con daños considerables, 200 ruinosos y 10 destruidos*". Fue la localidad que sufrió mayores daños y la más próxima (3,5 km) a la localización epicentral del IGN, pero también a la localización del IAG y a la original de Bonelli y Esteban Carrasco (1958). Al igual que en Albolote, en Atarfe, se describen caídas de muros también preferentemente hacia el O y NO y los más dañados también mirando en estas orientaciones. En la Fábrica de Mármoles Prieto-Moreno y Ruíz S.A. las placas de mármol apiladas en la pared exterior NE cayeron en su mayoría en esa dirección y unas pocas de las que se apilaban en la pared SE, por el contrario las placas situadas en las paredes NO y SO no sufrieron ningún movimiento (Bonelli y Esteban Carrasco, 1958). Al igual que en Albolote, estos datos permiten indicar a estos autores que el impulso sísmico principal tuvo una dirección E-NE señalando como punto de procedencia del movimiento sísmico a la zona de piedemonte de Sierra Elvira frente al Tajo Colorado, donde sitúan el epicentro.

Interpretación: El epicentro se localiza a unos 3,5 km al SO de Atarfe, lo que nos permite interpretar este EAE como muro basculado/colapsado como respuesta a un movimiento del terreno preferente NO-SE a E-O como indican los derrumbes preferentes hacia el O y NO en esta localidad (Bonelli y Esteban Carrasco (1958). En general el movimiento principal de vibración del terreno sería en sentido ONO-ESE correspondiendo con las orientaciones preferentes de colapso de muros es decir subparalelo a la dirección de los muros y fachadas que sufrieron mayores daños. Por otro lado, las caídas orientadas de las planchas de mármol de la fábrica de esta localidad (hacia el NE), permiten a Bonelli y Esteban Carrasco (1958) indicar que el impulso sísmico principal tuvo una dirección E-NE, señalando como punto de procedencia del movimiento sísmico a la zona de piedemonte de Sierra Elvira frente al Tajo Colorado, donde sitúan el epicentro.

Cuantificación: El grado de destrucción alcanzado en Atarfe fue el mayor causado por este terremoto y se relaciona con una intensidad máxima de VIII MSK (Bonelli y Esteban Carrasco, 1958). El efecto aquí catalogado es la direccionalidad preferente de los daños en estructuras E-O y colapsos hacia el O y NO, lo que indicaría un movimiento preferente de vibración del terreno en dirección general ONO-ESE y un impulso sísmico procedente del OSO, como indican las caídas de las planchas de mármol de la fábrica de esta localidad, sugiriendo una localización epicentral más acorde con la indicada por Bonelli y Esteban Carrasco (1958).



Casas destruidas en la calle Miguel Marillas de Atarfe en 1956.
Fuente:http://antonioaretxabala.blogspot.com.es/2012/01/atarfe-albolote-santa-fe-de-granada.html



Fotografía de los desplomes de las planchas de mármol en la Fábrica de Mármoles de Prieto-Moreno y Ruiz, S.A. en la localidad de Atarfe (IAG).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VIII	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan, con descripciones muy vagas en documentos de la época, pero que han sido objeto de estudios posteriores.*

Referencias bibliográficas:	Bonelli Rubio, J.M. y Esteban Carrasco, L. (1958): El sismo de Albolote-Atarfe de 19 de abril de 1956. Talleres del Instituto Geográfico y Catastral. IAG. (On-Line): El terremoto de Atarfe-Albolote de 19 de abril de 1956. Disponible en: http://iagpds.ugr.es/pages/informacion_divulgacion/terremoto_atarfe_albolote_1956#__doku_el_terremoto.		
Información Recopilada	*Teresa Bardají. Dpto. Geología, Geografía y Medio Ambiente (UAH)* *Pablo G. Silva y Beatriz Gómez Díaz, Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	PRE19560419.03.01 *03.01. Beiro, Valle*	EVENTO	PRE19560419 ALBOLOTE. GR	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7 

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
03 / Beiro, Valle	3°35'39,39"O	37°11'51,30"N	770 m	0,8 km²	7,8 km	OESTE SUROESTE	VIII MSK / 5.0Ms

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Valle Fluvial (Ladera Escarpada)	Pendiente del terreno	Escarpada (50-70%)
Descripción Geológica	El Río Beiro se encuentra fuertemente encajado en los materiales conglomeráticos correspondientes a los denominados "Conglomerados de la Alhambra" antes de su salida a la depresión de Granada. Este encajamiento está condicionado por la poca consolidación de esta unidad lo que provoca una gran inestabilidad de las vertientes del valle. Esta inestabilidad intrínseca a materiales y pendiente se ve acrecentada cuando las fuertes lluvias o la ocurrencia de un sismo (como en nuestro caso) ejercen de elementos desencadenantes.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Conglomerados y arenas	Conglomerados y arenas	Masiva	Semi-Consolidada	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno–Pleistoceno	Plioceno–Pleistoceno	Sin datos	0,18	PRE-INSTRUMENTAL

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sin datos	Casa-Cueva	Única	Destructivo	VII MSK (Zona)

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7

Descripción: La descripción hecha por el P. Due (IAG) indica que como consecuencia del terremoto y de las lluvias se produjeron grandes agrietamientos en la ladera del Valle del río Beiro (9 km de distancia epicentral), y al día siguiente (c. 20 horas) se produjo el desprendimiento de unos 5000m³ de tierra que provoco el derrumbe de una cueva donde vivían 5 personas que fallecieron. En ambas laderas del valle se observan numerosos procesos de deslizamiento. En la actualidad se puede observar la zona deslizada con la presencia de grandes grietas (> 100 m de longitud) en la cabecera del deslizamiento. La cicatriz del deslizamiento mayor posee una longitud total de 300m dando lugar a un escarpe de 8-9 m de altura en toda su extensión. Se trata de un deslizamiento compuesto bastante significativo.

Interpretación: Lo más probable es que el terremoto produjese las primeras grietas de tensión que luego darían lugar al deslizamiento, favorecido por las fuertes lluvias y la propia inestabilidad intrínseca de la ladera. La disminución de la cohesión como consecuencia de la entrada de agua a través de dicha grieta desencadenó el deslizamiento y el colapso de la cueva al día siguiente (efecto retardado). Por otro lado, esta zona presenta una gran susceptibilidad al deslizamiento promovida por las características litológicas y la elevada pendiente. Las grietas que acompañan al deslizamiento tienen longitud hectométrica y es posible observar la zona del deslizamiento, con todas las características de un deslizamiento complejo, en la actualidad

Cuantificación: Los deslizamientos y movimientos en masa se incluyen en la ESI-07 desde el grado de intensidad IV, pero solo a partir de grado VI alcanzan volúmenes individuales en torno a los 1000 m³. El movimiento de ladera aquí documentado supero ampliamente este volumen, alcanzando los 5000m³, lo que nos permite asignar una intensidad mínima de VII ESI-07, ya que este grado de intensidad recoge deslizamientos de entre 1.000 y 10.000m³. Los agrietamientos asociados entran en el límite inferior de VIII ESI-07, pero al ser este un efecto retardado, asignamos una intensidad genérica VII ESI-07.



Imagen Google Earth de la zona del deslizamiento en la ladera izquierda (Sur) del valle del Rio Beiro

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales con descripciones muy vagas en documentos dela época, que han sido objeto de publicaciones científicas posteriores.*

Referencias bibliográficas:

Bonelli Rubio, J.M. y Esteban Carrasco, L. (1958): El sismo de Albolote-Atarfe de 19 de abril de 1956. Talleres del Instituto Geográfico y Catastral.

Chacón, J., Irigaray, C., Fernández del Castillo, T. (2007): Los movimientos de ladera en la provincia de Granada. Movimientos de Ladera, En: M. Ferrer Ed. Atlas de Riesgos Naturales en la Provincia de Granada, Diputación de Granada-Instituto Geológico y Minero de España (IGME), pp.45-82.

IAG (On-line): El terremoto de Atarfe-Albolote de 19 de abril de 1956. Disponible en: http://iagpds.ugr.es/pages/informacion_divulgacion/terremoto_atarfe_albolote_1956#__doku_el_terremoto

Información Recopilada	*Teresa Bardají. Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente (UAH)* *Pablo G. Silva. Departamento de Geología (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	PRE119560319.04.01 *04.01.Pantano de Cubillas (Granada)*	EVENTO	PRE119560319 ALBOLOTE. GR		EFECTO	ANOMALÍA EN CUERPOS DE AGUA: WA/5

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
04 / Pantano de Cubillas	3°40'47"O	37°16'38"N	640 m	194 ha	9,5 km	SUR-SUDOESTE	VIII MSK / 5.0 Ms

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Valle fluvial (Embalse)I	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	Embalse que recoge aguas del río Cubillas en su tramo medio-bajo, aguas arriba de Pino Puente. Está situado entre las Sierras de Elvira, Colomera y Arana, y en los términos municipales de Albolote y Atarfe. Posee una superficie de 194 ha, una capacidad total de 19 hm^3 y una altura de 37 m. La cerrada del embalse (materiales sueltos compactados) se encuentra sobre un antiguo cañón de dirección NE-SO encajado en conglomerados y calizas de edad Plioceno. Su construcción finaliza en el año del terremoto (1956).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Conglomerados, Calizas y Margocalizas	Cuerpo de agua	Cuerpo de agua	Cuerpo de agua	Cuerpo de agua
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plioceno	Cuerpo de agua	Sin datos	0,18	PRE-INSTRUMENTAL

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Materiales Sueltos	Embalse	Única	Ligero	VI MSK (Zona)

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	ANOMALÍAS EN CUERPOS DE AGUA: WA/5

Descripción: Según se refiere en el informe del IAG, los estudios realizados por D. J. Sancho de San Román, J. Bonelli y L. Esteban indican que "*los obreros que trabajaban sobre el dique se tambalearon. El mástil de una torre sumergida 17 metros y 15 sobre el agua osciló, se produjeron ondas concéntricas en el agua. Un obrero cuenta como escuchó antes del terremoto un retumbo que procedía del Sur*".

Interpretación: Oleaje anómalo en cuerpos de agua (embalses, ríos, puertos) se incluye en la escala ESI-07 desde intensidad IV, no obstante, para estas intensidades este oleaje es de carácter centimétrico y, por lo general, solo son detectados por mareógrafos. Por otro lado, para intensidades iguales o superiores a VI, la altura del oleaje debía ser de varias decenas de centímetros, lo cual habría sido mencionado en las informaciones recogidas. El efecto, tal y como se describe, parece haber sido consecuencia de la vibración del mástil parcialmente sumergido en el agua y no como consecuencia de la vibración de la cuenca de agua

Cuantificación: Este tipo de efectos (oleaje anómalo en cuencas cerradas como lagos o pantanos) se consideran en la Escala ESI-07 a partir de intensidad IV. No obstante tal y como se documenta en el informe del IAG, *"en el poblado del pantano toda la gente salió a la calle y en las casas se apreciaban grietas"*, lo que indica una intensidad mínima de V EMS, aunque en el mapa de intensidades de Bonilla y Esteban Carrasco (1958) lo sitúan en zona de intensidad VI MSK.



Vista aérea del Embalse de Cubillas. Fuente: www.elideal.es

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	V	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales con descripciones muy vagas en documentos dela época, que han sido objeto de publicaciones científicas posteriores.*

Referencias bibliográficas:	Bonelli Rubio, J.M. y Esteban Carrasco, L. (1958): El sismo de Albolote-Atarfe de 19 de abril de 1956. Talleres del Instituto Geográfico y Catastral. IAG (On-line): El terremoto de Atarfe-Albolote de 19 de abril de 1956. Disponible en: http://iagpds.ugr.es/pages/informacion_divulgacion/terremoto_atarfe_albolote_1956#__doku_el_terremoto
Información Recopilada	*Teresa Bardají. Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente (UAH)* *Pablo G. Silva. Departamento de Geología (USAL)*
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España* — Número (Vol.): 2 — Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	PRE19560419.05.01 *05.01. Tajo Colorado*	EVENTO	PRE19560419 ALBOLOTE. GR	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/6 

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
05 / Tajo Colorado	3°42'55"O	37°15'00"N	650 m	0km²	5,7 km	SUR-SURESTE	VIII MSK / 5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Antiguo frente de cantera	Pendiente del terreno	Escarpada (>70%)
Descripción Geológica	El Tajo Colorado es una antigua cantera de explotación de calizas jurásicas (Lías) situada en la vertiente oriental de Sierra Elvira en las proximidades (c. 2,5 km) de la localidad de Atarfe. En esta zona los potentes paquetes de calizas con sílex que conforman la sierra se encuentran fuertemente buzando hacia el SSO, probable sentido de caída del proceso de desprendimiento aquí catalogado, que lo favorecería. Las calizas se encuentran fuertemente karstificadas y la zona está afectada por importantes sistemas de fracturación E-O y ESE-ONO.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Calizas con sílex	Calizas	Estratificado; karstificado	Consolidado	I (1,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Jurásico (Lías)	Jurásico (Lías)	Sin datos	--	Pre-instrumental

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Cantera	Cantera	Única	Sin datos	VIII MSK (Zona)

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/6

Descripción: La información dada por el Instituto Andaluz de Geofísica (IAG), basada en descripciones de la época de los efectos del terremoto, indica que se produjeron desprendimientos en el Tajo Colorado (Sierra Elvira), atribuyéndolos al mal saneamiento de la cantera y a la inestabilidad de los bloques. También describen corrientes de aire, fuego y piedras procedentes del Tajo Colorado que parecían salir de la Raja Santa (conocida cavidad kárstica termal en la zona).Las descripciones en los diarios de la época hacen referencia expresa y repetida de los testimonios de los habitantes de la zona, los cuales se refieren al suceso (de forma exagerada) como una gran detonación o explosión que levantó una gran columna de piedras y tierra que cayeron sobre las techumbres de la localidad de Atarfe. En último término, la ocurrencia de tales corrientes de fuego y piedras ascendentes fueron desmentidos por la prensa local.

Interpretación: No se hace referencia al tamaño de los bloques caídos en la zona de canteras de Tajo Colorado, aunque por las descripciones podemos deducir que el volumen de materiales movilizado fue importante y que generó un gran estruendo y una importante nube de polvo características de importantes procesos de desprendimiento y caídas de grandes bloques. En cualquier caso, tal y como indican los datos del IAG, las paredes de las canteras (poco saneadas) contribuyeron a la misma ocurrencia y amplificación del proceso de ladera que aquí se cataloga y se trataría de un fenómeno aislado, de carácter excepcional u ocasional en grandes taludes artificiales ya de por sí inestables. Por otro lado, la Raja Santa es una sima termal a la que se accede desde el Tajo Colorado. La caída o el derrumbe de bloques en el interior de esta sima podrían ser compatible con la descripción hecha (nubes de polvo o vapor), sin que haya evidencias de taponamiento o cierre de la sima debido a la caída de numerosos bloques o de gran tamaño. Por último, indicar que, curiosamente no parece que nadie se desplazó al lugar a investigar lo ocurrido o no existen referencias al respecto, salvo que Rey Pastor fue el que indicó el mal saneamiento de los taludes de las canteras según consta en la documentación del IAG.

Cuantificación: Los procesos de desprendimientos en taludes artificiales (en este caso canteras) se consideran en la escala ESI-07 a partir de intensidad IV ESI-07, pero de muy pequeñas dimensiones (1 - 10 m³). A juzgar por las descripciones, el proceso de ladera tuvo que ser importante, quizá sobrepasando con creces los 1000 m³, dado el gran estruendo y la nube de polvo acompañante, que de ser ciertos los testimonios de la época, alcanzaría a la localidad de Atarfe situada a unos 2,5 km al Este de Tajo Colorado. Considerando las dimensiones estimadas, este efecto posee una intensidad mínima VII ESI-07, aunque en el mapa de intensidades de Bonelli y Esteban Carrasco (1958) lo sitúan en zona VIII MSK.



Zona de Canteras de Tajo Colorado en la actualidad (vista desde el Sur)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan, con descripciones muy vagas en documentos de la época, pero que han sido objeto de estudios posteriores.*

Referencias bibliográficas:

Bonelli Rubio, J.M. y Esteban Carrasco, L. (1958): El sismo de Albolote-Atarfe de 19 de abril de 1956. Talleres del Instituto Geográfico y Catastral.

IAG (On-line): El terremoto de Atarfe-Albolote de 19 de abril de 1956. Disponible en: http://iagpds.ugr.es/pages/informacion_divulgacion/terremoto_atarfe_albolote_1956#__doku_el_terremoto

Información Recopilada	*Teresa Bardají. Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente (UAH)* *Pablo G. Silva. Departamento de Geología (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	PRE19560419.06.01 *06.01. Granada*	EVENTO	PRE19560419 ALBOLOTE. GR	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/7

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
06 / Granada	3°35'54"O	37°10'38"N	640m	0 km²	7,3 – 7,7 km	OESTE	VIII MSK / 5 M*

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura Aluvial	Pendiente del terreno	Muy Suave (2-5%)
Descripción Geológica	La Vega Alta del Genil constituye una llanura aluvial de piedemonte situada a mayor altura que la actual llanura de inundación del río. Esta unidad geomorfológica está formada por los sedimentos aluviales procedentes de los diferentes barrancos y arroyos que bajan con suave pendiente, en dirección NE-SO, hacia el Genil. La secuencia sedimentaria general registra una sucesión de procesos de inundación, sedimentación y edafización, que da lugar a la superposición de potentes series subhorizontales con secuencias granodecrecientes de inundación, por lo general poco consolidadas. El efecto aquí documentado se sitúa en la zona de piedemonte aluvial de Sierra Elvira.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Arcillas rojas, gravas y arenas	Arcillas rojas, gravas y arenas	Estratificada	Sin Consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pleistoceno superior	Pleistoceno superior	Sin datos	0,18	PRE-INSTRUMENTAL

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Pavimentos	Pavimentos	varias	Moderado	VII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/7

Descripción: La descripción hecha por el Padre Due, entonces director del Observatorio de la Cartuja, indica que en Granada este terremoto tuvo "*efectos sobre los raíles del tranvía y las calles se movieron como si fueran pequeñas olas*", también se produjeron pequeñas grietas en la rotonda del Observatorio de la Cartuja asentado sobre similares materiales aluviales. Dados los pocos datos que se disponen de estos efectos se consignan ambos en esta misma ficha.

Interpretación: Ambos efectos se verifican a lo largo del piedemonte de Granada, entre los barrios altos y bajos de la ciudad, pero sobre materiales aluviales los cuales son susceptibles de presentar este tipo de procesos. Los agrietamientos serían significativos ya que se consignan específicamente, aunque no se dispone de datos para su orientación o cuantificación. Los efectos sobre los raíles del tranvía y la mención expresa a los procesos ondulatorios del terreno, permiten pensar en la ocurrencia de algún tipo de proceso de licuefacción subsuperficial que favoreciera los mismos. En cualquier caso el proceso ondulatorio que afectó a los raíles deformándolos permanentemente, pero no se tiene documentación gráfica del mismo o si este también afecto al terreno permanentemente.

Cuantificación: Las grietas producidas en la Cartuja, aunque no se tiene referencia de su tamaño serían sin duda de anchura centimétrica, lo que supone una intensidad mínima de VII ESI-07. Por otro lado, los procesos de ondulación del terreno se consideran en la Escala ESI-07 a partir de intensidad VIII, pero en este caso los efectos permanentes parece que quedaron sobre los raíles de los tranvías y no sobre el terreno, por lo que la intensidad no superaría VII ESI-07.



Imagen de las calles de Granada a mediados del siglo XX. http://www.radiogranada.es/

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan, con descripciones muy vagas en documentos de la época, pero que han sido objeto de estudios posteriores.*

Referencias bibliográficas:

Bonelli Rubio, J.M. y Esteban Carrasco, L. (1958): El sismo de Albolote-Atarfe de 19 de abril de 1956. Talleres del Instituto Geográfico y Catastral.

IAG. (On-Line): El terremoto de Atarfe-Albolote de 19 de abril de 1956. Disponible en: http://iagpds.ugr.es/pages/informacion_divulgacion/terremoto_atarfe_albolote_1956#__doku_el_terremoto.

Información Recopilada: *Teresa Bardají. Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente (UAH)*
Pablo G. Silva. Departamento de Geología (USAL)

Ficha Publicada: *Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España* | Número (Vol.): 2 | Año: 2017

9.16. PRE 19640706 GALERA (Granada) 1964 AD
Terremoto de Galera (Pre-Instrumental, Siglo XX)

PRE 19640609: GALERA (Granada). 1964 AD											PRE-INSTRUMENTAL
FECHA AMD	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
19640609*AD*	02:33	2°34'00"O	37°44'12"N	4,8 mb	VII	VII-VIII	VIII	A	I	B	Galera, GR

Método de datación:	CATALOGADO Ref.: García-Tortosa *et al.* (2007, 2008,2012), Delgado *et al.* (2013)								**Tipo Evento:**	PRE
Prof. Km	5	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**Mo**	-	**Eventos asociados**	RÉPLICAS	**Agencia:**	IGN / IAG
EEE Primarios	NO	**Longitud Falla**		-				**Desplazamiento**	-	**Tipo Desp.:**	-
EEE Secundarios	SÍ	**Categoría ESI07**		☒GK ☒SM ☐LQ ☐HD ☒HA ☐WA ☐TS						**Área afectada:**	34 km²
Otros EEE Ambientales	SÍ	☒ OTROS EFECTOS (OT): Se describe ruido sísmico significativo en la zona epicentral. Las noticias de la época indican que hubo un *"fortísimo ruido similar al de un trueno"*.									
EAE Efectos Arqueosismológicos	SÍ	☒ EAEs: Grietas en edificios, destrucción de chimeneas, daños en tejados en Galera y Orce, caída de tapias y corrales.									

Referencias bibliográficas básicas:

García Tortosa, F.J. *et al.* (2007): La falla y los pliegues de Galera. En: La cuenca de Guadix-Baza: estructura, tectónica activa, sismicidad, geomorfología y dataciones existentes (C. Sanz de Galdeano and J. A. Peláez, eds.), pp. 141–153.
García Tortosa, F.J. *et al.* (2008): Activity of the Galera Fault (Guadix-Baza Basin, Central Betic Cordillera). 6ª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica. Tomar (Portugal). 363 -364
Delgado, J. *et al.* (2013): Movimientos de Ladera inducidos por terremotos en España y Portugal. Cuaternario y Geomorfología, 27 (3-4), 21-35.
García Tortosa, F.J. *et al.* (2012): Tectónica Activa de la Cuenca de Guadix-Baza (Fallas de Baza y Galera). Guía de Campo de la I Reunión del Grupo de Trabajo QTECT-AEQUA. Galera. Granada.
IAG (On line): http://iagpds.ugr.es/pages/informacion_divulgacion/terremotos_historicos
Sanz de Galdeano, C. *et al.* (2012): Main active faults in the Granada and Guadix-Baza Basins (Betic Cordillera). Journal of Iberian Geology 38 (1), 209-223.
ABC (1964): http://hemeroteca.abc.es/nav/Navigate.exe/hemeroteca/madrid/abc/1964/06/14/060.html.10 Junio 1964, pg. 69



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
PRE 19640609 Galera. GR	2°34'00" W	37°44'12"N	4.8 mb	VII	VII-VIII	VIII	B	**Betic Cordillera; Internal Zone (Zone 36)**

EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: García-Tortosa *et al.* (2007, 2008, 2012), Delgado *et al.* (2013)	**Event Type:**	**PRE-INSTRUMENTAL**

GENERAL DAMAGE: In the epicentral area the earthquake was felt with intensity VIII-VIII MSK / VII EMS. In the locality of Galera (1.5 km away), ground shacking produced cracks in many buildings, six of them in ruinous stage; many roofs and about the 50% chimneys were partly destroyed; the roof and walls of the church was damaged. In the locality of Orce (8.4 km away), similar damage with more than the 70% of the chimneys damaged. The historic castle of the city (Alcazaba de las Siete Torres) suffered severe damage with partial collapses of the walls and towers. In Huéscar and Castilléjar, about 9 km away from the epicenter, the earthquake was felt with intensity VI MSK. More than 200 aftershocks, the largest one, with magnitude, 3.6mb and intensity III MSK, took place two days after the main event.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects ABSENT. Secondary earthquake environmental effects are documented in an area of about 34 km² within the intensity zone VIII ESI-07. Large ground-cracks, rock-falls and rock-slides are documented in the vicinity of Galera, but also in the steep-slope valley margins of the Galera river valley downstream of this locality, at epicentral distances between 0.3 and 2.3 km. About 8.0 km away from the epicenter, at Orce, similar ground-cracks and slope movements were documented. There are news on similar, but smaller, EEEs occurred in Castilléjar about 7.5 km WSW from the location of the macroseismic epicenter.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☐ ***Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *No Reported.*
☒ ***4 Ground cracks (GK):*** *Large tensional cracks in the ground in the locality of Galera (1.5 km away), as well as in the San Marcos hill in the locality of Orce (8 km away).*
☒ ***6 Slope movements (SM):*** *Small ground disturbances and important rock-falls / rock slides occurred in the vicinity of Galera, but also in the steep-slope valley margins of the Galera river valley downstream of this locality, at epicentral distances between 0.3 and 2.3 km. In Orce (8.0 km away) the San Marcos hill, within the village, suffered of significant cracks and related slope movements.*
☐ ***Liquefaction processes (LQ):*** *No Reported.*
☒ ***1 Hydrogeological anomalies (HD; 1 HA):*** *Increase on the flow rate in springs around the locality of Orce (8 km away).*
☐ ***Anomalous waves and tsunamis (WA; TS):*** *No Reported.*
☒ ***Other effects:*** *A significant seismic noise is described at the epicentre area. News at that time indicated that there was a "very strong thunder-like noise".*
☒ ***Archaeoseismic damage****: Many cracks and damage were recorded in houses, churches, roofs and chimneys of the localities of Galera (1.5 km) and Orce (8 km). The ancient castle of Orce (Castillo de Las Siete Torres) suffered severe damage with partial collapses of the walls and watchtowers. There are no detailed data in order to perform analyses on oriented damage (in study).*

☒ ***Geological Data:*** *This seismic event has not been subject to specific geological study. The geological effects are documented in the newspapers of the epoch (i.e. ABC, El Correo Catalán), but also in recent scientific papers on the tectonic activity of the Galera Fault (García-Tortosa* et al.*, 2008; 2012). These authors relate this earthquake to this fault, a 23 km long NE-SW normal-sinestral fault. This fault constitutes a fault zone about 1.5 km wide and its westernmost segment conditioned the development of the Galera river lineal-valley. Between the localities of Galera (upstream) and Castilléjar (downstream) the fault generates relevant geomorphological anomalies and important soft-sediment sedimentary structures documenting its activity during Pliocene and Quaternary times (García Tortosa* et al.*, 2008).* ***Quality of Geological Information: Class B.***

Research / Data compilation by: *Francisco Juan García Tortosa (UJA); Pablo G. Silva (USAL); Elvira Roquero (UPM). Updated 2017.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTONICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
PRE 19640609 Galera. GR	2°34'00'' O	37°44'12''N	4,8 mb	VII	VII-VIII	VIII	B	**Cordillera Bética; Zona Interna (Zona 36)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN
Ref.: García-Tortosa *et al.* (2008; 2012), Delgado *et al.*(2013)

Tipo de Evento: **PRE-INSTRUMENTAL**

DAÑOS GENERALES: En el área epicentral el terremoto se sintió con intensidad VII-VIII MSK/ VII EMS. En la localidad de Galera (1,5 km) se produjeron grietas en muchos edificios, con daños de consideración por hundimiento de tejados y/o tabiques en 36 edificios de Galera (casas y cuevas casa), quedando seis de ellos en estado de ruina; muchos tejados y cerca del 50% de las chimeneas de la población quedaron parcialmente destruidos; la techumbre y paredes de la iglesia sufrieron daños. Murieron al menos una cabra y una oveja como consecuencia del hundimiento de una cueva-corral. En Orce (8,0 km) se registraron daños similares y más del 70% de las chimeneas se vieron afectadas en mayor o menor grado por el terremoto. El castillo histórico de esta localidad (Alcazaba de las Siete Torres) sufrió graves daños con el colapso parcial de sus muros y varias almenas quedaron en estado de ruina. En Castilléjar y Huéscar, a 7 y 9 km de distancia epicentral respectivamente, el terremoto se sintió con intensidad VI MSK. Se registraron más de 200 réplicas, la de mayor magnitud, 3,6 – 3,9 mb e intensidad ≥ III MSK, tuvo lugar dos días después del evento principal.

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios AUSENTES. Los efectos secundarios se registran en un área de unos 34 km² incluidos dentro de la zona de intensidad VIII ESI-07. Se observaron grietas de tensión de gran tamaño, desprendimientos de bloques de gran tamaño en las proximidades de la localidad de Galera a lo largo de las laderas del valle del río del mismo nombre, a distancias máximas de entre 0,3 y 3 km. A unos 8,0 km de distancia, en el entorno de Orce, se documentan también similares procesos de ladera e importantes agrietamientos. Se tiene noticia de que en Castilléjar (7 km) también se produjeron efectos similares según los periódicos de la época.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
☐ ***Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *No Registradas.*
☒ ***4 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Grietas de tensión de gran tamaño en los alrededores de Galera (Eras del Hacho) y en el Cerro de San Marcos de Orce.*
☒ ***6 Movimientos de ladera (SM):*** *Pequeños hundimientos del terreno, vuelcos y desprendimientos de grandes rocas (caídas de bloques) en los alrededores de Galera y en las laderas del valle del río Galera (0,3 a 3 km). En Orce (8,0 km) el Cerro de San Marcos, en el interior de la población, sufrió desprendimientos y notables agrietamientos asociados.*
☐ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *No Registrados.*
☒ ***1 Anomalías Hidrogeológicas (HD; 1 HA):*** *Aumentos de caudal en fuentes en los alrededores de Orce.*
☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (WA; TS):*** *No Registrados.*
☒ ***Otros efectos:*** *Se describe ruido sísmico significativo en la zona epicentral. Las noticias de la época indican que hubo un "fortísimo ruido similar al de un trueno". Abundante polvo durante varios días en la zona de las "Quebradas", uno de los lugares donde se produjeron desprendimientos.*
☒ ***Daños Arqueosísmicos:*** *Se produjeron grietas en muchos edificios e iglesias, daños en tejados y destrucción de un gran número de chimeneas en las localidades de Galera (1,5 km) y Orce (8 km). En Orce, La Alcazaba de las Siete Torres sufrió colapso parcial de sus muros, colapso de una almena situada frente a la iglesia y otras almenas quedaron en estado de ruina, con amenaza de derrumbe. Por ahora no se dispone de datos detallados que permitan realizar un análisis de orientación de daños (en estudio).*

☒ ***Datos Geológicos:*** *Este evento sísmico no ha sido objeto de estudio geológico específico. Los efectos geológicos se encuentran documentados en un informe preliminar del IGN, diversas actas elaboradas por el Ayuntamiento de Galera en los días posteriores al evento principal, así como en los diarios de la época (p.ej. ABC y El Correo Catalán). Estos datos han sido recopilados y resumidos en investigaciones sobre la actividad tectónica reciente de la Falla de Galera (García-Tortosa et al., 2007; 2008; 2012). Estos autores relacionan este terremoto con la mencionada falla, un accidente tectónico con componente principal de salto en dirección sinistra, de dirección NE-SO, y de más de 25 km de longitud. Constituye una zona de falla de aproximadamente 1,5 km de anchura que genera un pequeño frente montañoso en el bloque meridional sobre materiales plio-pleistocenos margosos. A favor del segmento occidental de la falla se desarrolla el valle NE-SO del río Galera, que confluye con el río Guardal en Castilléjar, a unos 7,5 km de distancia, y presenta, además del citado frente montañoso, otras anomalías geomorfológicas y deformaciones sin-sedimentarias que indican su actividad durante el Plioceno y el Cuaternario (por ejemplo varios niveles de paleosismitas de hasta varios metros de diámetro que pueden observarse en tres dimensiones). Los planos de falla tienen una tendencia sub-vertical buzando hacia el NW entre 40 y 70°, con planos verticales y, en ocasiones, planos buzando hacia el SE. La deformación a lo largo de la falla de Galera está asociada con la generación de pliegues activos desarrollados fundamentalmente en el bloque meridional. La tasa vertical de desplazamiento para esta falla se encuentra entre 0.05 y 0.15 mm/año (García-Tortosa et al., 2008, 2011).* ***Calidad de la Información Geológica: Clase B.***

Investigación / Compilación de la información: *Francisco Juan García Tortosa (UJA); Pablo G. Silva (USAL); Elvira Roquero (UPM). Actualizado 2017.*

IMAGEN EVENTO



"Grieta de dimensiones métricas abierta en las cercanías de Galera" Portada ABC (10/6/1964).
Desprendimiento rocoso en la margen izquierda del río Galera, parcialmente producido por el terremoto de Galera de 1964 (Foto F.J. García Tortosa).

DESCRIPCIÓN
PRE 19640609: GALERA (Granada). 1964 AD

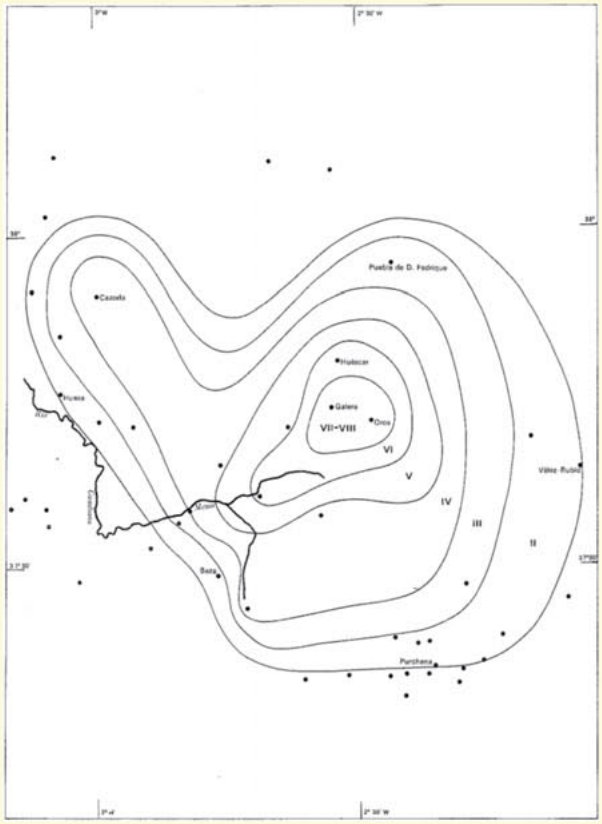
DATOS GARCÍA TORTOSA

Descripción de García Tortosa. Terremoto de *1964 AD*

Los datos que aquí se consignan se basan en su mayoría en un informe preliminar del IGN elaborado en 1964 con el título: *"Nota informativa preliminar de los sismos de Orce y Galera (Junio 1964)"*.

El 9 de Junio de 1964, a las 2:33 a.m. tuvo lugar el terremoto de Galera, con una magnitud de 4.8 mb e intensidad VII-VIII MSK, ahora considerada como VII EMS-98 en las bases de datos del IGN. Su epicentro se localizó ligeramente al SO de Galera, coincidiendo prácticamente con la traza de la zona de falla de Galera. El número total de réplicas fue superior a los dos centenares. La mayor de ellas se produjo dos días después del evento principal, con una magnitud de 3.9 mb e intensidad III MSK. El terremoto principal se dejó sentir con intensidad VII-VIII MSK en Galera y Orce (entre 1.5 y 8 km de distancia epicentral), pero con intensidad VI MSK en Localidades como Castilléjar y Huéscar situadas a similar distancia hacia el SO y N respectivamente. Esto parece indicar una fuerte concentración de los daños ambientales y materiales entre las localidades de Galera y Orce a lo largo de los márgenes de los valles en la zona con dirección general ENE-ONO, y muy especialmente en torno a Galera (confluencia de ambos valles) con una dirección más marcada NE-SO similar a la de la Falla de Galera.

Según un informe preliminar del IGN, las isosistas de valor igual o superior a V aparecen deformadas, cubriendo las zonas de aluvial en los márgenes del río Galera, indicando un claro efecto sitio. También se produjeron como efectos sobre el terreno, grietas de tensión, pequeños hundimientos y aumentos de caudal en fuentes y acequias. Los efectos secundarios más numerosos fueron los desprendimientos, algunos de ellos en la misma zona de falla, así como en los núcleos de población afectando a casas y cuevas-casa en la zona.



Tal y como recoge el informe preliminar del IGN, realizado a partir de los cuestionarios macrosísmicos recogidos, en Galera resultaron dañados los tejados, muchos destruidos en parte como consecuencia del corrimiento y desplazamiento generalizado de tejas. También se destruyeron un gran número de chimeneas y se observaron grietas en muchos edificios, con hundimiento de tabiques en casas y diferentes partes de casas-cuevas. Este terremoto se registró instrumentalmente, en base a lo cual se poseen los parámetros de tamaño y localización del mismo. No se poseen datos de los errores epicentrales, pero en base a las localizaciones del mencionado terremoto por el Bureau Central International de Séismologie de Strasbourg (BCIS) y la incipiente Red Nacional de Sismología de Madrid (LCSS), podemos hablar de hasta unos ±10 km (comunes para las determinaciones de la época). En este sentido, el hecho de que se dejara sentir con la misma intensidad en Galera y Orce y no en Castilléjar, podría indicar que el epicentro estaría mal situado y que el foco se produjo posiblemente entre Galera y Orce, en las cercanías de la confluencia de ambos valles donde se concentran la mayor parte de los efectos geológicos producidos por el terremoto.

Referencias de García Tortosa. Terremoto de *1964 AD*

García Tortosa, F.J. et al. (2007): La falla y los pliegues de Galera. En: La cuenca de Guadix-Baza: estructura, tectónica activa, sismicidad, geomorfología y dataciones existentes (C. Sanz de Galdeano and J.A. Peláez, eds.), pp. 141–153.

García Tortosa, F.J. et al. (2008): Activity of the Galera Fault (Guadix-Baza Basin, Central Betic Cordillera). 6ª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica. Tomar (Portugal). 363 -364.

Sanz de Galdeano, C., García-Tortosa, F.J., Peláez, J.A., Alfaro, P., Azañón, J.M., Galindo-Zaldívar, J., López Casado, C., López Garrido, A.C., Rodríguez-Fernández, J., Ruano, P. (2012): Main active faults in the Granada and Guadix-Baza Basins (Betic Cordillera). Journal of Iberian Geology 38 (1), 209-223.

INTERPRETACIÓN
PRE 19640609: GALERA (Granada). 1964 AD

ANÁLISIS DE DATOS

Autores: Francisco Juan García Tortosa, Departamento de Geología, Universidad de Jaén.
Pablo G. Silva, Departamento de Geología, Universidad de Salamanca.
Elvira Roquero, Departamento de Edafología, Universidad Politécnica de Madrid.

EEE. Efectos Geológicos y Ambientales del Terremoto de Galera, 1964 AD

Los datos que se han podido recopilar a partir varias actas y cartas del Ayuntamiento de Galera, un Informe preliminar del IGN y algunas noticias en periódicos de la época, muestran que los efectos ambientales que quedaron registrados fueron agrietamientos, procesos gravitacionales y anomalías hidrológicas.

Grietas y hundimientos (GK). Se produjeron varios hundimientos del terreno en la zona del Hacho, en la margen derecha del río Galera, donde se encuentran las eras del pueblo. En la misma zona aparecieron varias grietas, de entre las que cabe destacar una con dirección NS que alcanzó los 30 metros de longitud y 50 cm de anchura y otra perpendicular con 2 m de anchura y observable hasta a 6 metros de profundidad. En la población de Orce también se cita la aparición de grietas, sin más descripción.

Movimientos de ladera (SM). En Galera quedaron descritos al menos 6 movimientos de ladera de tipo desprendimientos y/o vuelcos de bloques de grandes dimensiones de calizas y margocalizas plio-cuaternarias. Todos ellos se localizaron próximos a Galera, en ambas laderas del valle del río Galera/Orce, así como en barrancos tributarios del mismo. Se puede deducir que en las actas e informes del Ayuntamiento de Galera sólo quedaron descritos los movimientos que habían generado algún tipo de daño u obstrucción en vías públicas, o con peligro de generarlo, de modo que la caída de bloques y otros movimientos de ladera fueron, con seguridad, muchos más de los descritos en documentos oficiales, como de hecho se ha podido constatar por medio de diferentes testimonios sobre los efectos generados por el terremoto. Así, por ejemplo, en la zona conocida como las "Quebradas", próxima a uno de los desprendimientos registrados en las actas del Ayuntamiento, hay testigos que observaron la producción de polvo durante varios días en un gran desprendimiento ya existente que se reactivó durante el terremoto (Foto 2). Otros testimonios recogidos para el presente catálogo indican la generación de diferentes desprendimientos en la margen derecha del Río de Orce que no quedaron registrados en las descripciones de la época. En Orce, a 8,0 km del supuesto epicentro, concretamente en el denominado Barrio de San Marcos, ubicado sobre el cerro del mismo nombre, y donde predominan las viviendas de tipo cueva, se produjeron también desprendimientos y notables agrietamientos.

Anomalías hidrológicas (AH). En Orce se detectó un aumento de caudal en la fuente pública del pueblo y también en algunas acequias de riego.

Análisis de los Efectos Geológicos (EEEs) del Terremoto de Galera, 1964 AD

En el único informe preliminar conservado por el IGN se habla de un claro efecto de sitio "*por la adaptación de las isosistas de valor igual o superior a V a zonas de aluvial en los márgenes del río Galera*". Sin embargo, cuando miramos en detalle la ubicación de los daños producidos tanto sobre construcciones o viviendas de tipo cueva, como de los efectos geológicos como grietas y desprendimientos, se puede apreciar que gran parte de los mismos están situados fuera de las terrazas fluviales del Río Galera/Orce. Sin embargo, sí que están relacionadas con su ubicación respecto al encajamiento del valle del río, caracterizado por fuertes pendientes y escarpes verticales desarrollados sobre calizas y margas plio-cuaternarias, reflejando claramente un efecto topográfico no descrito hasta el momento.

El predominio en la zona de materiales plio-cuaternarios horizontales, donde alternan niveles más carbonatados con otros margosos de menor competencia, ha favorecido que el valle se haya encajado generando taludes muy verticales, con cornisas y terrazas. Todos estos materiales se encuentran a su vez afectados por varios juegos de diaclasas asociados a la zona de falla de Galera y a otras estructuras como pliegues activos, que condicionan la estabilidad de las laderas más escarpadas, muy abundantes en todo el sector, ya sea en el valle principal o en los barrancos fuertemente encajados de la zona.

Aparte de las grietas y los pequeños hundimientos del terreno descritas para la zona de las "Eras del Hacho" en Galera, los efectos geológicos más destacables fueron hasta 8 movimientos de ladera entre desprendimientos y vuelcos de grandes bloques en ambas márgenes de río, desde el sector conocido como "Las Quebradas", situado al oeste y muy próximo a la zona epicentral, hasta el Sector del Rincón de la Cueva – Molino de la Torre, a medio camino entre Galera y Orce. En el caso de los desprendimientos, estos cortaron el paso de varios caminos como el de Galera al Cortijo de Cura en la zona de la Hedionda, mientras que en el caso de los vuelcos fue necesario el derribo de los bloques afectados, dado que el desprendimiento de los mismos era inminente. Además de los efectos anteriores, se observó un aumento en el caudal de algunas fuentes en Orce. El que se apreciara este efecto en Orce y no en otros manantiales que son abundantes en los alrededores de Galera, seguramente se debió a que es sólo en Orce donde se tienen manantiales dentro de la población, acondicionados para su aprovechamiento, y por tanto más fácilmente observables que los manantiales naturales de las inmediaciones de Galera.

El análisis de los efectos geológicos secundarios ha sido suficiente para delinear un mapa de intensidades de mayor detalle que el presentado en el informe preliminar del IGN mencionado anteriormente. Los EEEs catalogados permiten identificar una pequeña área en el entorno de Galera de dirección NE-SW (paralela al valle y a la Falla de Galera), de no más de 5-6 km^2, que define la zona de

intensidad VIII ESI-07. De esta forma, se desdobla la gran área de más de 50 km² que aparecía como intensidad VII-VIII en el informe del IGN, y se define el área de máximo daño claramente asociada al relleno aluvial y a la Falla del Río Galera. No obstante, los efectos de grado VIII y VII se distribuyen sobre un área algo mayor a los 10-12 km² entre Galera y Orce, indicando una intensidad máxima de VIII en la Escala ESI-07.

Por último, se ha procedido a la modelización del terremoto, mediante la elaboración de un ShakeMap. En este se ha considerado la falla de Galera como la responsable del Terremoto (García Tortosa *et al.*, 2012). La magnitud 4.8 mb asignada en el catálogo del IGN (2002) es insuficiente para generar aceleraciones del terreno suficientes, no obstante, una modelización con una magnitud de 5.3 Mw es suficiente para alcanzar valores de PGA máximos en torno a los 0.30 -0.33 g en la localidad de Galera, suficientes para explicar los daños sobre las edificaciones y sobre la naturaleza catalogados en dicha localidad. Curiosamente, en el informe del IGN aparece que a este terremoto se le asignó una magnitud máxima inicial de 5,2 Ms, aunque posteriormente fue reevaluada.

EAE. Efectos Arqueosismológicos del Terremoto de Galera, 1964 AD

El informe preliminar ya mencionado indica que en Galera "*la Iglesia Parroquial, de una sola nave y bóveda de cañón corrido, orientada sensiblemente en dirección N-S presenta grietas que alcanzan los 4 cm de anchura en el Altar Mayor y en el muro S. Se observan además pequeños desplazamientos relativos, en los sillares de la escalera de la torre-campanario y en ésta, grietas que cortan los sillares en dirección N-S. Los tabiques muestran también grietas verticales que se prolongan de techo a piso, acompañadas de otras horizontales en las uniones de los muros*".

En Orce, "*la Iglesia Parroquial, de planta de cruz latina con tres naves y altura de bóveda de unos 14 metros, tanto los arcos del crucero como los de la Bóveda se han partido por la clave, amenazando la caída de toda la cubierta. También, una almena de la torre situada frente a la iglesia cayó al suelo durante el primer terremoto*".

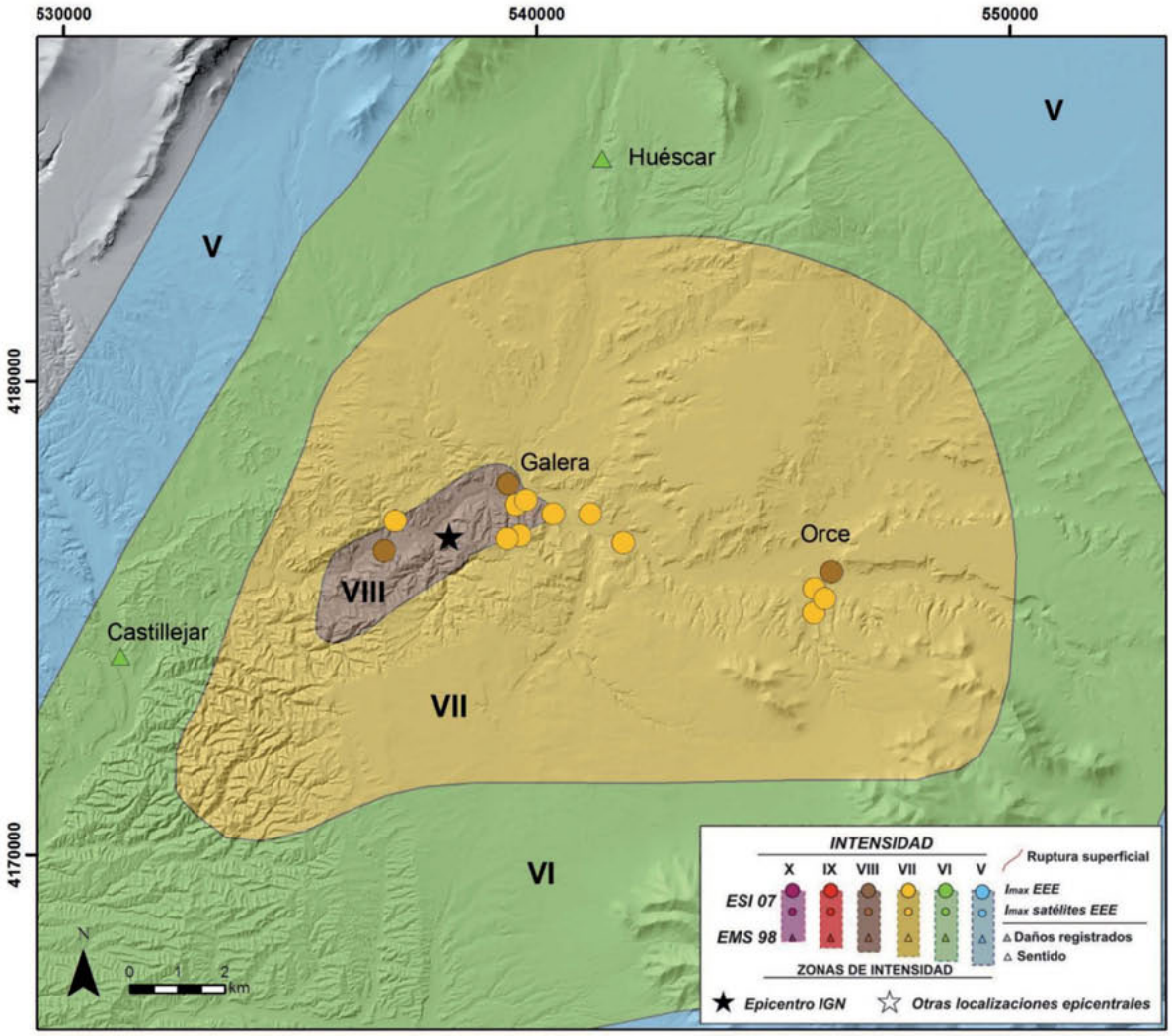
Muy indicativo en el informe mencionado es la observación que se hace sobre los daños en los tejados y la caída de chimeneas en las dos localidades más afectadas. Los daños en los tejados se ocasionaron por el deslizamiento de tejas. En las fotos del informe se observa una clara direccionalidad en el deslizamiento sobre las cubiertas a dos aguas en ambas localidades. Aunque en el informe no se aportan datos sobre la dirección preferente de la caída de las tejas, observando el tejido urbano de ambas poblaciones, este muestra mayoritariamente calles más numerosas orientadas sensiblemente N-S y otras de menor longitud E-O, viéndose que en la mayor parte de los casos, los "parte aguas" de las cubiertas a dos aguas se encuentran orientados N-S (especialmente en Galera). En consecuencia, se puede indicar que el movimiento principal del terreno fue en dirección E-O aunque no se pueda precisar el sentido. Este tipo de movimiento sería consistente con la aparición de grietas, tanto en edificaciones como en el terreno, en dirección preferente N-S (al menos las descritas, que serían las mayores), con los deslizamientos mayoritarios hacia el O y E registrados tanto en Orce (San Marcos), como en el Valle del Río Galera y con la caída de la Almena del Castillo de Orce hacia la iglesia, también en dirección E-O. Parece pues evidente que existió una direccionalidad preferente E-O del movimiento del terreno, lo que podría explicar que localidades situadas hacia el Norte (Huéscar) o en una posición más hacia el Sur (Castilléjar), a una distancia epicentral similar sufrieran intensidades más bajas.

Los mayores daños en la iglesia de Orce y en la alcazaba que en la Iglesia de Galera, así como un mayor movimiento de los muebles en Orce, contrastan con los mayores daños en las casas que se registró en Galera. Estas diferencias podrían explicarse por una amplificación geológica en Galera (efecto de sitio), al estar situada en una mayor proporción sobre materiales aluviales que Orce, donde predominan sedimentos carbonatados más competentes del pleistoceno y del basamento de la cuenca.



DISTRIBUCIÓN DAÑOS ESI-07/EMS-98
PRE 19640609: GALERA (Granada). 1964 AD
EFECTOS GEOLÓGICOS

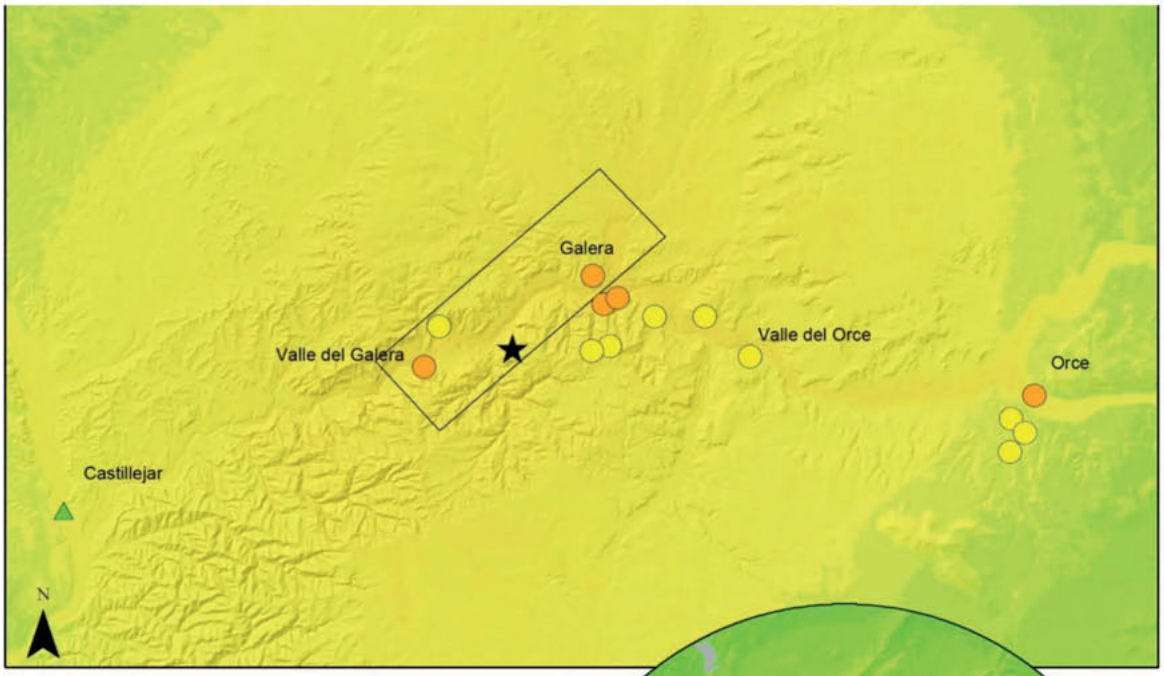
EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
PRE 19640609*AD*	02:33	2°34'00"O	37°44'12"N	4,8 mb	VII	VII-VIII	VIII	A	I	B	**Galera, GR**



SHAKE MAP ESI-07/EMS-98
PRE 19640609: GALERA (Granada). 1964 AD
ACELERACIÓN DEL TERRENO

EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
PRE 19640609*AD*	02:33	2°34'00"O	37°44'12"N	4,8 mb	VII	VII-VIII	VIII	A	I	B	**Galera, GR**

Fuente sísmica modificada de: García Tortosa *et al.*, 2012; Sanz de Galdeano *et al.*, 2012	**Mw calculada:** 5,3	**Relación empírica**: Wells y Coppersmith (1994).	**GMPE**: Wald *et al.* (2005) modificada según Silva *et al.* (2016).

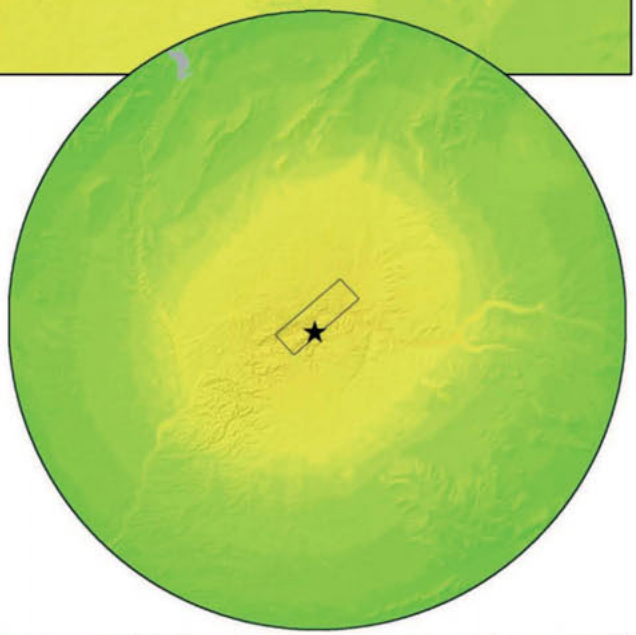


ESCENARIO

Datos del Modelo

Falla Normal, buzamiento NW
Falla de Galera
Longitud de la fuente 4,7 km

PGAmax 0,33g
PGA en Galera 0,31g
PGA en valle del río Orce 0,18g
PGA en valle del río Galera 0,24g
PGA en Orce 0,21g
PGA en Castillejar 0,14g



Efectos Edificaciones										
MMI (USGS)	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
SACUDIDA	Ligera	Moderada	Fuerte	Muy Fuerte	Severa	Violenta	Muy Violenta	Extrema	Extrema
DAÑO	Ninguno	Muy Ligero	Ligero	Moderado	Severo	Destructivo	Muy Destructivo	Devastador	Totalmente Devastador
PGA (g)	0,014	0,039	0,092	0,18	0,34	> 0,65			

Efectos Geológicos										
EEE PRIMARIOS	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Muy raros	Raros	Apreciables	Significativos	Importantes	Muy Importantes
EEE SECUND.	Ligeros	Marginales	Moderados	Apreciables	Significativos	Importantes	Muy Importantes	Devastadores	Totalmente Devastadores
AREA AFECTADA			c. 1 km²	≤10 km²	≤100 km²	≤1000 km²	≤5000 km²	≤10.000 km²	≥50.000 km²
ESI-07	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII

REFERENCIAS **DATOS BIBLIOGRÁFICOS**

PRE 19640609: GALERA (Granada). 1964 AD

Autores: Francisco Juan García Tortosa, Departamento de Geología, Universidad de Jaén.
Pablo G. Silva, Departamento de Geología, Universidad de Salamanca.
Elvira Roquero, Departamento de Edafología, Universidad Politécnica de Madrid.

Bibliografía del Terremoto de Galera de 1964 AD

Delgado, J., Marques, F.S.F., Vaz, T.V. (2013): Movimientos de Ladera inducidos por terremotos en España y Portugal. Cuaternario y Geomorfología, 27 (3-4), 21-35.

García-Tortosa, F.J., Sanz de Galdeano, C., Alfaro, P., Galindo-Zaldívar, J., López Garrido, A.C. (2007): La falla y los pliegues de Galera. En: C. Sanz de Galdeano, J.A. Peláez (eds.), La cuenca de Guadix-Baza. Estructura, tectónica activa, sismicidad, geomorfología y dataciones existentes. CSIC-Univ. Granada. Publ. Fac. Ciencias. Granada, 141-153.

García Tortosa, F.J., Sanz de Galdeano, C., Peláez, J.A., Alfaro, P., López Casado, C., y Galindo Zaldívar, J. (2008): Activity of the Galera Fault (Guadix-Baza Basin, central Betic Cordillera). 6ª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica. Tomar (Portugal). 363-364.

García Tortosa, F.J.; Alfaro García, P.; Sanz de Galdeano, C. (2012): Tectónica Activa de la Cuenca de Guadix-Baza (Fallas de Baza y Galera). Guía de Campo de la I Reunión del Grupo de Trabajo de Tectónica Activa, Paleosismología y Arqueosismología QTECT-AEQUA. Galera. Granada.

IAG (On line): http://iagpds.ugr.es/pages/informacion_divulgacion/terremotos_historicos

IGME. (1995): Catálogo Nacional de Riesgos Geológicos. Ficha 167.

Sanz de Galdeano, C., García-Tortosa, F.J., Peláez, J.A., Alfaro, P., Azañón, J.M., Galindo-Zaldívar, J., López Casado, C., López Garrido, A.C., Rodríguez-Fernández, J., Ruano, P. (2012): Main active faults in the Granada and Guadix-Baza Basins (Betic Cordillera). Journal of Iberian Geology 38 (1), 209-223.

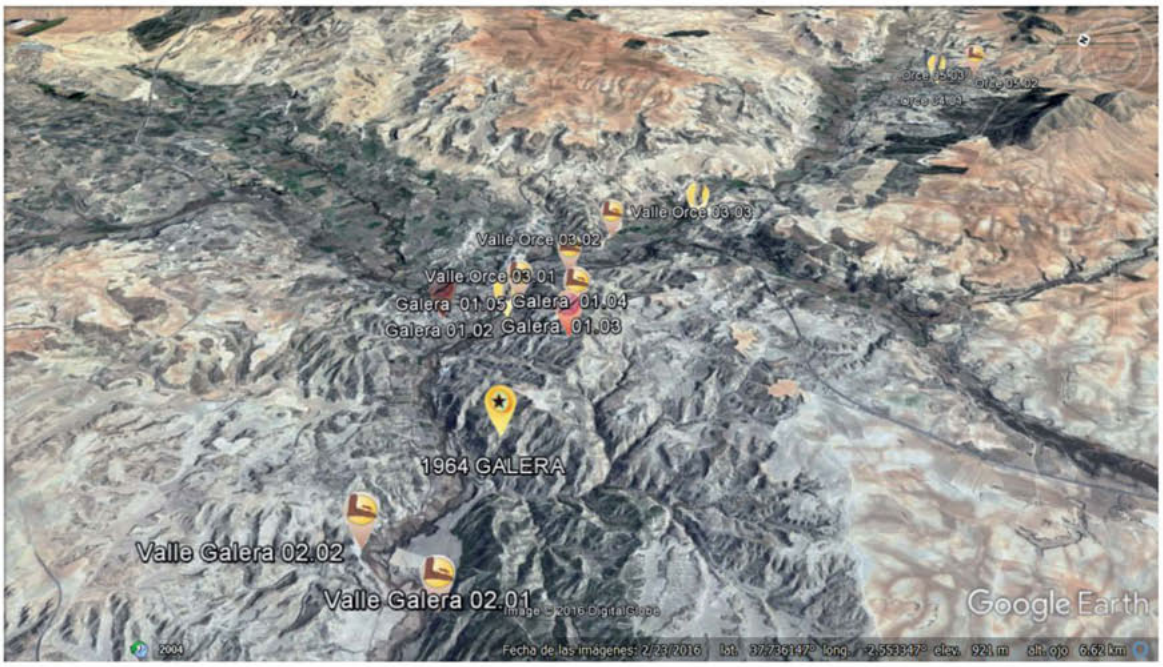
ABC (1964): http://hemeroteca.abc.es/nav/Navigate.exe/hemeroteca/madrid/abc/1964/06/14/060.html.

ABC. 10 Junio 1964, pg. 69.

El Correo Catalán (1964): http://www.todocoleccion.net/periodico-correo-catalan-martes-16-junio-1964-num-26-974-seismo-galera-granada

INFORMACIÓN MACROSÍSMICA PRE 19640609: GALERA (Granada). 1964AD											EFECTOS GEOLÓGICOS	
EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO	
PRE 19640609*AD*	03:30	2°34'00"O	37°44'12"N	4,8 mb	VII	VII-VIII	VIII	A	I	B	Galera, GR	
Tipo de Efectos Catalogados											Número de Fichas 13	11 EEEs 02 EAEs

Imagen Google Earth de la localización de efectos catalogados en la zona epicentral



Información macrosísmica catalogada

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
01.01 Galera	2°33'11.85"O	37°44'51.05"N	GK	SO 1,75 km	VII	VII-VIII	VIII
01.02 Galera	2°33'2.12"O	37°44'35.86"N	EAE	OSO 1,6 km	VII	VII-VIII	VII-VIII
01.03 Galera	2°33'11.40"O	37°44'14.08"N	GK	O 1,2 km	VII	VII-VIII	VII-VIII
01.04 Galera	2° 32' 57.02"O	37° 44' 17.30" N	SM	O 1,6 km	VII	VII-VIII	VII-VIII
01.05 Galera	2°32'52.67"O	37°44'35.96"N	SM	OSO 1,8 km	VII	VII-VIII	VII-VIII
02.01 Valle Río Galera	2°34'56.11"O	37°44'0.68"N	SM	ENE 1,4 km	Sin datos	VII-VIII (Zona)	VIII
02.02 Valle Río Galera	2°34'47.87"O	37°44'22.36"N	SM	ESE 1,2 km	Sin datos	VII-VIII (Zona)	VII
03.01 Valle Río Orce	2°32'31.40"O	37°44'29.21"N	GK	OSO 2,2 km	Sin datos	VII-VIII (Zona)	VII-VIII
03.02 Valle Río Orce	2°31'59.28"O	37°44'27.52"N	SM	OSO 2,9 km	Sin datos	VII-VIII (Zona)	VII
04.01 Orce	37°43'19.36"N	2°28'46.44"O	EAE	ONO 7,9 km	Sin datos	VII-VIII	VIII
04.02 Orce	37°43'7.57"N	2°28'34.30"O	GK	ONO 8,2 km	Sin datos	VII-VIII	VII
04.03 Orce	37°43'6.97"N	2°28'33.18"O	SM	ONO 8,2 km	Sin datos	VII-VIII	VII
04.04 Orce	37°43'22.02"N	2°28'41.92"O	HA	ONO 8 km	Sin datos	VII-VIII	VII

Información macrosísmica complementaria

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
0.01 Baza	2°46'37.80"O	37°29'11.95"N	EMS	NE 33,6 km	Sin datos	II	**Sin datos**
0.02 Benamaruel	2°42'7.06"O	37°37'0.97"N	EMS	NE 18,0 km	Sin datos	VI	**VI (Zona)**
0.03 Castilléjar	2°38'31.12"O	37°43'22.01"N	EMS	ENE 6,9 km	Sin datos	VI	**VI (Zona)**
0.04 Cazorla	3° 0'11.05"O	37°54'49.38"N	EMS	OSO 43,1 km	Sin datos	IV	**Sin datos**
0.05 Cúllar	2°34'12.85"O	37°35'19.81"N	EMS	N 17,0 km	Sin datos	IV	**Sin datos**
0.06 Huéscar	2°32'34.91"O	37°48'28.08"N	EMS	SSO 8,2 km	Sin datos	VI	**VI (Zona)**
0.07 María	2° 9'54.26"O	37°42'45.69"N	EMS	E 35,5 km	Sin datos	III (Zona)	**Sin datos**
0.08 Pozo Alcón	2°55'59.21"O	37°42'9.74"N	EMS	O 32,5 km	Sin datos	IV	**Sin datos**
0.09 Puebla de Don Fadrique	2°26'15.14"O	37°57'36.60"N	EMS	SSO 27,2 km	Sin datos	III	**Sin datos**
0.10 Vélez Blanco	2° 5'46.32"O	37°41'35.93"N	EMS	ESE 41,8 km	Sin datos	II	**Sin datos**
0.11 Zújar	2°50'29.66"O	37°32'22.15"N	EMS	NE 33,0 km	Sin datos	III	**Sin datos**

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	PRE19640609.01.01 *01.01.Galera (Eras del Hacho)*	EVENTO	PRE19640609 GALERA. GR	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Galera	2°33'11.19"O	37°44'51.05"N	834	1000	1,75 km	Suroeste	VII EMS / 4.8mb

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Laderas en barrancos tributarios del valle fluvial principal (Río Galera).	**Pendiente del terreno**	Moderada (15-20 %)
Descripción Geológica	El sector de las "Eras del Hacho" está situado sobre una alternancia pleistocena de margas y margocalizas con intercalaciones de niveles detríticos finos y niveles con yeso, pertenecientes al relleno continental de la Cuenca de Guadix-Baza. La zona se sitúa en el bloque septentrional de la Falla de Galera y se observan abundantes diaclasas y pequeños planos de falla asociados a dicha zona de falla. Los estratos aparecen fundamentalmente subhorizontales, si bien pueden observarse zonas con buzamientos de más de 15° afectados por la tectónica activa del sector.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Margas, margocalizas, yeso, limos y arenas.	Margas, margocalizas, yeso, limos y arenas.	Estratos subhorizontales de espesor decimétrico a métrico	Alternancia de Semi-Consolidados y Consolidados	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475} IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plio-Pleistoceno	Plio-Pleistoceno	Sin datos	0,13 g	PRE-INSTRUMENTAL

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Casas Cuevas - "Chozones"	Excavación en el terreno	Sin datos	Sin datos	VII-VIII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/8

Descripción: Se produjeron hundimientos del terreno y aparecieron varias grietas de entre las que cabe destacar una con dirección NS, que alcanzó los 30 metros de longitud y 50 cm de anchura, y otra perpendicular con 2 m de anchura y observable hasta a 6 metros de profundidad (no se describe longitud).

Interpretación: Tanto los hundimientos como la aparición de grietas pueden asociarse a la situación próxima a la zona de falla de Galera, con abundantes diaclasas que cortan verticalmente en diferentes direcciones a los paquetes tabulares de sedimentos carbonatados consolidados, alternando con sedimentos detríticos y margosos poco consolidados.

Cuantificación: Si bien las fracturas descritas aparecen en un sector con abundantes diaclasas que han podido facilitar las dimensiones que adquirieron, podríamos considerar que se trata efectos secundarios con una intensidad mínima entre VII y VIII ESI-07.



Fotografía de unas de las grietas de ésta localidad publicada en el Diario ABC días después del evento principal.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX.*

Referencias bibliográficas:

García Tortosa F.J. *et al.* (2007). La falla y los pliegues de Galera. En: La cuenca de Guadix-Baza: estructura, tectónica activa, sismicidad, geomorfología y dataciones existentes (C. Sanz de Galdeano and J.A. Peláez, eds.), pp. 141–153.
García Tortosa, F.J. *et al.* (2008): Activity of the Galera Fault (Guadix-Baza Basin, Central Betic Cordillera). 6ª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica. Tomar (Portugal). 363 -364.
García Tortosa, F.J. *et al.* (2012): Tectónica Activa de la Cuenca de Guadix-Baza (Fallas de Baza y Galera). Guía de Campo de la I Reunión del Grupo de Trabajo QTECT-AEQUA. Galera. Granada.
ABC (1964): http://hemeroteca.abc.es/nav/Navigate.exe/hemeroteca/madrid/abc/1964/06/14/060.html.ABC. 10 Junio 1964, pg. 69

Información Recopilada	*Francisco Juan García Tortosa (UJA); Elvira Roquero (UPM); Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	PRE19640609.01.02 *01.02 Galera*	EVENTO	PRE19640609 GALERA.GR	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO: EAE/8

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Galera	2°33'2.12"O	37°44'35.86"N	860	80 h	1,6 km	SUROESTE	VII EMS / 4.8mb

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Llanura aluvial	Pendiente del terreno	Baja
Descripción Geológica	Tanto la Iglesia parroquial como la parte baja del pueblo de Galera se localiza sobre la llanura aluvial del río Galera, constituida por diferentes terrazas fluviales, en este caso situadas en torno a 30 metros sobre el *thalweg* actual del río. El valle fluvial del río está encajado hasta más de 100 metros en un glacis que representa la superficie geomorfológica más características de la Cuenca de Guadix-Baza, junto al modelado en *badlands* desarrollado a partir del tránsito endorreico - exorreico de la cuenca y que dio lugar a la red fluvial actual a la que pertenece el río Galera. En este contexto de encajamiento, las terrazas fluviales del río Galera tienen series de sedimentos poco desarrolladas, a excepción precisamente de una de las terrazas sobre la que se sitúa parte del pueblo y la Iglesia, con varios metros de espesor de sedimentos fluviales.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Limos, arenas y gravas	Limos, arenas y gravas	Estratificada	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475} IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pleistoceno superior	Pleistoceno superior-Holoceno	Sin datos	0,13 g	Pre-Instrumental

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, mampostería y ladrillo	Iglesia, casas, casas-cueva	Muchas (> 50 %)	Grave	VII-VIII MSK

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	Colapsos/agrietamientos: EAE/8

Descripción: Resultaron dañados los tejados de las casas, muchos destruidos en parte, con colapso parcial y/o desplazamiento de las tejas. También se destruyeron un gran número de chimeneas, en torno al 50% y aparecieron grietas en muchos edificios, con hundimiento de tabiques en casas y diferentes partes de casas-cuevas. El informe preliminar del IGN indicaba que en Galera "*la Iglesia Parroquial, de una sola nave y bóveda de cañón corrido, orientada sensiblemente en dirección N-S presenta grietas que alcanzan los 4 cm de anchura en el Altar Mayor y en el muro S. Se observan además pequeños desplazamientos relativos, en los sillares de la escalera de la torre-campanario y en ésta, grietas que cortan los sillares en dirección N-S. Los tabiques muestran también grietas verticales que se prolongan de techo a piso, acompañadas de otras horizontales en las uniones de los muros*".

Interpretación: Los datos que se tienen sobre los daños en los edificios en Galera no permiten hasta el momento hablar o establecer una clara direccionalidad del evento principal (a falta de un estudio específico). Sin embargo, el hecho de que la intensidad se sintiese de forma similar en las localidades de Galera y Orce y no en Castilléjar, mucho más próxima al epicentro que Orce, podría indicar que el impulso sísmico principal tuvo una dirección ONO - ESE. Los informes de la época hablan de un claro efecto de sitio por estar supuestamente situados los pueblos sobre el aluvial de los ríos Galera y Orce, sin embargo, la situación real no es esa y los daños se repartieron en ambos pueblos tanto sobre viviendas situadas en el aluvial como situadas sobre el sustrato Pliopleistoceno continental calizo - margoso consolidado existente en la región. Este hecho podría también avalar en parte la interpretación de una direccionalidad para el Terremoto de Galera, ya que en Castilléjar las viviendas también están repartidas entre el aluvial y el relleno pliocuaternario calizo-margoso sin que la intensidad llegara a VII. La proximidad del epicentro, a tan solo 1,6 km al SO de Galera, el hecho de que el pueblo se sitúa parcialmente sobre la zona de falla de Galera y que los barrios de cuevas se encuentran preferentemente en laderas escarpadas de barrancos encajados con un evidente efecto topográfico, son datos que habrá que tener en cuenta a la hora de un estudio más específico de los daños generados por el terremoto de Galera.

Cuantificación: El grado de destrucción del terremoto de Galera se relaciona con un grado de intensidad VII-VIII MSK o VII EMS, coherente con los efectos EAE descritos. La caída de parte de corrales-cueva a modo de desprendimientos en laderas extraplomadas afectadas por diaclasas indicaría un grado máximo de intensidad VIII ESI-07.



Iglesia Parroquial de Galera

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VII-VIII	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX.*

Referencias bibliográficas:

García Tortosa F.J. *et al.* (2007). La falla y los pliegues de Galera. En: La cuenca de Guadix-Baza: estructura, tectónica activa, sismicidad, geomorfología y dataciones existentes (C. Sanz de Galdeano and J.A. Peláez, eds.), pp. 141–153.

García Tortosa, F.J. *et al.* (2008): Activity of the Galera Fault (Guadix-Baza Basin, Central Betic Cordillera). 6ª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica. Tomar (Portugal). 363 -364.

García Tortosa, F.J. *et al.* (2012): Tectónica Activa de la Cuenca de Guadix-Baza (Fallas de Baza y Galera). Guía de Campo de la I Reunión del Grupo de Trabajo QTECT-AEQUA.Galera. Granada.

ABC (1964): http://hemeroteca.abc.es/nav/Navigate.exe/hemeroteca/madrid/abc/1964/06/14/060.html. ABC. 10 Junio 1964, pg. 69.

Información Recopilada	*Francisco Juan García Tortosa (UJA); Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	PRE19640609.01.03 *01.03 Galera (Barrio del Barranco)*	EVENTO	PRE19640609 GALERA.GR	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Galera	2°33'11.40"O	37°44'14.08"N	910	Sin datos	1,2 km	O	VII EMS / 4,8 mb

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Laderas en barranco muy encajado, uno de los principales tributarios del río Galera, con sectores prácticamente verticales y un relieve en graderío con cornisas, terrazas y taludes sobre los que se han excavado los barrios de casas-cueva.	**Pendiente del terreno**	Muy fuerte (>70%).
Descripción Geológica	Esta localidad, conocida en la toponimia local como "Barrio del Barranco" está situada justo sobre la traza de la falla de Galera. En el bloque meridional aparecen sedimentos pliocuaternarios continentales, entre los que predominan margas y detríticos finos con intercalaciones de niveles de yeso cristalino, mientras que en el bloque septentrional predominan sedimentos continentales más carbonatados, con niveles detríticos finos intercalados. Los sedimentos aparecen muy tectonizados, con abundantes diaclasas y planos de falla de la zona de cizalla generada por la falla de Galera. El barrio, con una orientación NS tiene una longitud próxima a los 500 metros, encontrándose los estratos subhorizontales en la parte norte, e inclinados por los efectos de la falla de Galera en la parte Sur, con buenos ejemplos de arrastre de falla.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Calizas, margocalizas, margas, yesos y detríticos finos.	Calizas, margocalizas, margas, yesos y detríticos finos.	Estratos subhorizontales de espesor decimétrico a métrico	Consolidados	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plio-Pleistoceno	Plio-Pleistoceno	Sin datos	0,13 g	Pre-instrumental

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, mampostería y ladrillo	Iglesia, casas, casas-cueva	Muchas (> 50 %)	Grave	VII-VIII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/8

Descripción: Según actas del Ayuntamiento de Galera con fecha 10 de Junio de 1964, un día después del terremoto: "*En el Barranco Izquierda, se encuentra a punto de derrumbarse un gran talud de roca, que tiene su base en terreno de greda, poco firme, habiéndose abierto hendiduras de consideración, amenazando caer sobre la vía pública y viviendas sitas en plano inferior, con el consiguiente peligro para sus moradores, por lo que urgentemente ha de procederse a su demolición. Según estimación del Sr. Ingeniero de Minas que ha visitado el lugar, se estima en unas sesenta mil pesetas el costo de la misma y la retirada de los materiales, de modo que se evite el peligro de que caiga y arrastre a las viviendas inferiores*".

Interpretación: Al igual que la mayoría de efectos ambientales descritos para el terremoto de Galera, existe un claro efecto topográfico debido a los fuertes escarpes verticales desarrollados en la red fluvial fuertemente encajada. Estos fuertes encajamientos y la conservación de la altas pendientes se ve favorecida tanto por la litología con alternancia de niveles más y menos competentes calizos margosos, como por la estructura pseudohorizontal, así como el clima con frecuentes lluvias torrenciales, danto lugar a un modelado en *badlands* en unos sectores y en graderío en otros, con fuertes escarpes en todo caso. Estas características topográficas junto con la presencia de diaclasas en todo el sector próximo a la falla de Galera dan lugar a una zona muy susceptible a procesos gravitacionales durante un terremoto.

Cuantificación: Entre VII y VIII ESI-07



Panorámica tomada hacia NE de la zona de falla en el Barrio Barranco Izquierda.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII-VIII	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX.*

Referencias bibliográficas:

García Tortosa F.J. *et al.* (2007). La falla y los pliegues de Galera. En: La cuenca de Guadix-Baza: estructura, tectónica activa, sismicidad, geomorfología y dataciones existentes (C. Sanz de Galdeano and J.A. Peláez, eds.), pp. 141–153.

García Tortosa, F.J. *et al.* (2008): Activity of the Galera Fault (Guadix-Baza Basin, Central Betic Cordillera). 6ª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica. Tomar (Portugal). 363 -364.

García Tortosa, F.J. *et al.* (2012): Tectónica Activa de la Cuenca de Guadix-Baza (Fallas de Baza y Galera). Guía de Campo de la I Reunión del Grupo de Trabajo QTECT-AEQUA. Galera. Granada.

ABC (1964): http://hemeroteca.abc.es/nav/Navigate.exe/hemeroteca/madrid/abc/1964/06/14/060.html. ABC. 10 Junio 1964, pg. 69.

Información Recopilada	*Francisco Juan García Tortosa (UJA); Pablo G. Silva (USAL); Elvira Roquero (UPM)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	PRE19640609.01.04 *01.04 Galera*	EVENTO	PRE19640609 GALERA. GR	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8 	

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Galera	2° 32' 57.02"O	37° 44'17.30" N	920	Sin datos	c. 1,6 km	Oeste	**VII EMS / 4,8 mb**

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera de barranco muy encajado y fuertes pendientes en sector levantado por la falla de Galera.	Pendiente del terreno	Muy alta - Escarpada (>70%)
Descripción Geológica	Sector sobre sedimentos pliocuaternarios continentales, entre los que predominan limos, calizas margosas de espesores decimétricos a métricos, con intercalaciones de niveles de yeso cristalino, cortado por la zona de falla de Galera y afectado por pliegues que generan buzamientos de hasta más de 20º hacia el NE.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Limos, calizas margosas, margas y yeso.	Limos, calizas margosas, margas y yeso.	Estratos de subhorizontales a inclinados afectados por planos de falla, diaclasas y plegamiento	Consolidados pero fracturados	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pleistoceno	Pleistoceno	Sin datos	0,13 g	Pre-instrumental

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, mampostería y ladrillo	Iglesia, casas, casa-cueva	Muchas (> 50 %)	Grave	VII-VIII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8

Descripción: Según actas del Ayuntamiento de Galera con fecha 10 de Junio de 1964, un día después del terremoto: "*En la red de conducción de agua potable a esta villa, desde la fuente de las Balsicas a ésta, se han roto las tuberías en diversos lugares, causados por desprendimientos. Los daños se estiman en unas tres mil pesetas...*".

Interpretación: La descripción anterior no permite saber con exactitud los lugares donde se produjeron los desprendimientos, pero en un reconocimiento llevado a cabo sobre el trayecto de la antigua conducción del agua potable a Galera se ha podido comprobar que existen multitud de escarpes artificiales y minas en las que se observan desprendimientos sobre dicha conducción, así como escarpes naturales de paredes verticales en determinados barrancos atravesados por la conducción. Los materiales están afectados por planos de falla y diaclasas, perdiendo su cohesión.

Cuantificación: En consonancia con los daños ocurridos en la localidad de Galera se le asigna una intensidad VII-VIII ESI-07.



Restos de la antigua conducción del agua potable de Galera. En la fotografía interior puede observarse un plano de falla en la zona de la conducción.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII-VIII	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX.*

Referencias bibliográficas:

García Tortosa F.J. *et al.* (2007). La falla y los pliegues de Galera. En: La cuenca de Guadix-Baza: estructura, tectónica activa, sismicidad, geomorfología y dataciones existentes (C. Sanz de Galdeano and J.A. Peláez, eds.), pp. 141–153.

García Tortosa, F.J. *et al.* (2008): Activity of the Galera Fault (Guadix-Baza Basin, Central Betic Cordillera). 6ª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica. Tomar (Portugal). 363 -364.

García Tortosa, F.J. *et al.* (2012): Tectónica Activa de la Cuenca de Guadix-Baza (Fallas de Baza y Galera). Guía de Campo de la I Reunión del Grupo de Trabajo QTECT-AEQUA. Galera. Granada.

ABC (1964): http://hemeroteca.abc.es/nav/Navigate.exe/hemeroteca/madrid/abc/1964/06/14/060.html. ABC. 10 Junio 1964, pg. 69.

Información Recopilada	*Francisco Juan García Tortosa (UJA); Pablo G. Silva (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	PRE19640609.01.05 *01.05 Galera (Barrio del Real)*	EVENTO	PRE19640609 GALERA.GR	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8 

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Galera	2°32'52.67"O	37°44'35.96"N	863	0,5 h	1,8 km	OSO	VII EMS / 4,8 mb

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Confluencia entre el Río Galera y barranco tributario muy encajado que genera una ladera fuertemente escarpada, con sectores verticales, en un sector elevado por la falla de Galera.	**Pendiente del terreno**	Muy alta - Escarpada (>70%)
Descripción Geológica	Esta localidad, conocida en la toponimia local como "El barrio del Real" está situada en la margen izquierda del río Galera y en ella aparecen sedimentos pliocuaternarios continentales, entre los que predominan calizas y calizas margosas de espesores decimétricos a métricos, con intercalaciones de niveles de yeso cristalino. Los sedimentos aparecen afectados por varios sistemas de diaclasas relacionados con la zona de falla de Galera y pliegues asociados que generan buzamientos superiores a los 15 grados hacia el norte en esta localidad.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Limos, calizas margosas, margas y yeso.	Limos, calizas margosas, margas y yeso.	Estratos de subhorizontales a inclinados afectados por planos de falla, diaclasas y plegamiento	Consolidados pero fracturados	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA$_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pleistoceno	Pleistoceno	Sin datos	0,13 g	Pre-instrumental

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, mampostería y ladrillo	Iglesia, casas, casa-cueva	Muchas (> 50 %)	Grave	VII-VIII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8

Descripción: Según actas del Ayuntamiento de Galera con fecha 10 de Junio de 1964, un día después del terremoto: "*En el barrio del Real se ha producido otro derrumbamiento de un talud de piedra y tierra, habiéndose interceptado la acequia y caído en tierra de cultivo. Los daños se estiman unas dos mil pesetas, solo para darle curso al agua, en tener en cuenta los que ocasionaría la retirada de materiales de las propiedades de cultivo*".

Interpretación: Al igual que la mayoría de los desprendimientos catalogados para el Terremoto de Galera, existe un claro efecto topográfico debido a los fuertes escarpes verticales desarrollados tanto en las laderas del río Galera, como en los barrancos tributarios del valle principal, con encajamientos de hasta más 150 metros bajo la superficie del glacis que marca el final de la etapa endorreica del sector antes del desarrollo de la red fluvial actual. Estos fuertes encajamientos y la conservación de la altas pendientes se ve favorecida tanto por la litología con alternancia de niveles más y menos competentes calizos margosos, como por la estructura pseudohorizontal, así como el clima con frecuentes lluvias torrenciales, danto lugar a un modelado en *badlands* en unos sectores y en graderío en otros, con fuertes escarpes en todo caso. Estas características topográficas junto con la presencia de diaclasas en todo el sector próximo a la falla de Galera dan lugar a una zona muy susceptible a los desprendimientos durante un terremoto.

En la base del escarpe se encuentran diferentes terrazas del río que han podido generar también un efecto de sitio en su contacto con el pie del escarpe, con un movimiento diferencial entre los sedimentos fluviales no consolidados y los pleistocenos carbonatados consolidados. La localización de todos los desprendimientos catalogados se encuentra sobre una franja de dirección ONE-ESE independientemente de la orientación de las laderas, es decir en ambas márgenes de los ríos y barrancos afectados, lo que podría indicar una direccionalidad del evento sísmico, que queda reforzada por la diferente intensidad registrada en las poblaciones de Castilléjar (VI MSK) y Orce (VII-VII MKS).

Cuantificación: Las dimensiones máximas de los bloques que pueden observarse en esta localidad indicarían una intensidad mínima de VII ESI-07, aunque en consonancia con los daños registrados en esta localidad se le asigna una intensidad máxima de VII ESI-07



Panorámica del sector afectado por desprendimientos durante el terremoto de Galera en el Barrio del Real.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII-VIII	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX.*

Referencias bibliográficas:

García Tortosa F.J. *et al.* (2007). La falla y los pliegues de Galera. En: La cuenca de Guadix-Baza: estructura, tectónica activa, sismicidad, geomorfología y dataciones existentes (C. Sanz de Galdeano and J.A. Peláez, eds.), pp. 141–153.

García Tortosa, F.J. *et al.* (2008): Activity of the Galera Fault (Guadix-Baza Basin, Central Betic Cordillera). 6ª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica. Tomar (Portugal). 363 -364.

García Tortosa, F.J. *et al.* (2012): Tectónica Activa de la Cuenca de Guadix-Baza (Fallas de Baza y Galera). Guía de Campo de la I Reunión del Grupo de Trabajo QTECT-AEQUA. Galera. Granada.

ABC (1964): http://hemeroteca.abc.es/nav/Navigate.exe/hemeroteca/madrid/abc/1964/06/14/060.html. ABC. 10 Junio 1964, pg. 69

Información Recopilada	*Francisco Juan García Tortosa (UJA); Pablo G. Silva (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	PRE19640609.02.01 *02.01 Valle Río Galera (Las Quebradas)*	EVENTO	PRE19640609 GALERA.GR	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8 

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
02 / Valle Río Galera	2°34'56.11"O	37°44'0.68"N	870	1,7 h	1,4 km	ENE	VII EMS / 4,8 mb

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera de valle fluvial escarpada por el fuerte encajamiento del río Galera y por el levantamiento asociado a la falla de Galera en su bloque meridional, que genera un pequeño Frente Montañoso en materiales pliocuaternarios.	**Pendiente del terreno**	Muy alta - Escarpada (>70%)
Descripción Geológica	Esta localidad, conocida en la toponimia local como "Las Quebradas" está situada en la margen izquierda del río Galera y en ella aparecen sedimentos pliocuaternarios continentales, entre los que predominan calizas margosas de espesores decimétricos a métricos, con intercalaciones de niveles de yeso cristalino y niveles de yesos masivos, que en este sector pueden alcanzar varios metros de espesor. Los sedimentos aparecen muy tectonizados, con abundantes diaclasas y planos de falla pertenecientes a la zona de cizalla generada por la falla de Galera, que junto a otras estructuras como pliegues activos, asociados también a la falla de Galera, hacen que las capas dejen de ser horizontales, presentando en determinados afloramientos buzamientos superiores a los 20º.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Calizas, margocalizas, margas, yesos y detríticos finos.	Calizas, margocalizas, margas, yesos y detríticos finos.	Estratos de subhorizontales a inclinados afectados por planos de falla, diaclasas y plegamiento	Consolidados pero muy fracturados	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475} IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pleistoceno	Pleistoceno	Sin datos	0,13 g	Pre-instrumental

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, mampostería y ladrillo	Iglesia, casas	Muchas (> 50 %)	Grave	VII-VIII

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8

Descripción: Bloques desprendidos desde un escarpe desarrollado en el sustrato rocoso por el encajamiento del río Galera. Los bloques tienen desde pequeñas hasta grandes dimensiones con varias decenas de metros cúbicos de volumen.

Interpretación: La zona descrita ya estaba afectada por un desprendimiento previo al terremoto de Galera, tal y como puede observarse en las fotos aéreas del vuelo Americano de 1956, por lo que sería muy difícil diferenciar los bloques caídos durante el terremoto de los ya desprendidos. Sin embargo, este desprendimiento no pasó desapercibido gracias a las "nubes" de polvo que estuvo generando desde el evento principal y con varias de las réplicas, tal y como hemos podido constatar mediante diferentes testimonios. Al igual que la mayoría de los desprendimientos catalogados para el Terremoto de Galera, existe un claro efecto topográfico debido a los fuertes escarpes verticales desarrollados tanto en las laderas del río Galera, como en los barrancos tributarios del valle principal, con encajamientos de hasta más 150 metros bajo la superficie del glacis que marca el final de la etapa endorreica del sector antes del desarrollo de la red fluvial actual. Estos fuertes encajamientos y la conservación de la altas pendientes se ve favorecida tanto por la litología con alternancia de niveles más y menos competentes calizos margosos, como por la estructura pseudohorizontal, así como el clima con frecuentes lluvias torrenciales, dando lugar a un modelado en *badlands* en unos sectores y en graderío en otros, con fuertes escarpes en todo caso. Estas características topográficas junto con la presencia de diaclasas en todo el sector próximo a la falla de Galera, dan lugar a una zona muy susceptible a los desprendimientos durante un terremoto. Justo a la base del escarpe se encuentran diferentes terrazas del río que han podido generar también un efecto de sitio en su contacto con el pie del escarpe, con un movimiento diferencial entre los sedimentos fluviales no consolidados y los pleistocenos carbonatados consolidados. La localización de todos los desprendimientos catalogados se encuentra sobre una franja de dirección ONE-ESE independientemente de la orientación de las laderas, es decir en ambas márgenes de los ríos y barrancos afectados, lo que podría indicar una direccionalidad del evento sísmico, que queda reforzada por la diferente intensidad registrada en las poblaciones de Castilléjar (VI MSK) y Orce (VII-VIII MSK).

Cuantificación: Las dimensiones máximas del desprendimiento que puede observarse en esta localidad indicaría una intensidad de VIII ESI-07. El hecho de que se observaran repetidas nubes de polvo durante la serie sísmica podría indicar un efecto acumulado y una podría indicar una intensidad algo inferior.



Panorámica tomada hacia el NE del desprendimiento de Las Quebradas.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX.*

Referencias bibliográficas:

García Tortosa F.J. *et al.* (2007). La falla y los pliegues de Galera. En: La cuenca de Guadix-Baza: estructura, tectónica activa, sismicidad, geomorfología y dataciones existentes (C. Sanz de Galdeano and J.A. Peláez, eds.), pp. 141–153.

García Tortosa, F.J. *et al.* (2008): Activity of the Galera Fault (Guadix-Baza Basin, Central Betic Cordillera). 6ª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica. Tomar (Portugal). 363 -364.

García Tortosa, F.J. *et al.* (2012): Tectónica Activa de la Cuenca de Guadix-Baza (Fallas de Baza y Galera). Guía de Campo de la I Reunión del Grupo de Trabajo QTECT-AEQUA. Galera. Granada.

ABC (1964): http://hemeroteca.abc.es/nav/Navigate.exe/hemeroteca/madrid/abc/1964/06/14/060.html. ABC. 10 Junio 1964, pg. 69.

Información Recopilada	*Francisco Juan García Tortosa (UJA); Pablo G. Silva (USAL); Elvira Roquero (UPM).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	PRE19640609.02.02 *02.02 Valle Río Galera (Cortado de la Hedionda)*	EVENTO	PRE19640609 GALERA.GR	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7 

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
02 / Valle Río Galera	2°34'47.87"O	37°44'22.36"N	790 m	1 h	1,2 km	ESE	VII EMS / 4,8 mb

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera de valle fluvial muy escarpada, con paredes verticales de más de 30 metros de altura, desarrollas por el encajamiento del río Galera.
Pendiente del terreno	Muy alta - Vertical
Descripción Geológica	Esta localidad, conocida más concretamente en la toponimia local como el Cortado de la Hedionda, está situada en la margen derecha del río Galera, a tan solo 1,2 km del epicentro y limitando con la parte más septentrional de la zona de falla de Galera. En ella aparecen sedimentos pliocuaternarios continentales, entre los que predominan calizas y calizas margosas de espesores métricos, con intercalaciones de margas, yeso cristalino y niveles detríticos finos. Los sedimentos aparecen subhorizontales, ligeramente inclinados hacia el NE debido a la deformación producida por la falla de Galera. Aunque presentan fracturas están menos fracturados que en la localidad anterior. Entre los estratos presentes en esta zona pueden observarse niveles de paleosismitas del pleistoceno inferior, que presentan grandes dimensiones.

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Calizas, margocalizas, margas, yesos y detríticos finos.	Calizas, margocalizas, margas, yesos y detríticos finos.	Estratos de subhorizontales a ligeramente inclinados.	Consolidados	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475} IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pleistoceno	Pleistoceno	Sin datos	0,13 g	Pre-instrumental

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, mampostería y ladrillo	Iglesia, casas	> 50 %	Grave	VII-VIII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7

Descripción: Según actas del Ayuntamiento de Galera con fecha 10 de Junio de 1964, un día después del terremoto: "*En la Hedionda en el paraje del río Castilléjar, se ha producido un derrumbamiento que ha interceptado el camino que comunica esta villa con el anejo del Cortijo del Cura. Se estiman los daños en unas mil pesetas*".

Interpretación: Tal y como puede verse en la fotografía de esta localidad, se trata de un gran escarpe vertical con más de 100 metros de longitud y más de 30 metros de altura, con estratos tabulares ligeramente inclinados en sentido contrario al escarpe, pero afectados por diaclasas que permiten la individualización de grandes bloques susceptibles de sufrir procesos gravitacionales, como los ocurridos durante el terremoto de Galera. Existe por tanto un claro efecto topográfico.
Justo a la base del escarpe se encuentran diferentes terrazas del río que han podido generar también un efecto de sitio en su contacto con el pie del escarpe con un movimiento diferencial entre los sedimentos fluviales no consolidados y los pleistocenos carbonatados consolidados. La localización de todos los desprendimientos catalogados se encuentran además sobre una franja de dirección ONE-ESE, independientemente de la orientación de las laderas, es decir en ambas márgenes de ríos y barrancos afectados, lo que podría indicar una direccionalidad del evento sísmico, que queda reforzada por la diferente intensidad registrada en las poblaciones de Castilléjar (muy próxima al epicentro y con pocos daños) y Orce.

Cuantificación: No existe una descripción de las dimensiones de los bloques, pero el hecho del cortar el camino que discurre a la base del escarpe afectado y teniendo en cuenta las características topográficas, litológicas y estructurales de este sector, podríamos catalogarlo con una intensidad mínima de VII ESI-07.



Panorámica tomada desde la parte superior y hacia el Oeste de un sector del "Cortado de la Hedionda".

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX.*

Referencias bibliográficas:	García Tortosa F.J. *et al.* (2007). La falla y los pliegues de Galera. En: La cuenca de Guadix-Baza: estructura, tectónica activa, sismicidad, geomorfología y dataciones existentes (C. Sanz de Galdeano and J.A. Peláez, eds.), pp. 141–153. García Tortosa, F.J. *et al.* (2008): Activity of the Galera Fault (Guadix-Baza Basin, Central Betic Cordillera). 6ª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica. Tomar (Portugal). 363 -364. García Tortosa, F.J. *et al.* (2012): Tectónica Activa de la Cuenca de Guadix-Baza (Fallas de Baza y Galera). Guía de Campo de la I Reunión del Grupo de Trabajo QTECT-AEQUA. Galera. Granada. ABC (1964): http://hemeroteca.abc.es/nav/Navigate.exe/hemeroteca/madrid/abc/1964/06/14/060.html. ABC. 10 Junio 1964, pg. 69.
Información Recopilada	*Francisco Juan García Tortosa (UJA); Pablo G. Silva (USAL).*
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España* — Número (Vol.): 2 — Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	PRE19640609.03.01 *03.01 Valle Río Orce (Puntal de la Alpanchia)*	EVENTO	PRE19640609 GALERA.GR	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/8

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos MacrosísmicosIGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
03 / Valle Río Orce	2°32'31.40"O	37°44'29.21"N	860	0,2 h	2,2 km	OSO	VII EMS /4,8 mb

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera muy escarpada, incluso vertical, de barranco tributario del río de Orce (Río Galera a partir de su confluencia con el río de Huéscar) justo en su confluencia. El sector se encuentra levantado por la falla de Galera.
Pendiente del terreno	Muy alta - Escarpada (>70%)
Descripción Geológica	Esta localidad (cercana a Galera), conocida en la toponimia local como "El Puntal de la Alpanchía" está situada en la margen izquierda del río de Orce sobre sedimentos pleistocenos continentales, entre los que predominan calizas y calizas margosas de espesores decimétricos a métricos, con intercalaciones de niveles de yeso cristalino y niveles de limos. Los sedimentos aparecen afectados por varios sistemas de diaclasas verticales relacionadas con la falla de Galera y los pliegues asociados, que en este sector hacen que los estratos cuaternarios tengan buzamientos hacia el NNE de más de 20°.

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Calizas, margocalizas, margas, yesos y detríticos finos.	Calizas, margocalizas, margas, yesos y detríticos finos.	Paquetes de estratos tabulares inclinados hasta más de 20° afectados por diaclasas y plegamiento	Consolidados pero fracturados	III (1,6)

Edad sustrato (MAGNA)	Edad materiales (MAGNA)	Edad Numérica	PGA_{475} IGN 2012 (g)	PGA Local (g)
Pleistoceno	Pleistoceno	Sin datos	0,13 g	Pre-instrumental

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, mampostería y ladrillo	Iglesia, casas y casas-cueva	Muchas (> 50 %)	Grave	VII-VIII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/8

Descripción: Según actas del Ayuntamiento de Galera con fecha 10 de Junio de 1964, un día después del terremoto: "*En el puntal de al Alpanchia, otro bloque de piedra, en cuya base se ha abierto una gran hendidura y que amenaza derrumbarse sobre camino, acequia y propiedades de cultivo. Igualmente se ha estimado en unas cinco mil pesetas el costo de retirarlo sin causar daño...*".

Interpretación: Tal y como puede verse en la fotografía de esta localidad, se trata de un gran escarpe vertical con más de 200 metros de longitud y más de 30 metros de altura, con estratos tabulares inclinados hacia el valle del río y afectados por diaclasas que permiten la individualización de grandes bloques susceptibles de sufrir procesos gravitacionales.

Justo a la base del escarpe se encuentran diferentes terrazas del río y su tributario, que han podido generar un efecto de sitio en su contacto con el pie del escarpe, con una respuesta diferencial entre los sedimentos fluviales no consolidados y los pleistocenos carbonatados consolidados.

Una vez más puede observarse cómo la localización de desprendimientos, grietas o vuelcos catalogados se encuentran además sobre una franja de dirección ONE-ESE, independientemente de la orientación de las laderas, es decir, en ambas márgenes de los ríos y barrancos afectados, lo que podría indicar una direccionalidad del evento sísmico, que queda reforzada por la diferente intensidad registrada en las poblaciones de Castilléjar (muy próxima al epicentro y con pocos daños) y Orce.

Cuantificación: Intensidad mínima de VII ESI-07, aunque por las dimensiones del escarpe afectado por los procesos de caída de bloques y la cercanía de esta localidad a Galera (c. 800 m) podríamos hablar de una intensidad máxima de VIII ESI-07.



Panorámica y detalle del Puntal de la Alpanchia en la que pueden observarse bloques caídos de más de 50 m³.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII-VIII	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX.*

Referencias bibliográficas:

García Tortosa F.J. *et al.* (2007). La falla y los pliegues de Galera. En: La cuenca de Guadix-Baza: estructura, tectónica activa, sismicidad, geomorfología y dataciones existentes (C. Sanz de Galdeano and J.A. Peláez, eds.), pp. 141–153.
García Tortosa, F.J. *et al.* (2008): Activity of the Galera Fault (Guadix-Baza Basin, Central Betic Cordillera). 6ª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica. Tomar (Portugal). 363 -364.
García Tortosa, F.J. *et al.* (2012): Tectónica Activa de la Cuenca de Guadix-Baza (Fallas de Baza y Galera). Guía de Campo de la I Reunión del Grupo de Trabajo QTECT-AEQUA. Galera. Granada.
ABC (1964): http://hemeroteca.abc.es/nav/Navigate.exe/hemeroteca/madrid/abc/1964/06/14/060.html. ABC. 10 Junio 1964, pg. 69.

Información Recopilada	*Francisco Juan García Tortosa (UJA); Pablo G. Silva (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	PRE19640609.03.02 *03.02 Valle Río Orce (Los Álamos del camino a Morillas)*	EVENTO	PRE19640609 GALERA.GR	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7 

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
03 / Valle Río Orce	2°31'59.28"O	37°44'27.52"N	840	0,1 h	2,9 km	OSO	VII EMS / 4,8 mb

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera de valle fluvial con fuerte pendiente y desarrollo de escarpes verticales favorecidos por la disposición tabular de los estratos. Relieve en graderío.
Pendiente del terreno	Muy alta - Vertical
Descripción Geológica	Esta localidad, conocida en la toponimia local como "Los Álamos del camino a Morillas" está situada en la margen derecha del río Orce (Río Galera a partir de su confluencia en Galera con el río Huéscar) sobre sedimentos pliocuaternarios continentales, entre los que predominan calizas y calizas margosas de espesores decimétricos a métricos. El sector queda muy próximo a la zona de falla de Galera, hacia su bloque meridional, donde se desarrollan varios sistemas de pliegues muy bien definidos en esta localidad. Los sedimentos aparecen muy fracturados, con abundantes diaclasas y una estructura tabular que pierde la horizontalidad debido a los pliegues indicados, pero no su carácter tabular.

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Calizas, margocalizas, margas y detríticos finos.	Calizas, margocalizas, margas y detríticos finos.	Estratos de horizontales a ligeramente plegados con abundantes diaclasas verticales	Consolidados pero muy fracturados	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475} IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Plio-pleistoceno	Plio-pleistoceno	Sin datos	0,13 g	Pre-instrumental

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, mampostería y ladrillo	Iglesia, casas, casa-cueva	Muchas (> 50 %)	Grave	VII-VIII

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7

Descripción: Según actas del Ayuntamiento de Galera con fecha 10 de Junio de 1964, un día después del terremoto: "*En el camino de Morillas al molino de Carujo, se ha producido otro derrumbamiento que ha interceptado el camino y la acequia del Río de Orce. Los daños se estiman en unas tres mil pesetas*".

Interpretación: Se trata de un escarpe vertical con más de 50 metros de longitud y más de 10 metros de altura, con estratos tabulares afectados por diaclasas verticales perpendiculares y paralelas al escarpe, que permiten la individualización de bloques susceptibles de sufrir procesos gravitacionales, como los ocurridos durante el terremoto de Galera. Existe por tanto un claro efecto topográfico.
La localización de todos los desprendimientos catalogados se encuentran además sobre una franja de dirección ONE-ESE, independientemente de la orientación de las laderas, es decir en ambas márgenes de ríos y barrancos afectados, lo que podría indicar una direccionalidad del evento sísmico, que queda reforzada por la diferente intensidad registrada en las Poblaciones de Castilléjar (muy próxima al epicentro y con pocos daños) y Orce.

Cuantificación: No existe una descripción de las dimensiones de los bloques, pero el hecho del cortar el camino y la acequia descritas, y teniendo en cuenta las características topográficas, litológicas y estructurales de este sector, podríamos catalogarlo con una intensidad mínima de VII ESI-07.



Panorámica hacia el Este del escarpe afectado por procesos gravitacionales en el Camino de Morillas

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX.*

Referencias bibliográficas:	García Tortosa F.J. *et al.* (2007). La falla y los pliegues de Galera. En: La cuenca de Guadix-Baza: estructura, tectónica activa, sismicidad, geomorfología y dataciones existentes (C. Sanz de Galdeano and J.A. Peláez, eds.), pp. 141–153. García Tortosa, F.J. *et al.* (2008): Activity of the Galera Fault (Guadix-Baza Basin, Central Betic Cordillera). 6ª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica. Tomar (Portugal). 363 -364. García Tortosa, F.J. *et al.* (2012): Tectónica Activa de la Cuenca de Guadix-Baza (Fallas de Baza y Galera). Guía de Campo de la I Reunión del Grupo de Trabajo QTECT-AEQUA. Galera. Granada. ABC (1964): http://hemeroteca.abc.es/nav/Navigate.exe/hemeroteca/madrid/abc/1964/06/14/060.html. ABC. 10 Junio 1964, pg. 69

Información Recopilada	*Francisco Juan García Tortosa (UJA); Pablo G. Silva (USAL); Elvira Roquero (UPM)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	PRE19640609.04.01 *04.01 Orce*	EVENTO	PRE19640609 GALERA.GR	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO: EAE/8

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
04 / Orce	37°43'19.36"N	2°28'46.44"O	933	90 h	7,9 km	ONO	VII EMS / 4.8mb

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera de valle fluvial encajada en sedimentos pliocuaternarios continentales y llanura aluvial.	Pendiente del terreno	De media a muy fuerte (zonas llanas y zonas con pendientes superiores al 40%)
Descripción Geológica	Orce se sitúa predominantemente sobre sedimentos continentales pliocuaternarios del extremo más oriental de la cuenca de Guadix-Baza. Los sedimentos son fundamentalmente calizas lacustres, margas, limos, arenas y gravas, que se disponen horizontales o subhorizontales. La parte más baja y septentrional del pueblo (donde se localiza el efecto aquí catalogado) se encuentra ya sobre sedimentos fluviales del valle del río Orce correspondientes de la red fluvial exorreica actual.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calizas, margas, limos, arenas y gravas.	Limos, arenas y gravas.	Horizontal	De consolidado a no consolidado	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475} IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pliocuaternario	Pleistoceno	Sin datos	0,14g	Pre-Instrumental

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, mampostería y ladrillo	Iglesia, casas, casas-cueva	Múltiples (> 70 %)	Grave	VII-VIII MSK

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO: EAE/8

Descripción: Se produjeron grietas en muchos edificios y en la iglesia, daños en tejados y destrucción de un gran número de chimeneas (más del 70% de las chimeneas). En Orce, La Alcazaba de las Siete Torres sufrió colapso parcial de sus muros, colapso de una almena situada frente a la iglesia y otras almenas quedaron en estado de ruina, con amenaza de derrumbe. No se dispone de datos detallados que permitan realizar un análisis de orientación de daños (en estudio). En la Iglesia Parroquial, de planta de cruz latina con tres naves y altura de bóveda de unos 14 metros, tanto los arcos del crucero como los de la Bóveda se partieron por la clave, amenazando la caída de toda la cubierta.

Interpretación: Al igual que en Galera, los datos que se tienen sobre los daños en los edificios no permiten hasta el momento hablar o establecer una clara direccionalidad del evento principal. Sin embargo, el hecho de que la intensidad se sintiese de forma similar en las localidades de Galera y Orce y no en Castilléjar, mucho más próxima al epicentro que Orce, podría indicar que el impulso sísmico principal tuvo una dirección ONO - ESE. Los informes de la época hablan de un claro efecto de sitio por estar supuestamente situados los pueblos sobre el aluvial de los ríos Galera y Orce, sin embargo, la situación real no es esa y los daños se repartieron en ambos pueblos tanto sobre viviendas situadas en el aluvial como situadas sobre el sustrato Pliopleistoceno continental consolidado existente en la región, que en el caso de Orce es predominante como substrato del pueblo. Este hecho podría también avalar en parte la interpretación de una direccionalidad para el Terremoto de Galera, ya que en Castilléjar las viviendas también están repartidas entre el aluvial y el relleno Pliocuaternario, sin que la intensidad llegara a VII. La relativa lejanía del epicentro, a 8 km, y el hecho de que la intensidad estimada fuera la misma que para Galera podría también reforzar la hipótesis de la direccionalidad, junto a un efecto topográfico en el barrio de San Marcos.

Cuantificación: El grado de destrucción del terremoto en esta localidad se relaciona con un grado de intensidad VII-VIII MSK, coherente con los efectos EAE descritos. No obstante la parte antigua de la localidad se encuentra sobre sedimentos fluviales sin consolidar que podrían amplificar la sacudida justificando un grado de destrucción de intensidad VIII



Panorámica de la Alcazaba de las Siete Torres.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VIII	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX.*

Referencias bibliográficas:

García Tortosa F.J. *et al.* (2007). La falla y los pliegues de Galera. En: La cuenca de Guadix-Baza: estructura, tectónica activa, sismicidad, geomorfología y dataciones existentes (C. Sanz de Galdeano and J.A. Peláez, eds.), pp. 141–153.
García Tortosa, F.J. *et al.* (2008): Activity of the Galera Fault (Guadix-Baza Basin, Central Betic Cordillera). 6ª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica. Tomar (Portugal). 363 -364.
García Tortosa, F.J. *et al.* (2012): Tectónica Activa de la Cuenca de Guadix-Baza (Fallas de Baza y Galera). Guía de Campo de la I Reunión del Grupo de Trabajo QTECT-AEQUA. Galera. Granada.
ABC (1964): http://hemeroteca.abc.es/nav/Navigate.exe/hemeroteca/madrid/abc/1964/06/14/060.html. ABC. 10 Junio 1964, pg. 69

Información Recopilada	*Francisco Juan García Tortosa (UJA); Pablo G. Silva (USAL); Elvira Roquero (UPM).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	PRE19640609.04.02 *04.02 Orce*	EVENTO	PRE19640609 GALERA.GR	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/7

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
04 / Orce	37°43'7.58"N	2°28'33.19"O	967	5 h	8,2 km	ONO	VII EMS / 4,8 mb

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera de barranco encajada en sedimentos pliocuaternarios continentales.	Pendiente del terreno	Muy fuerte (>50%)
Descripción Geológica	El barrio de San Marcos, dentro de Orce, se sitúa íntegramente sobre sedimentos continentales pliocuaternarios del extremo más oriental de la cuenca de Guadix-Baza. Los sedimentos son predominantemente calizas lacustres, margas, limos, arenas y gravas, que se disponen fundamentalmente horizontales. La parte más baja y septentrional del pueblo puede estar sobre sedimentos fluviales de la red fluvial exorreica actual. La parte más meridional y elevada del pueblo, situada próxima a la rambla de San Marcos está muy próxima tanto en la vertical como en superficie a las calizas mesozoicas que constituyen el basamento de la cuenca continental de Guadix-Baza en este sector.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calizas, margas, limos, arenas y gravas.	Calizas, margas, limos, arenas y gravas.	Horizontal	De consolidado a no consolidado	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475} IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pliocuaternario	Pliocuaternario	Sin datos	0,14 g	Pre-Instrumental

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, mampostería y ladrillo	Iglesia, casas, casas-cueva	Múltiples (> 70 %)	Grave	VII-VIII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/7

Descripción: Según el Informe preliminar del IGN, en el denominado Barrio de San Marcos ubicado sobre el cerro del mismo nombre y donde predominan las viviendas mixtas de tipo casa-Cueva, se produjeron desprendimientos y notables agrietamientos.

Interpretación: Los testimonios de algunos testigos, recabados para el presente catálogo, nos hablan más bien del hundimiento de algunas cuevas (viviendas) en el barrio y la aparición de grietas en otras que no llegaron a hundirse, por lo que no sabemos con precisión si se llegaron a generar desprendimientos en sentido estricto. Aunque el Barrio de San Marcos se sitúa sobre sedimentos continentales del extremo más oriental de la cuenca de Guadix-Baza, como calizas y margas lacustres y sedimentos detríticos, nos encontramos justo en el borde de la cuenca para este sector, a escasos metros en superficie y hacia el sur de los afloramientos de calizas mesozoicas que constituyen el basamento de la cuenca. Este hecho implica que el espesor de los sedimentos pliocuaternarios continentales sobre el basamento mesozoico es pequeño, del orden de decenas de metros. Este contexto geológico con un conjunto superior delgado y de baja competencia, es decir muy blando respecto a las calizas mesozoicas infrayacentes, pudo suponer un contraste de impedancia, con la consiguiente amplificación en la capa superior donde se sitúa el barrio, que junto a un evidente efecto topográfico debido a las fuertes pendientes de la zona, contribuyó a la generación de los agrietamientos del terreno, hundimientos y/o desprendimientos.

Cuantificación: La existencia de efecto de sitio en el Barrio de San Marcos, junto con la incertidumbre sobre los efectos ambientales concretos que se produjeron, podría cuestionar la intensidad VII ESI-07, que sería en principio la más coherente con los desprendimientos y agrietamientos generados en el sector en cuestión, pero congruente con la intensidad de VII-VIII MSK asignada a esta población.



Panorámica Barrio de San Marcos

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX.*

Referencias bibliográficas:

García Tortosa F.J. et al. (2007). La falla y los pliegues de Galera. En: La cuenca de Guadix-Baza: estructura, tectónica activa, sismicidad, geomorfología y dataciones existentes (C. Sanz de Galdeano and J.A. Peláez, eds.), pp. 141–153.

García Tortosa, F.J. et al. (2008): Activity of the Galera Fault (Guadix-Baza Basin, Central Betic Cordillera). 6ª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica. Tomar (Portugal). 363 -364.

García Tortosa, F.J. et al. (2012): Tectónica Activa de la Cuenca de Guadix-Baza (Fallas de Baza y Galera). Guía de Campo de la I Reunión del Grupo de Trabajo QTECT-AEQUA. Galera. Granada.

ABC (1964): http://hemeroteca.abc.es/nav/Navigate.exe/hemeroteca/madrid/abc/1964/06/14/060.html. ABC. 10 Junio 1964, pg. 69.

Información Recopilada	*Francisco Juan García Tortosa (UJA); Pablo G. Silva (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	PRE19640609.04.03 *04.03 Orce*	EVENTO	PRE19640609 GALERA.GR	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7 	

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
04 / Orce	37°43'7.57"N	2°28'33.18"O	965	5 h	8,2	ONO	**VII EMS / 4.8mb**

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera de barranco encajada en sedimentos pliocuaternarios continentales.	Pendiente del terreno	Muy fuerte (>50%)
Descripción Geológica	El barrio de San Marcos, dentro de Orce, se sitúa sobre sedimentos continentales pliocuaternarios del extremo más oriental de la cuenca de Guadix-Baza. Los sedimentos son predominantemente calizas lacustres, margas, limos, arenas y gravas, que se disponen fundamentalmente horizontales. La parte más baja y septentrional del pueblo puede estar sobre sedimentos fluviales de la red fluvial exorreica actual. La parte más meridional y elevada del pueblo, situada próxima a la rambla de San Marcos está muy próxima tanto en la vertical como en superficie a las calizas mesozoicas que constituyen el basamento de la cuenca continental de Guadix-Baza en este sector.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calizas, margas, limos, arenas y gravas.	Calizas, margas, limos, arenas y gravas.	Horizontal	De consolidado a no consolidado	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475} IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pliocuaternario	Pliocuaternario	Sin datos	0,14 g	Pre-Instrumental

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, mampostería y ladrillo	Iglesia, casas, casas-cueva	Múltiples (> 70 %)	Grave	VII-VIII MSK

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7

Descripción: Según el Informe preliminar del IGN, en el denominado Barrio de San Marcos ubicado sobre el cerro del mismo nombre y donde predominan las viviendas mixtas de tipo casa-Cueva, se produjeron desprendimientos y notables agrietamientos.

Interpretación: Los testimonios de algunos testigos, recabados para el presente catálogo, nos hablan más bien del hundimiento de algunas cuevas (viviendas) en el barrio y la aparición de grietas en otras que no llegaron a hundirse, por lo que no sabemos con precisión si se llegaron a generar desprendimientos en sentido estricto. Aunque el Barrio de San Marcos se sitúa sobre sedimentos continentales del extremo más oriental de la cuenca de Guadix-Baza, como calizas y margas lacustres y sedimentos detríticos, nos encontramos justo en el borde de la cuenca para este sector, a escasos metros en superficie y hacia el sur de los afloramientos de calizas mesozoicas que constituyen el basamento de la cuenca. Este hecho implica que el espesor de los sedimentos pliocuaternarios continentales sobre el basamento mesozoico es pequeño, del orden de decenas de metros. Este contexto geológico con un conjunto superior delgado y de baja competencia, es decir muy blando respecto a las calizas mesozoicas infrayacentes, pudo suponer un contraste de impedancia, con la consiguiente amplificación en la capa superior donde se sitúa el barrio, que junto a un evidente efecto topográfico debido a las fuertes pendientes de la zona, contribuyó a la generación de los agrietamientos del terreno, hundimientos y/o desprendimientos.

Cuantificación: La existencia de efecto de sitio en el Barrio de San Marcos, junto con la incertidumbre sobre los efectos ambientales concretos que se produjeron, podría cuestionar la intensidad VII ESI-07, que sería en principio la más coherente con los desprendimientos y agrietamientos generados en el sector en cuestión, pero congruente con la intensidad de VII-VIII MSK asignada a esta población.



Panorámica Barrio de San Marcos

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX.*

Referencias bibliográficas:

García Tortosa F.J. et al. (2007). La falla y los pliegues de Galera. En: La cuenca de Guadix-Baza: estructura, tectónica activa, sismicidad, geomorfología y dataciones existentes (C. Sanz de Galdeano and J.A. Peláez, eds.), pp. 141–153.

García Tortosa, F.J. et al. (2008): Activity of the Galera Fault (Guadix-Baza Basin, Central Betic Cordillera). 6ª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica. Tomar (Portugal). 363 -364.

García Tortosa, F.J. et al. (2012): Tectónica Activa de la Cuenca de Guadix-Baza (Fallas de Baza y Galera). Guía de Campo de la I Reunión del Grupo de Trabajo QTECT-AEQUA. Galera. Granada.

ABC (1964): http://hemeroteca.abc.es/nav/Navigate.exe/hemeroteca/madrid/abc/1964/06/14/060.html. ABC. 10 Junio 1964, pg. 69

Información Recopilada	*Francisco Juan García Tortosa (UJA); Pablo G. Silva (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	PRE19640609.04.04 *04.04 Orce*	EVENTO	PRE19640609 GALERA.GR	EFECTO	ANOMALÍA HIDROLÓGICA: HA/7

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
04 / Orce	37°43'22.02"N	2°28'41.92"O	930		8 km	ONO	VII EMS / 4,8 mb

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera de valle fluvial encajada en sedimentos pliocuaternarios continentales, muy próxima al borde de cuenca.	Pendiente del terreno	Baja
Descripción Geológica	Orce se sitúa predominantemente sobre sedimentos continentales pliocuaternarios del extremo más oriental de la cuenca de Guadix-Baza. Los sedimentos son fundamentalmente calizas lacustres, margas, limos, arenas y gravas, que se disponen horizontales o subhorizontales. La parte más meridional y elevada del pueblo, situada próxima a la rambla de San Marcos, está muy próxima tanto en la vertical como en superficie a las calizas mesozoicas que constituyen el basamento de la cuenca continental de Guadix-Baza en este sector.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Calizas, margas, limos, arenas y gravas.	Calizas, margas, limos, arenas y gravas.	Horizontal	De consolidado a no consolidado	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475} IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Pliocuaternario	Pliocuaternario	Sin datos	0,14 g	Pre-Instrumental

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, mampostería y ladrillo	Iglesia, casas, casas-cueva	Múltiples (> 70 %)	Grave	VIII

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	ANOMALÍA HIDROLÓGICA: HA/7

Descripción: El informe preliminar del IGN cita que en Orce se detectó un aumento de caudal en la fuente pública del pueblo y también en algunas acequias de riego, sin cuantificar o especificar de cuánto pudieron ser aproximadamente dichos aumentos de caudal y tampoco especificar qué fuentes o manantiales en concreto experimentaron las anomalías. Aunque en un principio podría pensarse en la fuente de los Cuatro Caños como una de las que sufrió anomalías, por ser de las más conocidas entre las que podrían correlacionarse con la aludida "fuente pública" en el informe citado, las consultas realizadas a diferentes testigos en Orce descartan anomalías en dicha fuente y señalan la Fuente de Rozalay como la que sufrió el aumento de caudal.

Interpretación: El hecho de que la fuente de Rozalay fuera en ese momento una concurrida e importante fuente de abastecimiento de la localidad de Orce, favoreció seguramente el que los vecinos apreciasen las anomalías en su caudal y no tanto en otros manantiales de los alrededores de Orce y Galera menos concurridos. Las consultas realizadas a vecinos de la localidad de Orce nos llevan a pensar además que el aumento de caudal de la fuente de Rozalay sería la responsable del aumento del caudal de las acequias indicado en el informe, ya que en aquella época la fuente de Rozalay abastecía a algunas de las acequias que atravesaban el pueblo. El hecho de detectar un aumento en el caudal de las acequias implica que éste tuvo que ser muy significativo, pues la morfología de sus canales, dimensiones, heterogeneidad, etc., hacen difícil reconocer variaciones de caudal moderadas.

Cuantificación: El aumento de caudal en fuentes es un efecto común para intensidades a partir de VI en la Escala ESI-07, sin embargo el hecho de que se observara un aumento también en el caudal de las acequias implica que éste tuvo que ser muy considerable, lo que permitiría catalogar conjuntamente los efectos hidrológicos citados en Orce como de una Intensidad VII ESI-07.



Paraje de Rozalay.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	B	*Efectos geológicos y/o ambientales que se citan con descripciones muy vagas, en documentos de la época, pero que han sido objeto de publicaciones científicas a partir del siglo XX.*

Referencias bibliográficas:

García Tortosa F.J. et al. (2007). La falla y los pliegues de Galera. En: La cuenca de Guadix-Baza: estructura, tectónica activa, sismicidad, geomorfología y dataciones existentes (C. Sanz de Galdeano and J.A. Peláez, eds.), pp. 141–153.

García Tortosa, F.J. et al. (2008): Activity of the Galera Fault (Guadix-Baza Basin, Central Betic Cordillera). 6ª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica. Tomar (Portugal). 363 -364.

García Tortosa, F.J. et al. (2012): Tectónica Activa de la Cuenca de Guadix-Baza (Fallas de Baza y Galera). Guía de Campo de la I Reunión del Grupo de Trabajo QTECT-AEQUA. Galera. Granada.

ABC (1964): http://hemeroteca.abc.es/nav/Navigate.exe/hemeroteca/madrid/abc/1964/06/14/060.html. ABC. 10 Junio 1964, pg. 69

Información Recopilada	*Francisco Juan García Tortosa (UJA); Pablo G. Silva (USAL)*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

9.17. INS 20110311 LORCA (Murcia) 2011 AD
Terremoto de Lorca (Instrumental, Siglo XXI)

INS 20110511: LORCA (Murcia). 2011 AD												INSTRUMENTAL	
FECHA AMD	**HORA Y MIN.**	**LONGITUD**	**LATITUD**	**MAG (Mw/Ms/M*)**	**EMS 98**	**MSK 64**	**ESI 07**	**Q_e**	**Q_i**	**Q_g**	**LOCALIZACIÓN TERREMOTO**		
20110511 *AD*	16:47	1°42'41,0"O	37°43'3,0"N	5,2 Mw	VII	-	VIII	I	I	I	**Lorca. MU.**		
Método de datación:		CATALOGADO Ref. Bibliográfica: IGME (2012); IGN (2012); Alfaro et al. (2012); Silva et al. (2013).									**Tipo Evento:**	INS	
Prof. km	4	**±EZ**	-	**±EH-**	-	**Mo**	6,5 x10^{16} Nm	**Eventos asociados**		PREMONITORES YRÉPLICAS	**Agencia:**	IGN	
EEE Primarios		SÍ		**Longitud Falla**			4 km	**Desplazamiento**		3-4 cm	**Tipo Desp.:**	INVERSA	
EEE Secundarios		SÍ		**Categoría ESI07**			☒GK ☒SM ☐LQ ☒HD ☐HA ☐WA ☐TS				**Área afectada:**	112 km²	
Otros EEE Ambientales		SÍ		☒ OTROS EFECTOS: Movimiento de la vegetación con caída de pequeñas ramas y frutos (naranjas) en la Ciudad de Lorca y en la Vega del Guadalentín (Altritar).									
EAE Efectos Arqueosismológicos		SÍ		☒ EAEs: Colapsos parciales, derrumbes y daños orientados en numerosas iglesias y conventos en el casco histórico de la ciudad de Lorca.									

Referencias bibliográficas:

Alfaro P. *et al.* (2012): Widespread landslides induced by the Mw 5.1 earthquake of 11 May 2011 in Lorca, SE Spain. Engineering Geology 137-138, 40–52.
Frontera, T. *et al.* (2012): Medidas de deformaciones cosísmicas con DInSAR para el terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011. Física de la Tierra, 24, 151-169.
IGME (2011): Informe geológico preliminar del Terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011 Mw 5.1. IGME, Madrid (Spain). 47 pp.
IGN (2012): Informe del sismo de Lorca del 11 de mayo de 2011. IGN, Madrid (Spain). 129 pp.
Martínez-Díaz, J.J. *et al.* (2012): Tectonic and seismic implications of an intersegment rupture. The damaging May 11th 2011 Mw 5.2 Lorca, Spain, earthquake. Tectonophysics. 546-547, 28-37.
Martínez Solares, J.M. *et al.* (2012): El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Física de la Tierra, 24, 17-40.
Silva, P.G. *et al.* (2013): Earthquake Environmental Effects (EEEs) triggered by the 2011 Lorca earthquake (Mw 5.2), Betic Cordillera, SE Spain): Application of the ESI-07 Intensity Scale. INQUA Proceedings on Paleoseismology and Active Tectonics, 4, 237-240. Aachen (Germany).



EARTHQUAKE ABSTRACT

EVENT	LONGITUDE	LATITUDE	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	SEISMOTECTONIC ZONE IGN 2012 (GM12 ZONES)
INS 20110511 Lorca, MU	1°42' W	37°43' N	5.2 Mw	VII	-	VII	I	**Eastern Betic Cordillera (Zone 55)**
EVENT CATALOGED IN THE IGN DATA BASES Ref.: Alfaro *et al.* (2012); IGME (2011); IGN (2012); Martínez-Díaz, J.J. *et al.* (2012); Frontera *et al.*, (2012); Silva *et al.* (2013)							**Event Type:**	**INSTRUMENTAL**

GENERAL DAMAGE: The 2011 Lorca earthquake is considered of moderate size, but due to its very shallow focal depth and closeness to the city (4 km) triggered 9 deaths, hundreds of injuries and about 880 buildings were damaged. One building collapsed during the event in the city centre and hundreds of the damaged buildings had to be demolished during the following weeks. The event belongs to a seismic serie which lasted until 14th July with about 135 aftershocks. One important foreshock (4.5 Mw) preceded the main event causing some damage (VI EMS), but for the aftershocks only 16 were felt by the population with intensities III to IV EMS. The main event was felt even in Madrid city about 450 km away. Localities located about 50 km away, such as Cartagena, Murcia and Huércal-Overa felt the event with intensity IV EMS.

ENVIRONMENTAL DAMAGE: Primary effects PRESENT as cm-scale coseismic tectonic uplift determined by means of DinSar analyses, but no surface rupture was recorded. Environmental damage by secondary effects over an effective area of 85-135 km², but the total area included within the intensity zone VI EMS is of c 200 km². Most of the catalogued EEEs are slope movements (Debris Avalanches and large rock-falls) affecting to the cuesta-type reliefs located to the south of the Lorca Basin (Cejos), La Tercia Range, Peña Rubia and the Lorca Castle Hill. Within the Lorca Basin, most of the rockfalls and avalanches affected to canyon-like rambla valleys and badlands carved on relatively soft materials (Hondo, El Dorado, La Serrata creeks) and placed in the epicentral zone. Most of the multiple catalogued cases occurred less than 10 km away from the epicentre. In La Bastida (near Totana; 12.5 km away) is recorded the far away one. 72 EEE records (71 for secondary effects) and 7 EAE records.

☐ ***Surface ruptures (SR):*** *No Reported.*
☒ ***1 Tectonic uplift / subsidence (UP):*** *Tectonic uplift of 3-4 cm on the upthrown block of the Lorca-Alhama de Murcia Fault recorded by DinSar data within the urban zone of Lorca. The analyzed zone shows that this process is extended about 4 km North of Lorca following the fault trace.*
☒ ***3 Ground cracks (GK):*** *Cracking with centimetric slip of the main tower of the Lorca Castel. Small ground cracks of mm-scale in the Guadalentín rambla, Las Viñas zone and La Tercia Range all them located about 4-5 km way from the epicentre.*
☒ ***> 250 Slope movements (SM):*** *Multiple rockfalls and debris avalanches on cuesta-type reliefs carved on neogene calcarenites and conglomerates mainly along the southern border of the Lorca Basin (Cejos) and La Tercia Range at epicentral distances < 10 km. The epicentral zone (Bco. Hondo) records about 50 cases showing high frequency-density. From the slope movements generated by the earthquake only 31 cases (13%) displayed values up to the 100 m³, of which eleven cases was in the order of 1000 m³. In 89 cases (37%) mobilized materials were of c. 10-100 m³; 72 cases (32%) <10 m³; and 44 cases (18%) of about 1-3 m³, mainly in artificial cut-slopes.*
☐ ***Liquefaction processes (LQ):*** *No Reported.*
☒ ***1 Hydrogeological anomalies (1HD):*** *The Carraclaca thermal spring (c. 5 km away) underwent suspect small increase in temperature (< 1ºC).*
☐ ***Anomalous waves and tsunamis (WA):*** *No Reported.*
☒ ***2 Other effects:*** *Tree shaking in the Guadalentín valley upstream Lorca (Altritar; 4 km away) and garden-areas within Lorca (6 km away) triggering the fall of branches and fruits (oranges). Uprooted and broken trees around the Lorca Castle, Cejo de Los Enamorados and Rambla 17 Arcos as a consequence of slope movements and run-outs of large fallen blocks.*
☒ ***7 Archaeoseismic damage:*** *Oriented moderate to strong damage in historical churches and convents in Lorca city centre, Churches of Santiago, San Francisco, San Juan, San Patricio, Santa María, Convento de Las Clarisas y Almena del Porche de San Antonio (Ancient Arab city wall). Other EAEs affected to the Lorca Castle, but no similar data reported for other localities.*

☒ ***Geological Data:*** *Data from earthquake field survey immediately after the event undertaken by different Spanish research teams (IGME, 2011; Alfaro et al., 2012; Silva et al., 2013). The first Spanish seismic event subject to this kind of quality research. According to the available information the earthquake was very shallow (c. 4 km), consistent with a sub-surface oblique-reverse rupture 4 km long and 2 km wide with an estimated net slip of 13-14 cm (245º Azimuth) along the southern end of the central segment (Lorca-Totana) of the Lorca-Alhama de Murcia Fault (Buforn et al., 2012). DinSar and GPS analyses indicate 3-4 cm of coseismic surface uplift (Frontera et al., 2012).* ***Quality of Geological Information: Class I.***

Research / Data compilation by: *Pablo G. Silva, Beatriz Gómez (USAL).Published in 2014.*

RESUMEN EVENTO

EVENTO	LONGITUD	LATITUD	MAG (Mw/Ms/M*)	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_g	ZONA SISMOTECTÓNICA IGN 2012 (ZONAS GM12)
INS 20110511 Lorca, MU	1°42' O	37°43' N	5,2 Mw	VII	-	VII	I	**Zona Bética Interior (Zona 55)**

EVENTO CATALOGADO EN LAS BASES DE DATOS DEL IGN Ref.: Alfaro *et al.* (2012); IGME (2011); IGN (2012); Martínez-Díaz, J.J. *et al.* (2012); Silva *et al.* (2013).	**Tipo de Evento**	**INSTRUMENTAL**

DAÑOS GENERALES: El terremoto de Lorca de 2011 es considerado de tamaño moderado, sin embargo, debido a su escasa profundidad y cercanía a la población (4 km) causó 9 muertes, cientos de heridos y cerca de 880 edificios dañados. Un edificio colapsó durante el evento y cientos de ellos tuvieron que ser demolidos con posterioridad. Forma parte de una serie sísmica que duró hasta el 14 de Julio, sumando 135 réplicas tras el terremoto principal, de las cuales se sintieron 16 y alcanzando tan solo una de ellas el grado IV EMS (3,9 Mw). El terremoto principal fue precedido de un premonitor de intensidad VI EMS (5,5 Mw) pocas horas antes. El evento principal localizado a unos 4 km de la localidad de Lorca fue sentido hasta en Madrid, situada a más 450 km. El temblor también fue sentido en otras localidades como, Cartagena y Murcia (IV EMS) a más de 50 km de distancia.

DAÑOS AMBIENTALES: Efectos primarios PRESENTES registrados como elevación cosísmica del terreno de escala centimétrica (3-4 cm) determinada por análisis DinSar. No obstante, no se registró ruptura superficial de falla. Los daños ambientales por efectos secundarios abarcan un área efectiva de 85-135 km², pero un área total cercana a los 200 km² incluida dentro de la zona de intensidad VI. Prácticamente en su totalidad, los EEEs corresponden a Movimientos de Ladera, fundamentalmente desprendimientos y caídas de rocas en los relieves en cuesta de La Sierras de La Tercia, Cejo de los Enamorados, Rambla 17 Arcos, Peña Rubia y Cerro del Castillo de Lorca. En el interior de la Cuenca de Lorca, los desprendimientos y desplomes en relieves y en ramblas afectaron a La Serrata y numerosos barrancos en la zona epicentral (Bcos. El Dorado y Hondo). Los desprendimientos de rocas más alejados se registraron en relieves cercanos al yacimiento de La Bastida (Totana) a cerca de 12,5 km de distancia. Estudios sobre el terreno identifican algo más de 250 desprendimientos, de los cuales solo se catalogan algunos de ellos como representativos de las distintas zonas en la presente edición. 72 EEEs catalogados (71 efectos secundarios) y 7 EAEs.

☐ ***Rupturas de Falla (SR):*** *No Registradas.*
☒ ***1 Elevación / Subsidencia Tectónica (UP):*** *Elevación cosísmica de 3-4 cm del bloque levantado de la Falla de Lorca-Alhama de Murcia registrados a lo largo de su traza en el entorno urbano de Lorca mediante análisis DinSar. La zona investigada indica que esta elevación se extiende al menos unos 4 km al Norte de Lorca.*
☒ ***3 Agrietamientos del Terreno (GK):*** *Agrietamiento en la torre del Espolón (Castillo de Lorca) con desplazamiento cm y pequeños agrietamientos (mm) en Lorca y la Sierra de La Tercia. Algunos afectaron al viaducto o carreteras en el borde sur de la Cuenca de Lorca (Las Viñas) a unos 4-5 km de distancia epicentral.*
☒ ***>250 Procesos de Ladera(SM):*** *Múltiples caídas de rocas y desprendimientos en relieves en cuesta sobre calcarenitas y areniscas neógenas, fundamentalmente en los relieves en cuesta del borde Sur de la Cuenca de Lorca (Cejos) y Sierra de la Tercia a distancias epicentrales generalmente inferiores a los 10 km. Muy importantes por su elevada frecuencia son los que se registraron en la zona epicentral (Bco. Hondo), donde se catalogan 50 casos (caídas de rocas y debris). Del conjunto generado por el terremoto solo 31 casos (13%) alcanzaron dimensiones superiores a los 100 m³, 11 de los cuales cercanos a los 1000 m³. En 89 casos (37%) los volúmenes movilizados estuvieron entre 10 y 100 m³, 72 casos (32%) inferiores a 10 m³, y 44 casos (18%) en torno a 1-3 m³, la mayoría en taludes artificiales de carreteras y canales.*
☐ ***Procesos de licuefacción (LQ):*** *No Registrados*
☒ ***1 Anomalías Hidrogeológicas (1HD):*** *Pequeño aumento de la temperatura en la fuente termal de Carraclaca a 5 km de distancia epicentral.*
☐ ***Oleaje Anómalo y Tsunamis (WA):*** *No registrados.*
☒ ***2 Otros Efectos:*** *Caídas de ramaje y frutos (naranjas) en árboles de la ciudad de Lorca y en la vega alta del Guadalentín (Altritar); rotura y desplazamientos de árboles como consecuencia de caídas de rocas en el entorno del Castillo de Lorca, Rambla 17 Arcos y Cejo de los Enamorados.*
☒ ***7 Daños Arquesismológicos:*** *Daños orientados en edificios del patrimonio histórico de Lorca. Iglesias de Santiago, San Francisco, San Juan, San Patricio, Santa María, Convento de Las Clarisas y Almena del Porche de San Antonio (Antigua Muralla Almonacid). Otros efectos afectaron a las Murallas del recinto del Castillo de Lorca y a la Torre del Espolón. Ningún otro efecto de estas características registrado en otras poblaciones.*
☒ ***Datos Geológicos:*** *Datos recopilados en campañas de campo efectuadas inmediatamente tras el terremoto (IGME, 2011; Alfaro et al., 2012; Giner-Robles et al., 2012; Silva et al., 2013) han permitido la identificación, localización y cuantificación de los EEEs y EAEs listados en este catálogo. Constituye el primer terremoto instrumental importante en España del que se dispone de una investigación geológica detallada, y de calidad contrastada, realizada por diferentes equipos de investigación. De acuerdo a todos los informes y publicaciones disponibles, fue un terremoto muy superficial (< 4 km) coherente con una ruptura sub-superficial inversa-oblicua de 4 km de longitud y 2 km de anchura con un desplazamiento de 13-14 cm (Azimut 245º) a lo largo del segmento central (Lorca-Totana) de la falla de desgarre sinestral Lorca-Alhama de Murcia (LAF) a escasos 4 km al NNO de Lorca (Bufom et al., 2012). La deformación cosísmica del terreno fue de 3-4 cm como indican análisis DinSar y GPS en la zona (Frontera et al., 2012).* ***Calidad de la Información Geológica: Clase I.***

Investigación / Compilación de la información: *Pablo G. Silva, Beatriz Gómez (USAL). Publicado en 2014.*

IMAGEN EVENTO



A la izquierda, desprendimientos y caídas de bloques en la Rambla de Los 17 Arcos al Oeste de Lorca.
A la derecha derrumbes y colapsos múltiples en los badlands de El Dorado, quedando desdibujados los barrancos en la zona epicentral.

INTERPRETACIÓN **ANÁLISIS DE DATOS**
INS 20110511: LORCA (Murcia). 2011 AD

Autor: Pablo G. Silva, Departamento de Geología, Universidad de Salamanca.

EEE. Efectos Geológicos y Ambientales del Terremoto de Lorca de 2011 AD

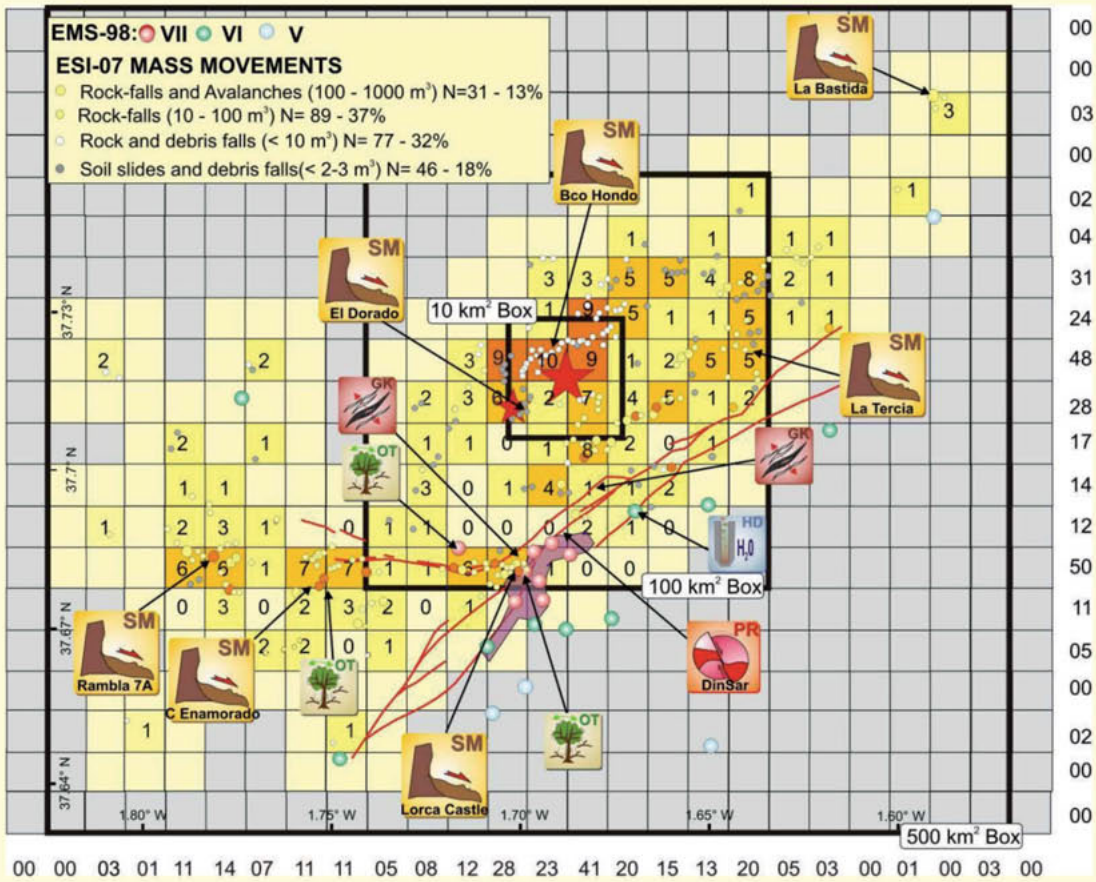
El análisis de los datos aportados por los informes del terremoto elaborados por el IGME (2011), IGN (2012) y distintas publicaciones posteriores recogidas en volúmenes especiales del Boletín Geológico y Minero (2012), Revista Física de La Tierra (2012), y los diferentes artículos de investigación en revistas internacionales y congresos (Alfaro *et al*., 2012a; Martínez-Díaz *et al*., 2012; Silva *et al*., 2013) permiten un análisis geológico de detalle de este evento sísmico. De acuerdo a todos estos informes y publicaciones el terremoto de Lorca fue un evento muy superficial (c. 4 km) coherente con una ruptura sub-superficial inversa-oblicua de 4 km de longitud y 2 km de anchura con un desplazamiento de 13-14 cm (Azimut 245º) a lo largo del segmento central (Lorca-Totana) de la falla de desgarre sinestral Lorca-Alhama de Murcia (LAF) a escasos 4 km al NNO de Lorca (Buforn *et al*., 2012). Datos DinSar y GPS procesados para el entorno de Lorca, indican que la ruptura sub-superficial (falla inversa ciega), de dirección general N65E, originó una deformación cosísmica del terreno que fue de 3-4 cm (Frontera *et al*., 2012) a lo largo del bloque levantado de la falla consistente con el carácter reverso-oblicuo de la misma en su segmento central. Los datos de estos autores indican que el levantamiento tectónico del terreno se verificó a lo largo de al menos 5 km de la falla, marcando claramente su trazado. No obstante, no se registró ninguna ruptura superficial asociada, por lo que los datos DinSar indican una flexura inversa del terreno que se resuelve en una distancia de menos de 1500 m, imposible de detectar mediante los análisis de campo realizados. Este efecto se cataloga como "efecto primario" (elevación/subsidencia tectónica del Terreno) dentro de la Escala ESI-07, asignándosele una intensidad mínima de VIII ESI-07. Estos procesos, aun con carácter centimétrico, solo ocurren en grado VII como consecuencia de terremotos muy superficiales en áreas volcánicas.

El resto de los efectos geológicos recopilados corresponden a Movimientos de Ladera de diferente tipología consignados, localizados y estudiados por diferentes autores (IGME, *et al*., 2011; Alfaro *et al*., 2012a; Silva *et al*., 2013). El informe preliminar del terremoto realizado por el IGME (2011) pone en evidencia que los EEEs (SM) de este tipo de fueron los más importantes, localizando una treintena de ellos; los de mayor importancia afectaron al Cerro del Castillo de Lorca, Peña Rubia, Cejo de Los Enamorados, Rambla de los 17 Arcos y las estribaciones meridionales de La Sierra de La Tercia. El trabajo de Alfaro *et al*. (2012a) realiza una investigación exhaustiva del territorio, catalogando y clasificando un total de 256 movimientos de ladera. Estos autores, extienden estos EEEs a la totalidad de la Sierra de La Tercia y al interior de la Cuenca Neógena de Lorca, donde el Barranco del Hondo, Rambla de El Dorado y numerosos tributarios de las mismas presentan numerosos desprendimientos, no coherentes con las primeras localizaciones epicentrales que situaban el evento principal y réplicas en la vertiente oriental de la Sierra de La Tercia y valle del Guadalentín. Posteriormente, Silva *et al*. (2013) basándose en los trabajos anteriores y campañas de campo (2012 y 2013) analizan los mencionados EEEs en función de la Escala ESI-07 aplicando un análisis de sus dimensiones y distribución espacial mediante el método "box-counting" El análisis de Alfaro *et al*. (2012) identifica las siguientes tipologías de movimientos de ladera:

a) Caídas de bloques y avalanchas de rocas en cantiles subverticales de los relieves en cuesta sobre calcarenitas, conglomerados y areniscas miocenas que culminan la Sierra de La Tercia (al Norte de Lorca), el Cerro del Castillo, Peña Rubia y los relieves denominados "Cejos" situados en el borde sur de la Cuenca de Lorca. Este tipo de procesos fueron los más importantes contabilizándose 120 casos, el 50% del total (Silva *et al*., 2013). Presentan volúmenes movilizados individuales del orden de entre algunos decámetros cúbicos hasta c. 1000 m^3, con run-outs máximos de hasta 200 m (Alfaro *et al*., 2012a). Solo 31 casos (13%) presentan volúmenes superiores a 100 m^3, once de ellos cercanos a los 1000 m^3, mientras que los restantes 89 casos (37%) presentan volúmenes de entre 10 y 100 m^3 (Silva *et al*., 2013). Los bloques desprendidos individuales alcanzan volúmenes considerables de 10-100 m^3. En la zona del Castillo, Peña Rubia, Cejo de Los Enamorados y Rambla 17 Arcos, los desprendimientos dejaron visibles impactos (métricos) en carreteras asfaltadas y caminos sin asfaltar, así como importantes daños en el arbolado con rotura y desenraizamiento de arboles. Estos últimos los hemos catalogado como "otros efectos" en el Caso del Castillo y Cejo de los Enamorados donde los efectos eran más visibles.

b) Caídas de rocas, desprendimientos y desplomes de materiales no consolidados (generalmente margosos o arcillosos) en las paredes subverticales de ramblas, zonas de badlands y cabeceras de antiguos deslizamientos. La mayoría de ese tipo de procesos se registra en las ramblas de dirección N-S localizadas al Norte del relieve de la Serrata, en el centro de la Cuenca Neógena de Lorca, como el Barranco Hondo, badlands de El Dorado, La Serrata y Cuesta colorada. En muchos casos, depósitos de terrazas fluviales o depósitos aluviales localizados en esas zonas también fueron movilizados generando pequeñas avalanchas de derrubios. Esta categoría movilizó volúmenes inferiores a los 50 m^3, pero en algún caso se sobrepasaron los 100m^3 (Bco. Hondo), o los c. 1500 m^3 (Bco. El Dorado). En este último caso secciones enteras de las paredes de las ramblas, con dimensiones de hasta 6x9 m, colapsaron en su totalidad, en algunos casos encadenándose y desdibujando la propia geometría de los barrancos (Silva *et al*., 2013). En Barranco Hondo, la mayor parte de los desprendimientos se registran en su margen oriental, donde los procesos de deslizamiento y desprendimientos son de por sí importantes. Este barranco, y sus tributarios (Bcos. de La Serrata y Cuesta Colorada), registran unos 50 casos, lo que suponía una anomalía importante respecto a las primeras localizaciones del epicentro (Alfaro *et al*.,

2012a). Tras la relocalización del epicentro (López Comino *et al.*, 2012), está claro que precisamente este lugar se encuentra en la zona epicentral, no solo del evento principal, sino también del premonitor y las réplicas más importantes. La alta frecuencia de este tipo de procesos en esta zona, de hasta 9 casos/km^2, así como las dimensiones de algunos de ellos, indica una intensidad VIII ESI-07.



Análisis Box counting (sectores 1 km²) de los movimientos de ladera producidos por el Terremoto de Lorca de 2011. Las cuadrículas naranjas indican valores ≥ 5 casos/km² y las rojas ≥ 9 casos/km². Las cuadrículas amarillo-pálido bordean el perímetro en el cual los EEEs se registraron (135 km²), pero el área efectiva afectada por procesos de ladera (cuadrículas con al menos un evento) es de 82 km². Modificado de Silva et al. (2013).

c) Desprendimientos en materiales poco cohesivos, incluyendo suelos, materiales margosos, arcillosos y pizarras-filitas variablemente meteorizados. Este tipo de procesos tuvo lugar independientemente de la orientación de las laderas y su posición dentro de las mismas, aunque por lo general, se registraron en su zona basal (Alfaro *et al.*, 2012a). En esta categoría los materiales movilizados por evento fue de pocos metros cúbicos (< 3m^3), pero algunos de ellos en el área epicentral, especialmente en paredes subverticales, alcanzaron los 10 m^3. Este tipo contabiliza 77 casos, cerca del 38% de los movimientos de ladera registrados para el conjunto del terremoto (Silva *et al.*, 2013).

d) Removilización de bloques desprendidos o en equilibrio inestable sobre las laderas. Este tipo de procesos se registró también en las zonas de tipo (a) más importantes, como en el Cejo de Los Enamorados, Rambla de los 17 Arcos y Sierra de La Tercia. En seis de estos casos, la aplicación de análisis liquenométricos indican que algunos de los bloques más grandes ya habían sido desprendidos con anterioridad, correspondiéndose las edades calculadas con el terremoto de Lorca de 1674 AD (VIII EMS; Pérez López *et al.*, 2012). No obstante, este tipo de removilizaciones de bloques se registraron en solitario en la zona de los Cautivos (9-10 km distancia epicentral) y en las cercanías del Yacimiento Arqueológico de La Bastida de Totana (12 km). En este último lugar las descripciones de los investigadores que en ese momento se encontraban en trabajando en el yacimiento indican que se escuchó un ruido muy intenso y grandes nubes de polvo en la ladera opuesta a su centro de trabajo, donde hemos localizado tal efecto, por otra parte el más lejano catalogado (Silva *et al.*, 2013). Datos de estos autores indican que alguno de los bloque removilizados alcanzaban los c. 100-200 m^3 en este lugar. Estos procesos se localizan por lo general en zonas de Intensidad VI ESI-07. Casos similares ocurrieron durante el reciente terremoto de La Paca 2005 (4,8 Mw), donde grandes bloques (c. 200 m^3) desprendidos durante el terremoto de Bullas 2002 (5,0 Mw) fueron removilizados algunas decenas de metros en una zona de poca pendiente bajo intensidad VI EMS (Rodríguez-Peces *et al.*, 2011).

En definitiva el análisis box-counting desarrollado por Silva *et al.* (2013) indica que el área afectada

por movimientos de ladera se encuentra entre 85 (área efectiva) y 135 km^2 (área perimetral), pero el área total situada dentro de la zona de intensidad VI que registra este tipo de procesos alcanza casi los 200 km^2. Estos valores de la extensión de los procesos de ladera desencadenados por el terremoto indican una intensidad mínima de VIII ESI-07, ya que valores iguales o superiores a los 100 km^2 se asignan a esta intensidad en la mencionada escala. De hecho, se observa que en la zona del Bco. Hondo se registran valores ≥ 9 casos/km^2 que coinciden con la localización del epicentro del terremoto tras su relocalización (López Comino *et al*., 2012). En esta zona la alta frecuencia/densidad de procesos de ladera indica que en un sector de al menos 4 km^2 experimentó intensidad VIII ESI-07. Dado que la zona está despoblada, no se le asignaron valores EMS-98 (IGN, 2012; Martínez Solares *et al*., 2012). Los puntos EMS más cercanos son Altritar (5,7 km; VII EMS) y El Río (7,7 km VI EMS), por lo que es lógico pensar que en esta pequeña zona epicentral se alcanzaron valores de intensidad VII. Dado que en Lorca se registró una aceleración máxima (PGA) de 0,36 g (IGN, 2012), es lógico pensar que en la zona epicentral se alcanzaran valores superiores, ya dentro del rango inferior de intensidad VIII que se considera en otras escalas (p.ej. MMI). Diferentes modelos teóricos de aceleraciones aplicados al terremoto (Benito *et al*., 2012) calculan valores de aceleración inferiores, entre 0,28 y 0,32 g, en esta zona epicentral al Norte de Lorca. No obstante, la mayor parte de estos modelos funcionan razonablemente bien con la media geométrica de la PGA registrada en Lorca (0,23 g) y en otras estaciones, pero en campo cercano (< 10 km) los datos teóricos y los reales aparecen muy desajustados, por lo que estos modelos han de tomarse con reservas.

Por otro lado, las dimensiones y frecuencia de los procesos de ladera sobre el borde sur de la Cuenca de Lorca (Cejos) y Sierra de La Tercia indican que en esas áreas se alcanzó intensidad VII ESI-07, abarcando el área perimetral de 135 km^2 estimada por Silva *et al*. (2013). Aunque diferentes trabajos (Alfaro *et al*., 2012b) indican que la amplificación topográfica fue importante en estos sectores de acusado relieve, efectivamente experimentaron un movimiento de intensidad VII ESI-07. Este dato contrasta con la valoración EMS, que tan solo asigna intensidad VII al casco urbano y periurbano de Lorca (IGN, 2012), estimándose un área de algo menos de 5 km^2. Lo cierto es que en el interior de la Cuenca de Lorca no hay datos EMS, siendo los más cercanos El Río (VI) a 8 km de distancia de Lorca, Aledo (V) a 18 km y Zarzilla de Ramos (V) a 24 km, y los datos de intensidad ESI-07 vienen a rellenar esta gran zona vacía de datos.

Concluyendo, las dimensiones, frecuencia y distribución espacial de EEEs indican claramente que el terremoto aquí catalogado tuvo una intensidad máxima de VIII ESI-07, abarcando un área de al menos 4 km^2 en la zona de Barranco Hondo. Los datos de deformación cosísmica del terreno (3-4 cm de elevación) determinados por análisis DinSar (Frontera *et al*., 2012) también indican la misma intensidad en la escala ESI-07.

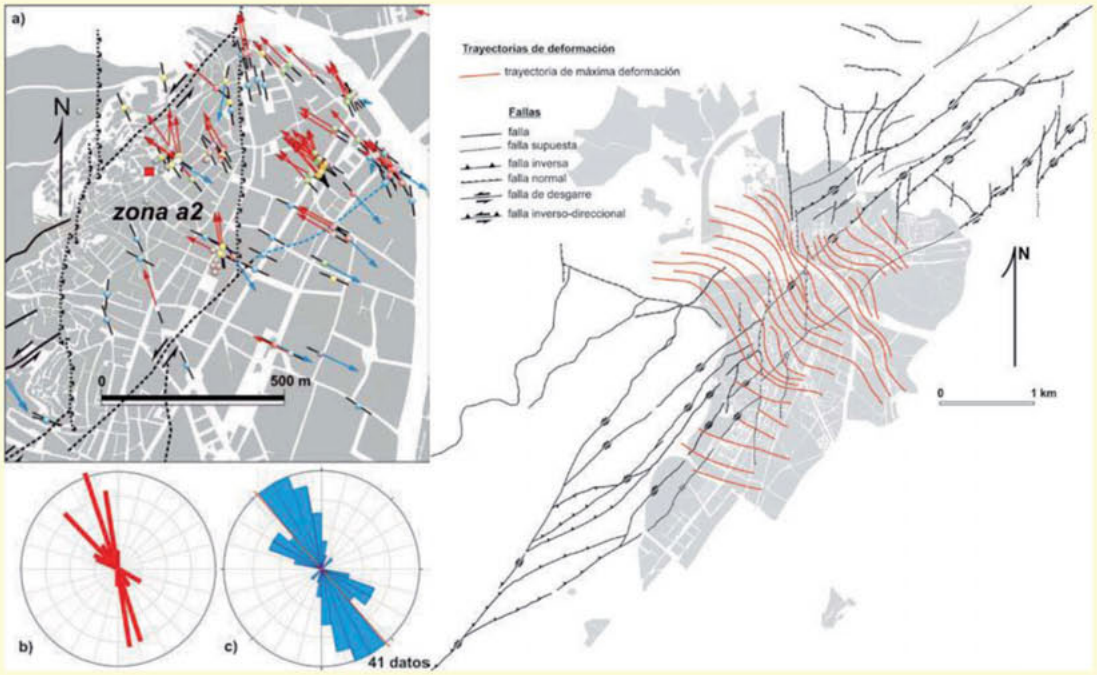
EAE. Efectos Arqueosismológicos del Terremoto de Lorca de 2011 AD

El análisis geológico sobre orientación de daños sobre el patrimonio histórico de Lorca constituye una herramienta básica para el estudio arqueosismológico, ya que permite contrastar los datos instrumentales del evento sísmico con los análisis de orientaciones. El estudio de campo de los efectos arqueosismológicos (EAEs) generados por el terremoto (IGME, 2011) identificaron 127 EAEs, que afectaron tanto a edificaciones modernas (86) como al patrimonio histórico (41), que posteriormente fueron analizados en detalle (Giner Robles *et al*., 2012; Rodríguez-Pascua *et al*., 2012). En el presente catálogo solo hemos incluido aquellos más representativos que afectaron al patrimonio histórico-artístico de Lorca como la Colegiata de San Patricio, el Convento de las Clarisas, las iglesias de Santiago, San Francisco, San Juan, Santa María, la antigua muralla almonacid (Porche de San Antonio) y el Castillo de Lorca (Torre del Espolón). Todos ellos presentan EAEs característicos de daños orientados como son: a) Fracturas penetrativas en bloques de sillería (San Patricio y Santiago); b) Fracturas conjugadas en muros (Las Clarisas); c) Caídas orientadas de elementos decorativos (San Patricio); d) Giros en bloques de sillería y columnas (San Patricio y San Mateo); e) bloques de sillería desplazados (San Patricio, Cementerio de San Clemente y Torre del Espolón); f) Claves de arco desplazadas (Santa María, San Juan, Iglesia del Paso Azul); g) Escalones y líneas de bordillo plegados (Las Clarisas); h) Bóvedas colapsadas (Santiago, Iglesia del Paso Azul); e i) Esquinas de bloques fracturadas (San Patricio, San Mateo y Santiago). Otros EAEs característicos, como caída orientada de columnas (Jardín Cuartel de Infantería) o plegamiento de enlosados (Convento de Las Clarisas y diferentes calles de Lorca) también se documentaron.

El análisis de orientaciones del total de los EAEs documentados da una dirección consistente y dominante NO-SE consistentes con el sentido de desplazamiento del terreno registrado por el acelerógrafo de la estación del IGN situada en el casco histórico de Lorca (Giner-Robles *et al*., 2012). El análisis estructural de daños orientados desarrollado en paralelo por Giner-Robles *et al*. (2012) sectoriza las orientaciones de daños en distintas zonas de la ciudad, indicando que el sentido de daños es coherente con el sentido del terreno registrado instrumentalmente, y perpendicular a la traza de la Falla de Lorca-Alhama de Murcia en la ciudad, mostrando una orientación preferente de N130ºE. Dicha orientación media se explica por el efecto de la directividad del movimiento principal horizontal del terreno que se produce con una orientación normal (NO-SE) a la dirección de propagación de las ondas S polarizadas en el plano horizontal (N220°E).

El hecho de que las orientaciones obtenidas del análisis de los efectos coincidan con las obtenidas del movimiento del suelo en el acelerógrafo del IGN en la ciudad, muestra que las orientaciones preferentes de daños son cuantitativamente comparables a los datos de movimiento 2D del terreno registrados instrumentalmente. Este hecho abre una nueva vía de investigación en el análisis de los

daños de terremotos instrumentales de efecto cercano con respecto a la posibilidad de relacionar estas deformaciones superficiales con el estado de deformación tectónico de la zona (Giner-Robles *et al.*, 2012). La construcción de las trayectorias de deformación máxima permite completar el mapa de movimientos del terreno en las restantes áreas urbanas en las que no existían estaciones de registro instrumental. Las variaciones en la orientación de estas trayectorias parecen tener una relación clara con la traza de las fallas N-S del subsuelo urbano de la ciudad, que condicionan la sedimentación cuaternaria más reciente (espesores y rellenos aluviales de diferente edad – compactación; Silva *et al.*, 2008) y que confieren al terreno un comportamiento anisótropo frente a la propagación de las ondas sísmicas.



a) Localización del acelerógrafo del IGN (cuadrado rojo) en la zona a2. b) Vectores de movimiento obtenidos del análisis del odograma de movimiento de la partícula en 2D del registro del acelerógrafo del IGN. c) Rosa de orientaciones de la dirección de máxima deformación para la subzona a2. A la derecha, mapa de trayectorias de máxima deformación construidas a partir de la interpolación de los resultados puntuales de máxima deformación deducidos del análisis individual de las estructuras (EAEs). Se representan también las principales estructuras tectónicas presentes en la cartografía geológica a escala 1:25.000 (Modificado de Giner Robles et al., 2012).

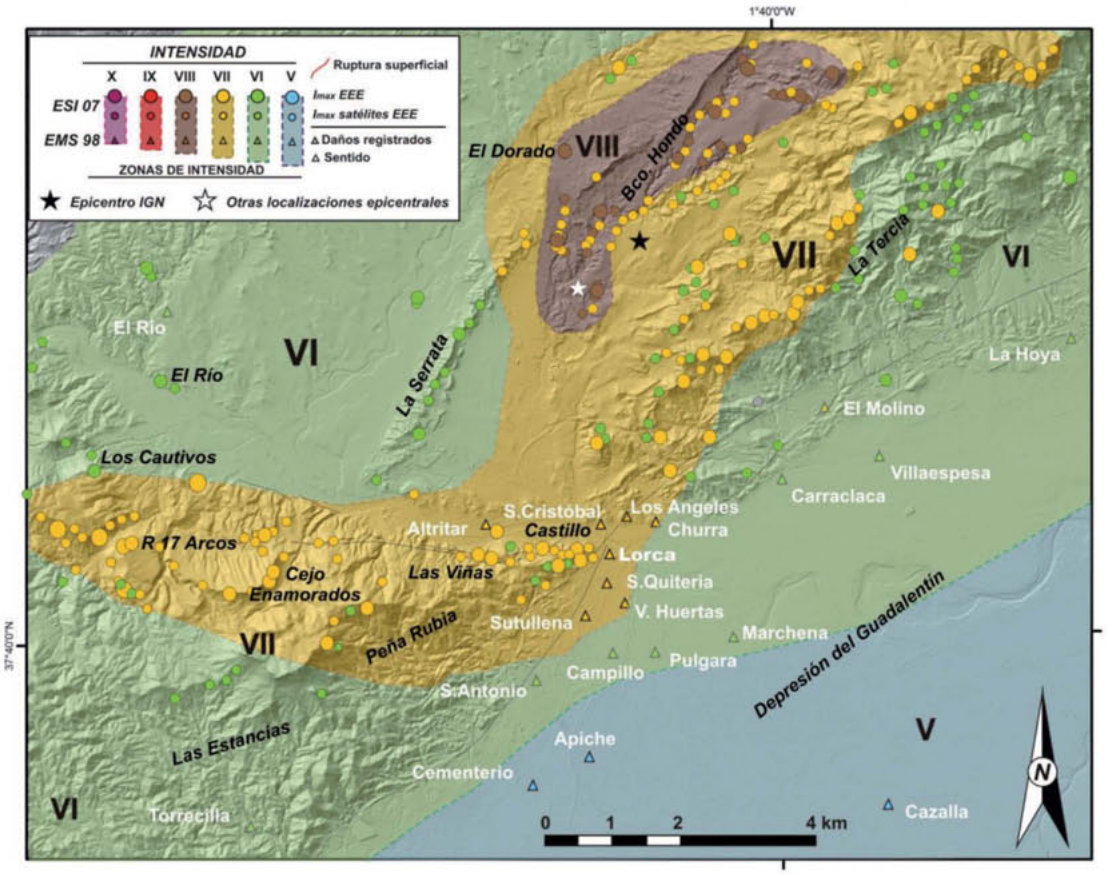
Complementariamente, el análisis de orientaciones de daños y su comparación con los datos instrumentales del movimiento del terreno efectuado para el terremoto de Lorca, ha permitido contrastar y validar por vez primera las técnicas arqueosismológicas que se venían empleando en yacimientos arqueológicos. Rodríguez-Pascua *et al.* (2012) extienden el análisis de EAEs orientados al conjunto del patrimonio histórico más relevante de Lorca, revelando que algunos de los daños orientados se produjeron en las mismas edificaciones y con similares características durante el terremoto que afectó a esta ciudad en 1674 AD (VIII EMS).



Daños orientados en el patrimonio histórico de Lorca: c) Torre de la Iglesia de Santiago; e) Iglesia de San Juan; d) Fracturas conjugadas en el muro del Convento de las Clarisas.

DISTRIBUCIÓN DAÑOS ESI-07/EMS-98
INS 20110511: LORCA (Murcia). 2011 AD
EFECTOS GEOLÓGICOS

EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG Mw/Ms/M*	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
INS 20110511 AD	16:47	1°42'41,0"O	37°43'3,0"N	5,2 Mw	VII	-	VIII	I	I	I	Lorca, MU

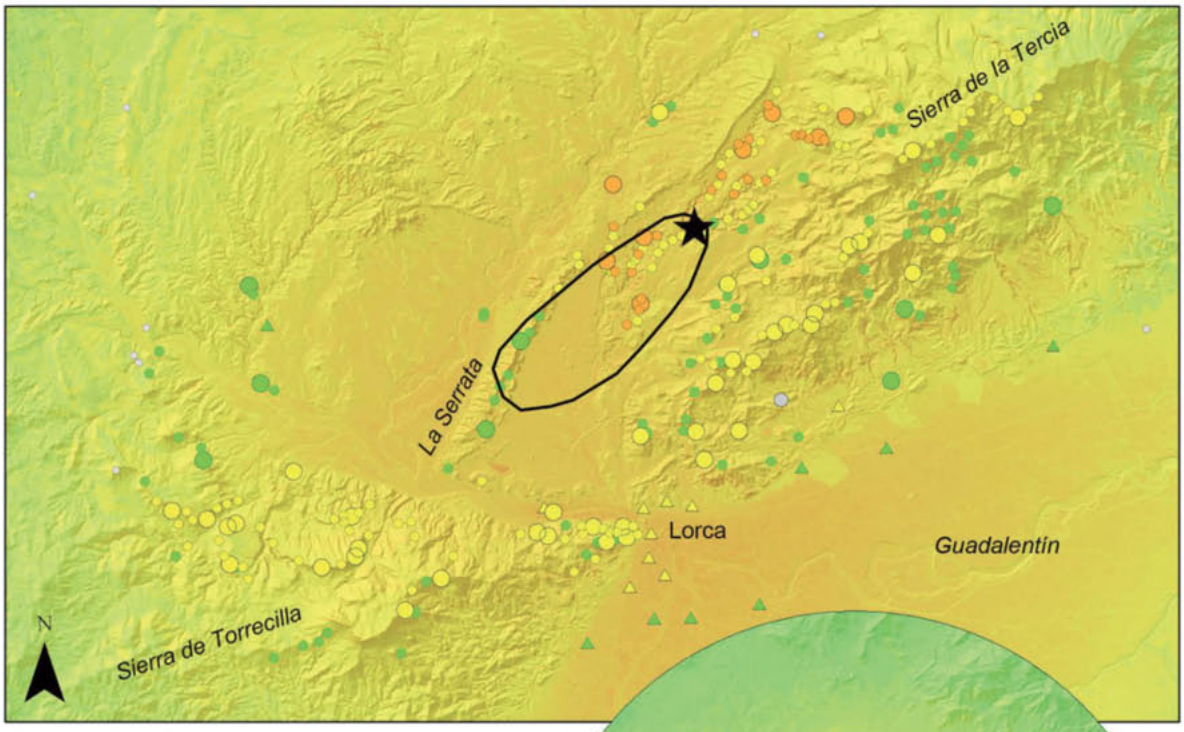


SHAKE MAP ESI-07/EMS-98
INS 20110511: LORCA (Murcia). 2011 AD

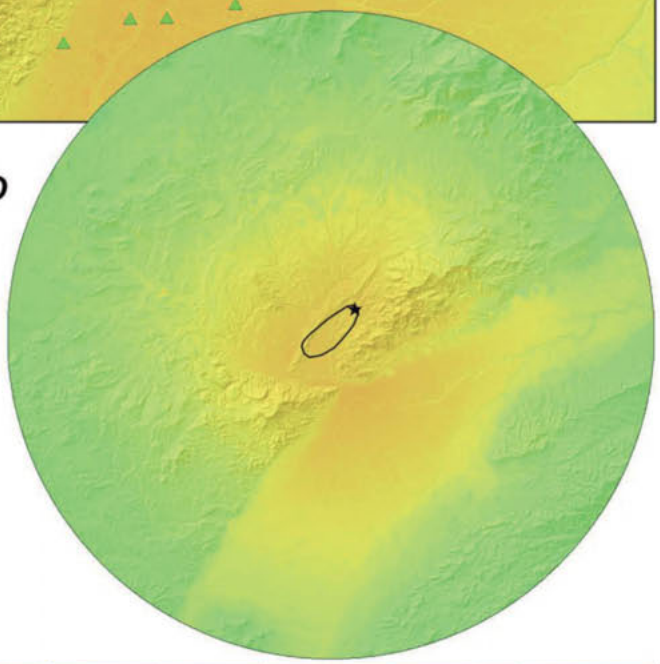
ACELERACIÓN DEL TERRENO

EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG Mw/Ms/M*	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO
INS 20110511 AD	16:47	1°42'41,0"O	37°43'3,0"N	5,2 Mw	VII	-	VIII	I	I	I	**Lorca, MU**

Fuente sísmica modificada de:	Mw calculada:	Relación empírica:	GMPE:
Morales *et al.* (2014).	5,2	Wells y Coppersmith (1994).	Wald *et al.* (2005) modificada según Silva *et al.* (2016).



ESCENARIO



Datos del Modelo

Sector central de la falla de Lorca-Alhama de Murcia.
Falla inversa.
Longitud de fuente 4,4 km

PGAmax 0,41g
PGA en Lorca 0,32g
PGA en Alhama de Murcia 0,04g
PGA en la zona epicentral 0,38-0,41

Efectos Edificaciones										
MMI (USGS)	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
SACUDIDA	Ligera	Moderada	Fuerte	Muy Fuerte	Severa	Violenta	Muy Violenta	Extrema	Extrema
DAÑO	Ninguno	Muy Ligero	Ligero	Moderado	Severo	Destructivo	Muy Destructivo	Devastador	Totalmente Devastador

PGA (g)	0,014	0,039	0,092	0,18	0,34	> 0,65

Efectos Geológicos										
EEE PRIMARIOS	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Muy raros	Raros	Apreciables	Significativos	Importantes	Muy Importantes
EEE SECUND.	Ligeros	Marginales	Moderados	Apreciables	Significativos	Importantes	Muy Importantes	Devastadores	Totalmente Devastadores
AREA AFECTADA			c. 1 km²	≤10 km²	≤100 km²	≤1000 km²	≤5000 km²	≤10.000 km²	≥50.000 km²
ESI-07	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII

REFERENCIAS
INS 20110511: LORCA (Murcia). 2011 AD
DATOS BIBLIOGRÁFICOS

Autor: Pablo G. Silva, Departamento de Geología, Universidad de Salamanca.

Bibliografía Terremoto de Lorca de 2011 AD

Alfaro P., Delgado, J., García-Tortosa, F.J., Lenti, L., López, J.A., López-Casado, C., Martino. S. (2012a): Widespread landslides induced by the Mw 5.1 earthquake of 11 May 2011 in Lorca, SE Spain. Engineering Geology 137-138, 40–52.

Alfaro, P., Delgado, J., García-Tortosa, F.J., Giner, J., Lenti, L., Lopez Casado, C., Martino, S. (2012b): The role of near-field interaction between seismic waves and slope on the triggering of a rockslide at Lorca (SE Spain). Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 12, 3631–3643.

Benito, B., Rivas, A., Gaspar-Escribano, J. M., Murphy, P. (2012): El terremoto de Lorca (2011) en el contexto de la peligrosidad y el riesgo sísmico en Murcia. Física de la Tierra, 24, 255-287.

Buforn, E., Pro, C., Cesca, S., Sanz de Galdeano, C., Udías, A. (2012): Proceso de ruptura del sismo de Lorca de 11 mayo 2011. Física de la Tierra, 24, 71-82.

Delgado, J., Peláez, J.A., Tomas R., García-Tortosa, F.J., Alfaro, P., López Casado, C. (2011): Seismically-induced landslides in the Betic Cordillera (S Spain). Soil Dynamics and Earthquake Engineering 31, 1203–121.

Frontera, T., Blanco, P., Concha, A., Goula, X., Pérez Aragüés, F. (2012): Medidas de deformaciones cosísmicas con DinSAR para el terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011. Física de la Tierra, 24, 151-169.

Giner-Robles, J.L., Pérez-López, R., Silva, P.G., Rodríguez-Pascua, M.A., Martín-González, F. y Cabañas, L. (2012): Análisis estructural de daños orientados en el terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011: Aplicaciones en arqueosismología. Boletín Geológico y Minero, 123 (4). 503-513.

IGME (2011): Informe geológico preliminar del Terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011 Mw 5,1. IGME, Madrid (Spain). 47 pp.

IGN (2012): Informe del sismo de Lorca del 11 de mayo de 2011. IGN, Madrid (Spain). 129 pp.

López-Comino, J.A., Mancilla, F., Morales, J., Stich, D. (2012): Rupture Directivity of the 2011, Mw 5.2 Lorca Earthquake (Spain). Geophys. Res. Lett., 39, L03301.

Martínez-Díaz, J.J., Béjar, M., Álvarez-Gómez, J.A., Mancilla, F., Stich, D., Herrera, G., Morales, J. (2012a): Tectonic and seismic implications of an intersegment rupture. The damaging May 11th 2011 Mw 5.2 Lorca, Spain, earthquake. Tectonophysics. 546-547, 28-37.

Martínez-Díaz, J.J., Álvarez-Gómez, J.A., García-Mayordomo, J., Insua-Arévalo, J.M, Martín-González, F., Rodríguez-Peces (2012b): Interpretación tectónica de la fuente del terremoto de Lorca de 2011 (Mw 5,2) y sus efectos superficiales. Boletín Geológico y Minero, 123 (4): 441-458.

Martínez Solares, J.M., Cantavella Nadal, J.V., Cabañas Rodríguez, L., Valero Zornosa, J.F. (2012): El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Física de la Tierra, 24, 17-40.

Mendoza, L., Kehm, A., Koppert, A., Martín Dávila, J., Gárate, J., Becker, M. (2012): The Lorca Earthquake observed by GPS: a Test Case for GPS Seismology. Física de la Tierra, Vol. 24, 129-150.

Pérez-López, R., Martín-González, F., Martínez-Díaz, J.J. y Rodríguez-Pascua, M.A. (2012): Datación mediante liquenometría de los desprendimientos rocosos asociados a la sismicidad histórica en Lorca (Murcia, SE de España). Boletín Geológico y Minero, 123 (4): 473-485.

Rodríguez-Pascua, M.A., Pérez-López, R., Martín-González, F., Giner-Robles, J.L., Silva, P.G. (2012): Efectos arquitectónicos del terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011. Neoformación y reactivación de efectos en el Patrimonio Cultural. Boletín Geológico y Minero, 123 (4). 487-502.

Rodríguez-Peces, M.J., Pérez-García, J.L., García-Mayordomo, J., Azañón, J.M., Insua, J.M., Delgado J. (2011): Applicability of Newmark method at regional, sub-regional and site scales: seismically induced Bullas and La Paca rock-slide cases (Murcia, SE Spain). Natural Hazards, 59, 1109-1124.

Silva, P.G., Bardají, T. Calmel-Avila, M., Goy, J.L., Zazo, C. (2008): Transition from alluvial to fluvial systems in the Guadalentín Depression (SE Spain) during the Holocene: Lorca Fan versus Guadalentín River. Geomorphology, 100, 140–153.

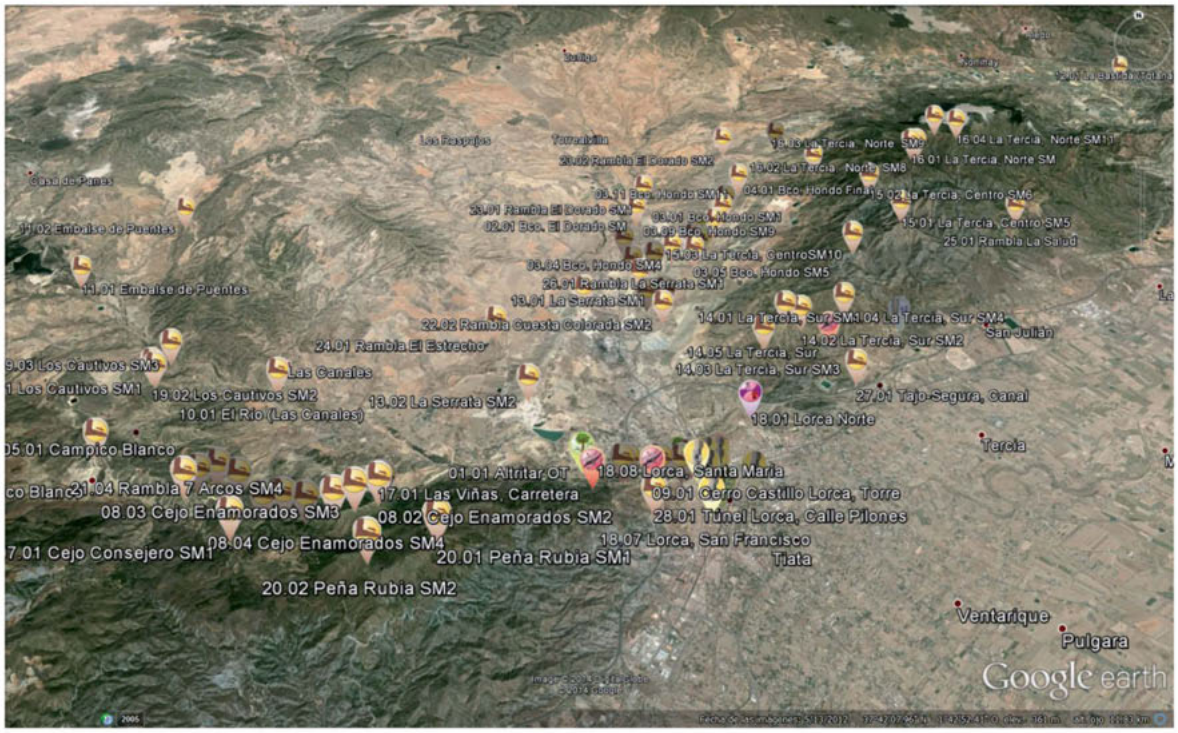
Silva, P.G., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Giner, J.L., Huerta, P., Bardají, T., Martín-González, F. (2013): Earthquake Environmental Effects (EEEs) triggered by the 2011 Lorca earthquake (Mw 5,2), Betic Cordillera, SE Spain): Application of the ESI-07 Macroseismic Scale. En: Seismic Hazard, Critical Facilities and Slow Active Faults (C. Grützner et al., Eds). INQUA Proceedings, 4, 237-240.

Silva, P.G., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Roquero, E., Giner, J.L., Huerta, P., Martínez-Graña, A. and Bardají, T. (2015): Macroseismic analysis of slope movements triggered by the 2011 Lorca Earthquake (Mw 5.1): Application of the ESI-07 scale. Geogaceta, 57, 35-38.



INFORMACIÓN MACROSÍSMICA INS 20110511: LORCA (Murcia). 2011 AD											EFECTOS GEOLÓGICOS	
EVENTO	HORA Y MIN.	LONGITUD	LATITUD	MAG Mw/Ms/M*	EMS 98	MSK 64	ESI 07	Q_e	Q_i	Q_g	LOCALIZACIÓN TERREMOTO	
INS20110511 AD	16:47	1°42'41,0"O	37°43'3,0"N	5,2 Mw	VII	-	VIII	I	I	I	Lorca, MU	
Tipo de Efectos Catalogados											Número de Fichas 79	72 EEEs 07 EAEs

Imagen Google Earth de la localización de efectos catalogados en la zona epicentral



Información macrosísmica catalogada

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
01.01 Altritar*	1°43'10,04"O	37°40'57,32"N	OT	NE 5,7 km	VII	Sin Datos	VII
02.01 Bco. El Dorado*	1°41'54,36"O	37°44'9,88"N	SM	SSE 1,4 km	Sin Datos	Sin Datos	VIII
03.01 Bco. Hondo SM1*	1°40'47,57"O	37°44'1,78"N	SM	SSO 0,96 km	Sin Datos	Sin Datos	VIII
03.02 Bco. Hondo SM2	1°42'4,32"O	37°42'50,51"N	SM	NNE 1,9 km	Sin Datos	Sin Datos	VIII
03.03 Bco. Hondo SM3	1°41'51,05"O	37°43'22,72"N	SM	NE 1,1 km	Sin Datos	Sin Datos	VIII
03.04 Bco. Hondo SM4	1°41'35,99"O	37°43'29,63"N	SM	NE 0,66 km	Sin Datos	Sin Datos	VIII
03.05 Bco. Hondo SM5	1°41'20,69"O	37°43'24,13"N	SM	NE 0,45 km	Sin Datos	Sin Datos	VIII
03.06 Bco. Hondo SM6	1°41'14,57"O	37°43'32,25"N	SM	NE 0,15 km	Sin Datos	Sin Datos	VIII
03.07 Bco. Hondo SM7	1°41'17,76"O	37°43'36,08"N	SM	E 0,18 km	Sin Datos	Sin Datos	VIII
03.08 Bco. Hondo SM8	37°43'38,72"N	37°43'38,72"N	SM	SE 0,11 km	Sin Datos	Sin Datos	VIII
03.09 Bco. Hondo SM9	1°40'57,91"O	37°43'48,81"N	SM	SSO 0,52 km	Sin Datos	Sin Datos	VIII

03.10 Bco. Hondo SM10	1°40'43,17"O	37°44'9,80"N	SM	SSO 1,2 km	Sin Datos	Sin Datos	VIII
03.11 Bco. Hondo SM11	1°40'26,17"O	37°44'29,99"N	SM	SSO 2,0 km	Sin Datos	Sin Datos	VII
04.01 Bco. Pozuelo*	1°39'25,12"O	37°44'30,85"N	SM	SO 3,1 km	Sin Datos	Sin Datos	VII
05.01 Campico Blanco*	1°47'52,23"O	37°41'21,28"N	SM	NE 10,7 km	Sin Datos	Sin Datos	VI
06.01 Carraclaca*	1°39'12,73"O	37°42'15,08"N	HD	NO 3,8 km	VI	Sin Datos	VI
07.01 Cejo Consejero SM1*	1°46'28,18"O	37°40'26,28"N	SM	NE 9,7 km	Sin Datos	Sin Datos	VII
07.02 Cejo Consejero SM2	1°46'12,74"O	37°40'36,92"N	SM	NE 9,2 km	Sin Datos	Sin Datos	VII
08.01 Cejo Enamorados SM1*	1°45'5,59"O	37°40'34,50"N	SM	NE 8,1 km	Sin Datos	Sin Datos	VII
08.002 Cejo Enamorados SM2*	1°45'7,68"O	37°40'32,43"N	SM	NE 8,2 km	Sin Datos	Sin Datos	VII
08.06 Cejo Enamorados OT*	1°45'5,59"O	37°40'34,50"N	OT	NE 8,1 km	Sin Datos	Sin Datos	VII
08.03 Cejo Enamorados SM3	1°45'19,61"O	37°40'26,47"N	SM	NE 8,5 km	Sin Datos	Sin Datos	VII
08.04 Cejo Enamorados SM4	1°45'31,61"O	37°40'26,95"N	SM	NE 8,7 km	Sin Datos	Sin Datos	VII
08.05 Cejo Enamorados SM5	1°45'47,94"O	37°40'30,11"N	SM	NE 8,9 km	Sin Datos	Sin Datos	VII
09.01 Cerro Castillo Lorca, Torre*	1°42'31,55"O	37°40'38,07"N	GK	NNE 5,8 km	VII	Sin Datos	VII
09.02 Cerro Castillo Lorca, Lienzo Norte*	1°42'26,51"O	37°40'39,77"N	SM	N 5,7 km	VII	Sin Datos	VII
09.03 Cerro Castillo Lorca, Lienzo Norte*	1°42'14,51"O	37°40'44,20"N	OT	N 5,5 km	VII	Sin Datos	VII
09.04 Cerro Castillo Lorca, El Espolón*	1°42'7,47"O	37°40'42,28"N	SM	N 5,5 km	VII	Sin Datos	VII
09.05 Cerro Castillo Lorca, Lienzo Sur*	1°42'14,29"O	37°40'38,70"N	SM	NNE 5,7 km	VII	Sin Datos	VII
10.01 El Río (Las Canales)*	1°46'17,39"O	37°42'10,50"N	SM	ENE 8,0 km	VI	Sin Datos	VI
11.01 Embalse de Puentes*	1°48'47,57"O	37°43'53,13"N	SM	E 11,3 km	V	Sin Datos	V
11.02 Embalse de Puentes*	1°47'41,71"O	37°44'40,90"N	SM	E 9,8 km	VI	Sin Datos	VI
12.01 La Bastida (Totana)*	1°33'37,37"O	37°46'21,69"N	SM	SO 12,1 km	Sin Datos	Sin Datos	VI
13.01 La Serrata SM1*	1°42'48,81"O	37°42'53,88"N	SM	NE 2,7 km	Sin Datos	Sin Datos	VII
13.02 La Serrata SM2	1°43'36,72"O	37°41'45,59"N	SM	NE 4,9 km	Sin Datos	Sin Datos	VII
14.01 La Tercia, Sur SM1*	1°40'36,03"O	37°42'16,99"N	SM	NO 2,6 km	Sin Datos	Sin Datos	VII
14.02 La Tercia, Sur SM2	1°40'25,89"O	37°42'14,16"N	SM	NO 2,8 km	Sin Datos	Sin Datos	VII
14.03 La Tercia, Sur SM3	1°40'54,35"O	37°42'5,55"N	SM	NNO 2,8 km	Sin Datos	Sin Datos	VII
14.04 La Tercia, Sur SM4	1°39'52,47"O	37°42'20,95"N	SM	NO 3,0 km	Sin Datos	Sin Datos	VII
14.05 La Tercia, Sur GK	1°40'7,72"O	37°42'6,31"N	GK	NO 3,2 km	Sin Datos	Sin Datos	VII
15.01 La Tercia, Centro SM5*	1°38'43,94"O	37°43'25,65"N	SM	O 3,6 km	Sin Datos	Sin Datos	VII
15.02 La Tercia, Centro SM6	1°38'55,25"O	37°43'55,78"N	SM	OSO 3,4 km	Sin Datos	Sin Datos	VII
15.03 La Tercia, Centro SM10	1°39'27,69"O	37°43'7,31"N	SM	O 2,7 km	Sin Datos	Sin Datos	VII

16.01 La Tercia, Norte SM7*	1°38'9,90"O	37°44'20,83"N	SM	SSO 4,7 km	Sin Datos	Sin Datos	VII
16.02 La Tercia, Norte SM8	1°38'6,15"O	37°44'21,23"N	SM	SSO 4,7 km	Sin Datos	Sin Datos	VII
16.03 La Tercia, Norte SM9	1°37'41,11"O	37°44'43,09"N	SM	SSO 5,5 km	Sin Datos	Sin Datos	VII
16.04 La Tercia, Norte SM11	1°37'27,30"O	37°44'34,34"N	SM	SSO 5,7 km	Sin Datos	Sin Datos	VII
17.01 Las Viñas, Carretera*	1°43'5,77"O	37°40'45,84"N	GK	NNE 6,0 km	VII	Sin Datos	VII
17.02 Las Viñas SM1, Antenas*	1°42'48,51"O	37°40'42,75"N	SM	NNE 5,9 km	VII	Sin Datos	VII
17.03 Las Viñas SM2, Antenas	1°42'45,39"O	37°40'42,89"N	SM	NNE 5,9 km	VII	Sin Datos	VII
18.01 Lorca Norte*	1°41'18,03"O	37°41'20,12"N	UP	N 4,2 km	VII	Sin Datos	VIII
18.02 Lorca, Muro Guadalentín*	1°41'48,98"O	37°40'48,45"N	GK	NNO 5,3 km	VII	Sin Datos	VII
18.03 Lorca, Santiago*	1°41'52,17"O	37°40'38,01"N	EAE	NNO 5,6 km	VII	Sin Datos	VII
18.04 Lorca, San Juan*	1°41'57,59"O	37°40'45,32"N	EAE	NNO 5,3 km	VII	Sin Datos	VII
18.05 Lorca, San Patricio*	1°41'58,38"O	37°40'37,17"N	EAE	NNO 5,5 km	VII	Sin Datos	VII
18.06 Lorca, Santo Domingo*	1°41'49,81"O	37°40'45,45"N	EAE	NNO 5,4 km	VII	Sin Datos	VII
18.07 Lorca, San Francisco*	1°42'0,27"O	37°40'22,02"N	EAE	NNO 6,0 km	VII	Sin Datos	VII
18.08 Lorca, Santa María*	1°42'3,88"O	37°40'41,80"N	EAE	NNO 5,4 km	VII	Sin Datos	VII
18.09 Lorca, Convento de Las Clarisas*	1°41'30,57"O	37°40'34,66"N	EAE	NNO 5,8 km	VII	Sin Datos	VII
19.01 Los Cautivos SM1*	1°47'35,60"O	37°42'20,27"N	SM	ENE 9,7 km	Sin Datos	Sin Datos	VI
19.02 Los Cautivos SM2	1°47'38,83"O	37°42'24,38"N	SM	ENE 9,8 km	Sin Datos	Sin Datos	VI
19.03 Los Cautivos SM3	1°47'29,85"O	37°42'39,56"N	SM	ENE 9,5 km	Sin Datos	Sin Datos	VI
20.01 Peña Rubia SM1*	1°44'35,38"O	37°39'59,68"N	SM	NNO 8,3 km	Sin Datos	Sin Datos	VII
20.02 Peña Rubia SM2	1°45'10,55"O	37°39'52,17"N	SM	NNO 9,1 km	Sin Datos	Sin Datos	VII
21.01 Rambla 17 Arcos SM1*	1°46'28,51"O	37°40'52,57"N	SM	NE 9,3 km	Sin Datos	Sin Datos	VII
21.02 Rambla 17 Arcos SM2	1°46'41,38"O	37°41'0,41"N	SM	NE 9,4 km	Sin Datos	Sin Datos	VII
21.03 Rambla 17 Arcos	1°46'28,51"O	37°40'52,57"N	OT	NE 9,3 km	Sin Datos	Sin Datos	VII
21.04 Rambla 17 Arcos SM4	1°46'57,86"O	37°40'53,48"N	SM	NE 9,9 km	Sin Datos	Sin Datos	VII
22.01 Rambla Cuesta Colorada SM1	1°41'50,80"O	37°42'50,05"N	SM	NNE 1,7 km	Sin Datos	Sin Datos	VIII
22.02 Rambla Cuesta Colorada SM2	1°41'55,40"O	37°42'38,74"N	SM	NNE 2,1 km	Sin Datos	Sin Datos	VIII
23.01 Rambla El Dorado SM1*	1°41'43,57"O	37°44'32,06"N	SM	SE 1,9 km	Sin Datos	Sin Datos	VII
23.02 Rambla El Dorado SM2	1°40'25,00"O	37°45'16,82"N	SM	S 3,3 km	Sin Datos	Sin Datos	VII
23.03 Rambla El Dorado SM3	1°39'39,63"O	37°45'15,49"N	SM	SSO 3,7 km	Sin Datos	Sin Datos	VI
24.01 Rambla El Estrecho	1°43'52,83"O	37°42'37,37"N	SM	NE 1,9 km	Sin Datos	Sin Datos	VII
25.01 Rambla La Salud	1°37'1,16"O	37°43'35,99"N	SM	E 6,1 km	Sin Datos	Sin Datos	VI
26.01 Rambla La Serrata SM1*	1°42'5,52"O	37°43'8,10"N	SM	NE 1,6 km	Sin Datos	Sin Datos	VII

26.02 Rambla La Serrata SM2	1°42'8,07"O	37°43'19,75"N	SM	ENE 1,5 km	Sin Datos	Sin Datos	**VII**
27.01 Tajo-Segura, Canal*	1°39'59,69"O	37°41'38,34"N	SM	NO 4,1 km	VI	Sin Datos	**VI**
28.01 Túnel Lorca, Calle Pilones*	1°42'34,35"O	37°40'22,23"N	SM	NNO 6,3 km	VII	Sin Datos	**VII**

(*) Fichas Representativas de los diferentes sectores o procesos incluidas en la primera edición del Catálogo.

Información macrosísmica complementaria

Localidad/Sitio	Longitud	Latitud	Efecto	Localización Epicentro	EMS-98	MSK-64	ESI-07
Altritar (Lorca, Vega Alta)	1°43'10,60"O	37°40'56,67"N	EMS	NNE 5,7 km	VII	Sin Datos	**VII**
Churra (Lorca Norte)	1°41'31,42"O	37°40'49,68"N	EMS	N 5,1 km	VII	Sin Datos	**VII (Zona)**
Lorca Ciudad	1°42'5,09"O	37°40'26,55"N	EMS	NNE 6,0 km	VII	Sin Datos	**VII**
Los Ángeles (Lorca Norte)	1°41'38,58"O	37°41'1,56"N	EMS	NNE 4,8 km	VII	Sin Datos	**VIII (Puntual)**
Molino de La Sierra (Lorca Este)	1°39'0,09"O	37°40'50,21"N	EMS	NO 6,1 km	VII	Sin Datos	**Sin datos**
San Cristóbal (Lorca Norte)	1°41'54,07"O	37°40'57,23"N	EMS	NNE 5,1 km	VII	Sin Datos	**VII (Zona)**
Santa Quiteria (Lorca Este)	1°41'23,56"O	37°40'16,76"N	EMS	NNE 6,1 km	VII	Sin Datos	**VII (Zona)**
Sutullena (Lorca Este)	1°41'44,92"O	37°40'17,94"N	EMS	NNE 6,2 km	VII	Sin Datos	**VII (Zona)**
Virgen de Las Huertas (Lorca Este)	1°41'12,84"O	37°40'3,21"N	EMS	N 6,5 km	VII	Sin Datos	**VII (Zona)**
Campillo (Lorca, Huerta)	1°41'52,74"O	37°39'15,62"N	EMS	NNE 8,1 km	VI	Sin Datos	**VI (Zona)**
Carraclaca	1°39'49,36"O	37°41'29,50"N	EMS	NE 4,4 km	VI	Sin Datos	**VI (Zona)**
El Río (Lorca, Vega Alta)	1°46'12,69"O	37°42'25,55"N	EMS	ENE 7,7 km	VI	Sin Datos	**VI (Zona)**
La Hoya	1°35'57,17"O	37°42'31,20"N	EMS	ONO 7,9 km	VI	Sin Datos	**VI (Zona)**
Marchena (Lorca, Vega)	1°37'10,65"O	37°40'27,74"N	EMS	NO 8,2 km	VI	Sin Datos	**VI (Zona)**
Pulgara (Lorca, Huerta)	1°39'16,84"O	37°39'0,98"N	EMS	NNO 8,9 km	VI	Sin Datos	**VI (Zona)**
San Antonio (Lorca Sur)	1°42'36,46"O	37°39'29,92"N	EMS	NNE 7,8 km	VI	Sin Datos	**VI (Zona)**
Torrecilla (Lorca, Las Estancias)	1°46'46,82"O	37°37'40,07"N	EMS	NE 13,7 km	VI	Sin Datos	**VI (Zona)**
Villaespesa (Lorca, Vega)	1°38'31,09"O	37°40'36,23"N	EMS	NO 6,8 km	VI	Sin Datos	**VI (Zona)**
Aledo	1°34'30,28"O	37°47'47,10"N	EMS	SO 12,6 km	V	Sin Datos	**Sin datos**
Alhama de Murcia	1°25'30,01"O	37°51'1,77"N	EMS	SO 27 km	V	Sin Datos	**Sin datos**
Almendricos	1°46'30,87"O	37°28'16,76"N	EMS	NNE 29, 4 km	V	Sin Datos	**Sin datos**
Alporchones	1°35'6,53"O	37°39'4,08"N	EMS	NO 12,2 km	V	Sin Datos	**Sin datos**
Apiche (Lorca Sur)	1°42'55,84"O	37°38'38,38"N	EMS	NNE 9,5 km	V	Sin Datos	**Sin datos**
Bullas	1°40'18,40"O	38°2'37,07"N	EMS	S 35,2 km	V	Sin Datos	**Sin datos**
Cazalla (Lorca, Huerta)	1°38'45,78"O	37°37'25,48"N	EMS	NE 11,8 km	V	Sin Datos	**V (Zona)**
Cehegín	1°47'45,39"O	38°5'19,64"N	EMS	NNO 41,4 km	V	Sin Datos	**Sin datos**
Cementerio (Lorca Sur)	1°43'36,60"O	37°38'44,61"N	EMS	NNE 9,7 km	V	Sin Datos	**VI (Zona)**
La Charca (Totana)	1°31'36,31"O	37°47'31,15"N	EMS	SO 15,8 km	V	Sin Datos	**V (Zona)**
La Fuensanta	1°53'41,76"O	37°43'41,04"N	EMS	E 18,4 km	V	Sin Datos	**Sin datos**

La Paca	1°50'10,90"O	37°52'23,45"N	EMS	SE 20, 9 km	V	Sin Datos	**Sin datos**
Morata	1°29'20,51"O	37°35'20,22"N	EMS	NE 23,1 km	V	Sin Datos	**Sin datos**
Mula	1°29'32,31"O	38° 2'20,97"N	EMS	SSO 38,6 km	V	Sin Datos	**Sin datos**
Puerto Lumbreras	1°48'35,44"O	37°33'44,37"N	EMS	NNE 21, 3 km	V	Sin Datos	**Sin datos**
Purias	1°38'30,06"O	37°34'26,83"N	EMS	NNO 17,4 km	V	Sin Datos	**Sin datos**
Totana	1°30'6,60"O	37°46'14,63"N	EMS	OSO 16,9 km	V	Sin Datos	**Sin datos**
Vélez Rubio (Almería)	2°4'43,56"O	37°38'58,13"N	EMS	NE 36,0 km	V	Sin Datos	**Sin datos**
Zarzilla de Ramos	1°52'30,35"O	37°50'45,39"N	EMS	SE 21,3 km	V	Sin Datos	**Sin datos**
Águilas	1°34'50,36"O	37°24'13,79"N	EMS	NO 37,0 km	IV	Sin Datos	**Sin datos**
Alcantarilla	1°13'7,19"O	37°58'15,06"N	EMS	SO 49,8 km	IV	Sin Datos	**Sin datos**
Archena	1°17'44,28"O	38°6'51,12"N	EMS	SSO 55 km	IV	Sin Datos	**Sin datos**
Cartagena	0°59'20,52"O	37°36'12,32"N	EMS	O 63 km	IV	Sin Datos	**Sin datos**
Corbera	1°9'33,30"O	37°49'49,90"N	EMS	OSO 47,8 km	IV	Sin Datos	**Sin datos**
Escucha	1°43'19,31"O	37°29'58,88"N	EMS	NNE 25,3 km	IV	Sin Datos	**Sin datos**
Huércal-Overa (Almería)	1°56'32,87"O	37°23'29,29"N	EMS	NNE 43,5 km	IV	Sin Datos	**Sin datos**
Mazarrón	1°18'43,47"O	37°35'49,96"N	EMS	ONO 36,2 km	IV	Sin Datos	**Sin datos**
Molina de Segura	1°12'38,37"O	38°3'0,90"N	EMS	SO 55,1 km	IV	Sin Datos	**Sin datos**
Murcia	1°7'54,28"O	37°59'1,06"N	EMS	SO 56,5 km	IV	Sin Datos	**Sin datos**
Sangonera La Verde	1°12'25,20"O	37°55'43,07"N	EMS	SO 48,0 km	IV	Sin Datos	**Sin datos**
Vera (Almería)	1°52'0,49"O	37°14'45,12"N	EMS	NNE 55,7 km	IV	Sin Datos	**Sin datos**

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.01.01 *01.01. Altritar, Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS 20110511 LORCA. MU	EFECTO	OTROS EFECTOS: OT/7

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Altritar	1°43'10,04"O	37°40'57,32"N	342 m	15 ha	5,7 km	NNO	VII EMS / 5,2 Mw

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Terraza fluvial	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	Terraza fluvial (+2-3 m) de la margen izquierda del río Guadalentín aguas arriba de Lorca. Aproximadamente a unos 2 km de Lorca. Dataciones de C^{14} del sistema de terrazas del Guadalentín indican que este nivel de terraza es post-Medieval, posterior a 1.300 – 1.450 AD (Silva *et al.*, 2008).		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Margas y Limos	Arenas y gravas	Estratificado	Sin consolidar	IV
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Holoceno (Post-Medieval)	>1280-1457 Cal AD C^{14}	0,19	0,36

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería, Ladrillo	Casas	Muchas (50%)	Destructivo	VII EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGITACIÓN DE LA VEGETACIÓN OT/6

Descripción: Caída múltiple de ramajes y frutos de los árboles frutales de la zona, en su mayoría naranjos. Este efecto se cataloga como representativo de la sacudida del terreno que afectó a la zona de caseríos de Altritar en la margen izquierda del río Guadalentín aguas arriba de Lorca.

Interpretación: Sacudida vigorosa de los árboles frutales de la zona provocando la caída múltiple de ramaje de pequeño calibre y fundamentalmente naranjas (Silva *et al.*, 2013). Como se observa en la foto adjunta la mayor parte de las frutas caídas, lo hicieron de la parte superior de los árboles. La parte inferior de los mismos, hasta c. 1 m de altura conserva la mayoría de sus frutos.

Cuantificación: Este efecto se considera en la escala ESI-07 a partir de intensidad VI. La propia estructura redondeada de los árboles afectados (naranjos) impidió la caída de alguna de sus copas, que indicaría intensidad VII ESI-07. Aquí se cataloga como intensidad VII acorde a los daños en las casas bajas afectadas en la zona de Altritar (c. 0,15 km²) que sufrieron importantes agrietamientos y derrumbes parciales indicando intensidad VII EMS (Martínez Solares *et al.*, 2011).



Imagen de uno de los naranjos en la zona de Altritar.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	I	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:

Martínez Solares, J.M., Cantavella Nadal, J.V., Cabañas Rodríguez, L., Valero Zornosa, J.F. (2012): El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Física de la Tierra, 24. 17-40.

Silva, P.G., Bardají, T. Calmel-Avila, M., Goy, J.L., Zazo, C. (2008): Transition from alluvial to fluvial systems in the Guadalentín Depression (SE Spain) during the Holocene: Lorca Fan versus Guadalentín River. Geomorphology, 100, 140–153

Silva, P.G., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Giner, J.L., Huerta, P., Bardají, T., Martín-González F. (2013): Earthquake Environmental Effects (EEEs) triggered by the 2011 Lorca earthquake (Mw 5.2, Betic Cordillera, SE Spain): Application of the ESI-07 Macroseismic Scale. En: Seismic Hazard, Critical Facilities and Slow Active Faults (C. Grützner *et al.*, Eds). INQUA Proceedings, 4. 237-240.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva y Beatriz Gómez Díaz Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.02.01 *02.01. Bco. El Dorado, Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8 

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
01 / Bco. El Dorado	1°41'54,36"O	37°44'9,88"N	443 m	0,65 km²	1,4 km	SSE	VII EMS / 5,2 Mw

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Cárcavas	Pendiente del terreno	Escarpada (50-70%)

Descripción Geológica	La zona del Barranco de El Dorado se sitúa en centro de Cuenca Neógena de Lorca a espaldas del relieve en cuesta de La Serrata. La zona afectada constituye un pequeño sistema de cárcavas embrionario con valles muy estrechos (< 6m), de paredes subverticales de 4 a 9 m de altura, labradas sobre materiales margosos y arenosos subhorizontales poco consolidadas del Plioceno Inferior. Este pequeño sistema de cárcavas de dirección predominante N-S conforma una pequeña cuenca de aproximadamente 6,5 ha.

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Margas y arenas	Margas y arenas	Masivo	Semi-consolidado	III (1,6)

Edad sustrato (MAGNA)	Edad materiales (MAGNA)	Edad Numérica	PGA 475 IGN 2012 (g)	PGA Local (g)
Plioceno	Plioceno	Sin datos	0,19	0,36

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	Sin datos

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA SM/8

Descripción: Sistema de cárcavas de dirección preferente N-S a NNO–SSE que desemboca en un pequeño barranco E-O que se dirige hacia la rambla del Estrecho, junto al monte El Dorado. Se sitúa en las proximidades del km 2,5 de la carretera C-9 (Lorca - Zarzilla de Totana). El sistema de cárcavas desarrolla valles muy estrechos (< 6m) y de hasta 9 metros de altura con paredes muy verticales sobre las margas y arenas pliocenas. El sistema de cárcavas se encuentra completamente desplomado, especialmente hacia sus zonas de cabecera donde los materiales son más margo-arenosos. Se observan múltiples desplomes y desprendimientos a ambos márgenes de los barrancos que han quedado desdibujados, parcialmente rellenos y obturados por los materiales desprendidos. El análisis de campo solo permitió inspeccionar los primeros 40 metros de las cárcavas debido a la peligrosidad que presentaban los taludes.

Interpretación: Desprendimientos y desplomes de paredes verticales de cárcavas en materiales margo-arenosos semi-consolidados. Afectan a ambas paredes de los barrancos (E y O) en toda su extensión vertical (9 m) abarcando los 3-4 m de anchura y longitudes individuales mayores a los 7-10 m. En ocasiones se encuentran encadenados superando los 30 m de longitud. Zona y materiales muy susceptibles a este tipo de procesos de ladera, pero se multiplicaron como consecuencia del terremoto, cuyo epicentro se sitúa a tan solo 1,4 km de distancia (Silva *et al.*, 2013). Según los distintos modelos teóricos de aceleración del terreno elaborados por Benito *et al.* (2012) la PGA media en esta zona epicentral se situó entre los 0,28 y 0,32 g, aunque ciertamente la PGA max en su componente N-S debió de superar los 0,36 g registrados en Lorca, valores de aceleración que se encuentran en la zona inferior de intensidad VIII en las escalas macrosísmicas tradicionales (MSK, MM).

Cuantificación: Desprendimientos individuales de entre 100 y 250 m³, pero en zonas donde se encuentran encadenados superan ampliamente los 1.000 m³. El área afectada se encuentra en torno a 6 ha y el volumen total movilizado en el sistema de cárcavas que se cataloga alcanza ampliamente los 5.000 m³. De acuerdo a estos datos esta zona epicentral alcanzó la intensidad VIII ESI-07, superior a los VII EMS asignados a las localidades más cercanas (3-4 km) al epicentro como Lorca y Altritar (Martínez Solares *et al.*, 2012).



Barranco El Dorado. Fuente: Imagen Google Earth



Desplomes múltiples en el Barranco El Dorado

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	I	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:

Benito, B., Rivas, A., Gaspar-Escribano, J.M., Murphy, P. (2012): El terremoto de Lorca (2011) en el contexto de la peligrosidad y el riesgo sísmico en Murcia. Física de la Tierra, 24. 255-287.

Martínez Solares, J.M., Cantavella Nadal, J.V., Cabañas Rodríguez, L., Valero Zomosa, J.F. (2012): El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Física de la Tierra, 24. 17-40.

Silva, P.G., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Giner, J.L. Huerta, P., Bardají, T., Martín-González F. (2013): Earthquake Environmental Effects (EEEs) triggered by the 2011 Lorca earthquake (Mw 5.2, Betic Cordillera, SE Spain): Application of the ESI-07 Macroseismic Scale. En: Seismic Hazard, Critical Facilities and Slow Active Faults (C. Grützner *et al.*, Eds). INQUA Proceedings, 4. 237-240.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva y Beatriz Gómez Díaz Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.03.01 *03.01. Barranco Hondo, Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/8 

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
03 / Barranco Hondo	1°40'47,57"O	37°44'1,78"N	471 m	4,8 km²	0,96 km	SSO	VII EMS / 5,2 Mw

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera. Barranco	Pendiente del terreno	Cantil (>70%)

Descripción Geológica
La zona de Barranco Hondo se encuentra en el centro de la cuenca neógena de Lorca. Se trata de un barranco de dirección general NNE-SSO que se desarrolla al pie de los sistemas de cuestas de La Serrata. Es un barranco con morfología en "U", de tipo cañón, con paredes muy verticales y afectadas por numerosos procesos de deslizamientos y caídas de rocas en materiales margosos y limosos variablemente meteorizados. La zona es muy susceptible al tipo de procesos aquí catalogados (Alfaro *et al.*, 2012a).

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Margas, limos y Areniscas	Margas	Masivo	Semi-consolidado	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Mioceno	Sin datos	0,19	0,36

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	Sin datos

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA SM/8

Descripción: Caídas de rocas, desprendimientos y desplomes de materiales no consolidados (generalmente margosos o arcillosos) en las paredes subverticales de ramblas, zonas de badlands y cabeceras de antiguos deslizamientos. Aquí se cataloga este caso como representativo de los múltiples procesos de ladera que se produjeron en el Barranco Hondo (c. 50), entre 4 y 8 km al N de Lorca. No obstante, se han catalogado otros 10 casos más a lo largo de este barranco de los que no se dispone de ficha EEE en esta primera edición. Esta zona fue inspeccionada tras el terremoto por Alfaro *et al.* (2102). Tal y como indican estos autores, en muchos casos depósitos de terrazas fluviales o depósitos aluviales localizados en esas zonas también fueron movilizados generando pequeñas avalanchas de derrubios. El que aquí se cataloga como representativo de la zona central del barranco está a menos de 1 km de distancia epicentral, donde los procesos de ladera se encadenaron sobre una distancia de c. 500 m a lo largo de su margen izquierda. Fundamentalmente afectaron a cantiles verticales de más de 10 m de altura, así como a las cabeceras de deslizamientos mayores previos, muy comunes en este sector. Esta categoría movilizó volúmenes inferiores a los 50 m³ pero, en algún caso el encadenamiento de los mismos alcanzó volúmenes cercanos a los 500 m³ (Silva *et al.*, 2013).

Interpretación: La verticalidad del contexto geomorfológico donde se originan este tipo de procesos favorece los desprendimientos de rocas, así como los desplomes y derrumbes de las zonas situadas en la mitad superior de las laderas. Estos últimos procesos se produjeron especialmente a favor de importantes grietas verticales, ya fueran preexistentes (en su mayoría) o provocadas por el mismo proceso sísmico, dato este difícil de evaluar. Este barranco, y sus tributarios (Bcos. de La Serrata, Cuesta Colorada y Hondo Final), registran unos 50 casos, lo que suponía una anomalía importante respecto a las primeras localizaciones del epicentro (Alfaro *et al.*, 2012). Tras la relocalización del epicentro (López Comino *et al.*, 2012), está claro que precisamente este lugar se encuentra en la zona epicentral, no solo del evento principal, sino también del premonitor y las réplicas más importantes (Silva *et al.*, 2013), provocando una alta frecuencia de los procesos catalogados.

Cuantificación: El volumen total de material removilizado en Bco. Hondo y sus tributarios en un área de unos 5 km², se puede estimar entorno a los 2.5000 m³, unos 1.500 m³, solo en Bco. Hondo. Aunque las primeras estimaciones asignaban una intensidad VII ESI-07 al conjunto de la zona (Silva *et al.*, 2013), la revisión efectuada para este catálogo permite asignar una intensidad VIII para el conjunto de la zona. Este valor de intensidad sería acorde con aceleraciones del terreno en esta zona epicentral superiores a los 0,36 g registrados en Lorca, a unos 5 km de distancia, y a la alta frecuencia de este tipo de procesos, así como a las dimensiones de algunos de ellos, superior a los VII EMS registradas en localidades situadas 4-5 km al Sur (Martínez Solares *et al.*, 2011).



Procesos de Ladera en la margen izquierda de Bco. Hondo en la zona epicentral del terremoto



Desprendimientos, derrumbes y colapsos de paredes verticales en Bco. Hondo

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	I	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:

Alfaro, P., Delgado, J., García-Tortosa, F.J., Lenti, L., López, J.A., López-Casado, C., Martino. S. (2012a): Widespread landslides induced by the Mw 5.1 earthquake of 11 May 2011 in Lorca, SE Spain. Engineering Geology 137-138, 40–52.
Martínez Solares, J.M., Cantavella Nadal, J.V., Cabañas Rodríguez, L., Valero Zomosa, J.F. (2012): El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Física de la Tierra, 24. 17-40.
Silva, P.G., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Giner, J.L., Huerta, P., Bardají, T., Martín-González F. (2013): Earthquake Environmental Effects (EEEs) triggered by the 2011 Lorca earthquake (Mw 5.2, Betic Cordillera, SE Spain): Application of the ESI-07 Macroseismic Scale. INQUA Proceedings, 4. 237-240.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva y Beatriz Gómez Díaz, Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.04.01 *04.01. Barranco Pozuelo (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7 

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
04 / Barranco Pozuelo	1°39'25,12"O	37°44'30,85"N	471 m	0,009 km²	3,5 km	SO	VII EMS / 5,2 Mw

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Relieve en cuesta.	Pendiente del terreno	Muy fuerte (30-50%)
Descripción Geológica	La zona corresponde a un tributario de la parte final de Barranco Hondo, que se encaja en los relieves en cuesta sobre calcarenitas miocenas de la vertiente NO de la Sierra de la Tercia. El Barranco Pozuelo sigue una orientación general E-O y su vertiente septentrional sigue el lateral del mencionado relieve en cuesta originando un desnivel de casi 90 m que culmina en un cantil sobre las calcarenitas miocenas donde se registra el efecto.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Calcarenitas	Calcarenitas	Estratificado; Meteorizado	Consolidado	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Mioceno	Sin datos	0,19	0,36

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	Sin datos

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA SM/7

Descripción: Desprendimientos y caídas de rocas en la vertiente meridional del relieve en cuesta del Barranco del Pozuelo. Aunque en este lugar tan solo se registran tres desprendimientos poco significativos, aquí se cataloga como representativo de la zona final de cabecera de Barranco Hondo, ya que es el efecto más septentrional que se registra dentro de su cuenca de drenaje. No obstante, en el barranco situado inmediatamente al Sur se registran hasta siete procesos similares (Alfaro *et al.*, 2012), si bien parte de ellos se producen en filitas, pizarras y cuarcitas Permo-Triásicas, y no sobre las calcarenitas miocenas. Los materiales desprendidos desde las zonas de cantil, descendieron con recorridos que no superan los 200 m, favorecidos por la elevada pendiente de estas vertientes c. 40%.

Interpretación: Este conjunto de barrancos tributarios de la zona de cabecera de Barranco Hondo poseen una orientación general E-O. Los procesos de ladera se verificaron fundamentalmente a lo largo de sus vertientes septentrionales orientadas hacia el Sur (hacia la zona epicentral). En estos casos, los desprendimientos no llegaron a superar los 50 m³ por evento.

Cuantificación: El volumen estimado para el conjunto de desprendimientos en estos tributarios de cabecera de Barranco Hondo supera ampliamente los 100 m³, lo que indicaría una intensidad VII en la escala ESI-07.



Barranco Pozuelo
Fuente: Imagen Google Earth

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	I	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:

Alfaro, P., Delgado, J., García-Tortosa, F.J., Lenti, L., López, J.A., López-Casado, C., Martino. S. (2012a): Widespread landslides induced by the Mw 5.1 earthquake of 11 May 2011 in Lorca, SE Spain. Engineering Geology 137-138, 40–52.

Martínez Solares, J.M., Cantavella Nadal, J.V., Cabañas Rodríguez, L., Valero Zomosa, J.F. (2012): El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Física de la Tierra, 24. 17-40.

Silva, P.G., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Giner, J.L. Huerta, P., Bardají, T., Martín-González F. (2013): Earthquake Environmental Effects (EEEs) triggered by the 2011 Lorca earthquake (Mw 5.2, Betic Cordillera, SE Spain): Application of the ESI-07 Macroseismic Scale. INQUA Proceedings, 4. 237-240.

Información Recopilada: *Pablo G. Silva y Beatriz Gómez Díaz, Departamento de Geología (USAL).*

Ficha Publicada: *Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España* — Número (Vol.): 2 — Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.05.01 *05.01. Campico Blanco, Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU		EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/6 	
Código / Localidad	**Longitud**	**Latitud**	**Altitud**	**Área localidad**	**Distancia epicentral**	**Orientación epicentro**	**Datos Macrosísmicos IGN** INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
05 / Campico Blanco	1°47'52,23"O	37°41'21,28"N	639 m	0,017 Km²	10,7 km	NE	**VII EMS / 5,2 Mw**

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Relieve en Cuesta	**Pendiente del terreno**	Muy fuerte (30-50%)
Descripción Geológica	En la zona de Campico Blanco situada a unos 2 km al Oeste de la Rambla de los 7 Arcos, continúan los relieves en cuesta (buzando hacia el NNE) sobre calcarenitas que caracterizan el borde Sur de la antigua cuenca Neógena de Lorca. En esta zona, las crestas de los relieves en cuesta se desarrollan sobre flexuras anticlinales en las calcarenitas y las margas y yesos miocenos infrayacentes, desarrollando monteras, a veces individualizadas, sobre la vertiente meridional de las cuestas, como la que aquí se cataloga.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	**Litología materiales afectados**	**Estructura interna**	**Grado Consolidación**	**Terreno NCSE02 (C)**
Sedimentario; Calcarenitas	Calcarenitas	Estratificado; Meteorizado	Consolidado	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Mioceno	Sin datos	0,19	0,36

DAÑOS

Tipo de Construcción	**Tipo de Estructura**	**Cantidad**	**Nivel de daño**	**INT. LOCAL EMS/ MSK**
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	Sin datos

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	**Efecto Secundario**	**Tipo de Efecto ESI-07**	**MOVIMIENTOS DE LADERA SM/6**

Descripción: Relieve en cuesta desarrollado sobre una flexura anticlinal que buza fuertemente al NNE, pero que en su zona de cresta se presenta subhorizontal formando una montera estructural que deja restos rocosos aislados ligueramente buzando hacia el SSO, que conforman pequeños relieves estructurales tabulares de tipo "cerro testigo". Los cantiles de estas pequeñas monteras anticlinales presentan numerosos procesos de desprendimientos y caídas de rocas, con muchas de ellas situadas en la parte superior de la ladera. Los bloques son rectangulares de hasta 6 x 3 m formando grandes bloques tabulares de hasta aproximadamente 30 m³ en posición inestable. Algunos de estos bloques desprendidos cayeron ladera abajo canalizándose por los barrancos de la zona con recorridos no superiores a los 200 m. Se trata del proceso de ladera más occidental registrado en el conjunto de relieves en cuesta del borde Sur de la Cuenca Neógena de Lorca, a unos 9 km de la ciudad y a unos 2 km de la Rambla de Los 7 Arcos, donde se registraron procesos de desprendimientos muy importantes (IGME, 2011; Alfaro *et al*., 2012).

Interpretación: Los desprendimientos de estas grandes rocas suponen un proceso de removilización de bloques previamente desprendidos a favor de fuertes pendientes (> 30 %) y canalizados por el sistema de barrancos. Tanto los bloques como las monteras estructurales de las que proceden, se sitúan en posición inestable dentro la parte superior de las laderas ya que se encuentran individualizados de los afloramientos de calcarenitas de los que proceden, y una sacudida sísmica puede fácilmente provocar su movilización.

Cuantificación: El desprendimiento se corresponde con una intensidad VI en la escala ESI-07, acorde con la intensidad de VI EMS asignada a la población más cercana, El Río (3 km) y a su equidistancia (c. 9 km) entre puntos de intensidad VII (Lorca) situada al Este y puntos de intensidad V (La Fuensanta) situada al Oeste (Martínez Solares *et al*., 2012).



Campico Blanco.
Fuente: Imagen Google Earth

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	**VI**	**Calidad de los datos (Qg)**	**I**	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:

Alfaro, P., Delgado, J., García-Tortosa, F.J., Lenti, L., López, J.A., López-Casado, C., Martino. S. (2012a): Widespread landslides induced by the Mw 5.1 earthquake of 11 May 2011 in Lorca, SE Spain. Engineering Geology 137-138, 40–52.
IGME (2011): Informe geológico preliminar del Terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011 Mw 5,1. IGME, Madrid (Spain). 47 pp.
Martínez Solares, J.M., Cantavella Nadal, J.V., Cabañas Rodríguez, L., Valero Zomosa, J.F. (2012): El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Física de la Tierra, 24. 17-40.
Silva, P.G., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Giner, J.L.; Huerta, P., Bardají, T., Martín-González F. (2013): Earthquake Environmental Effects (EEEs) triggered by the 2011 Lorca earthquake (Mw 5.2, Betic Cordillera, SE Spain): Application of the ESI-07 Macroseismic Scale. INQUA Proceedings, 4. 237-240.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva y Beatriz Gómez Díaz, Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

SITIO	INS 20110511.06.01 *06.01. Carraclaca, Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS 20110511 LORCA. MU		EFECTO	ANOMALÍA HIDROLÓGICA: HA/6
Código / Localidad	**Longitud**	**Latitud**	**Altitud**	**Área localidad**	**Distancia epicentral**	**Orientación epicentro**	**Datos Macrosísmicos IGN** INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
06 / Carraclaca	1°39'12,73"O	37°42'15,08"N	363	0 km²	3,8 km	NO	**VII EMS / 5,2 Mw**

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Abanico aluvial	**Pendiente del terreno**	Moderada (10-15%)
Descripción Geológica	Antiguas termas de Carraclaca situadas sobre un pequeño abanico aluvial localizado en el frente montañoso de la Sierra de la Tercia. Los manantiales termales en la zona (Carraclaca, El Roser, Alhama de Murcia) se relacionan con la Falla de Lorca-Alhama de Murcia y en concreto el que aquí se cataloga con la rama norte de la misma en su segmento central (Lorca-Totana) de dirección N65ºE.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	**Litología materiales afectados**	**Estructura interna**	**Grado Consolidación**	**Terreno NCSE02 (C)**
Sedimentario; Margas y yesos	Conglomerados	Masiva; Fracturado	Consolidado	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Pleistoceno Medio	Sin datos	0,19	< 0,36

DAÑOS

Tipo de Construcción	**Tipo de Estructura**	**Cantidad**	**Nivel de daño**	**INT. LOCAL EMS/ MSK**
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	VI EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	**Efecto Secundario**	**Tipo de Efecto ESI-07**	**ANOMALÍA HIDROLÓGICA HA/6**

Descripción: El balneario de Carraclaca, de origen romano, se encuentra abandonado desde 1960 y su zona de nacimiento se encuentra actualmente tapiada, pero todavía quedan pozos en la zona de similares características. Sus aguas se encuentran clasificadas como cloruradas sódicas y fluoradas y fluyen a 20ºC de temperatura. Durante la campaña de campo posterior al terremoto (IGME, 2011) se estaba tomando la temperatura en uno de los pozos existentes en la zona, coincidiendo con una de las réplicas importantes (III EMS); se experimentó un aumento temporal en la temperatura de sus aguas de 0,4ºC que duró pocos minutos. Las construcciones del antiguo balneario se encuentran en estado de ruina con numerosos agrietamientos y derrumbes parciales; la inspección de campo identificó algunos derrumbes aparentemente más recientes que pudieron ser ocasionados durante el terremoto.

Interpretación: El aumento temporal de la temperatura en fuentes termales es uno de los efectos ambientales más comunes de los terremotos y la escala ESI-07 lo considera a partir de intensidad VIII. No obstante, este aumento de temperatura fue muy pequeño, detectado por coincidencia y que pasaría totalmente inadvertido de no tomarse la temperatura al instante. Se interpreta que si una de las réplicas originó ese ligerísimo aumento de temperatura, casi instantáneo, el terremoto principal ocasionaría un aumento superior y de más duración en estos manantiales. Dado que se encuentran abandonados es imposible de constatar.

Cuantificación: Aunque la escala ESI-07 considera estos efectos a partir de intensidad VIII, aquí se cataloga como de intensidad VII en coherencia con otros efectos secundarios del terremoto (Movimientos de Ladera) en esta zona Sur de La Sierra de La Tercia. No obstante, los datos EMS de la zona urbana más cercana (Barrio de Carraclaca) a unos 1,5 km de distancia en el relleno aluvial de la Depresión del Guadalentín indican intensidad VI (Martínez Solares *et al.*, 2012). En cualquier caso la zona de intensidad VII ESI-07 en este sector de la Sierra de La Tercia queda limitada a su frente montañoso, y fuertemente condicionada por el trazado de la falla en su bloque levantado. Así, la zona de piedemonte en la Depresión del Guadalentín, en el bloque hundido de la falla, solo registra intensidad VI (Silva *et al.*, 2013).



Balneario de Carraclaca (Lorca). Imágenes Google



Ruinas de los antiguos baños de Carraclaca. http://falsaciudad.blogspot.com.es/

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	**VI**	**Calidad de los datos (Qg)**	**I**	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:

IGME (2011): Informe geológico preliminar del Terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011 Mw 5,1. IGME, Madrid (Spain). 47 pp.
Martínez Solares, J.M., Cantavella Nadal, J.V., Cabañas Rodríguez, L., Valero Zomosa, J.F. (2012): El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Física de la Tierra, 24. 17-40.
Silva, P.G., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Giner, J.L., Huerta, P., Bardají, T., Martín-González F. (2013): Earthquake Environmental Effects (EEEs) triggered by the 2011 Lorca earthquake (Mw 5.2, Betic Cordillera, SE Spain): Application of the ESI-07 Macroseismic Scale. INQUA Proceedings, 4. 237-240.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva y Beatriz Gómez Díaz, Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.07.01 *07.01. Cejo Consejero, Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU		EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7 	
Código / Localidad	**Longitud**	**Latitud**	**Altitud**	**Área localidad**	**Distancia epicentral**	**Orientación epicentro**	**Datos Macrosísmicos IGN** INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
07 / Cejo Consejero	1°46'28,18"O	37°40'26,28"N	593 m	0.0024 km²	9,7 km	NE	**VII EMS / 5,2 Mw**

GEOLOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Relieve en cuesta	**Pendiente del terreno**	Escarpada (50-70%)
Descripción Geológica	Relieves en cuesta sobre calcarenitas miocenas fuertemente buzando hacia el NNE que caracterizan el borde Sur de la antigua cuenca Neógena de Lorca. Los afloramientos de las calcarenitas dan lugar a cantiles muy escarpados en todo el perímetro del relieve en cuesta en los que son comunes los procesos de caídas de rocas. Estos relieves estructurales localmente se conocen como "cejos". El Cejo del Consejero se sitúa a unos 7 Km al Oeste de la ciudad de Lorca.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	**Litología materiales afectados**	**Estructura interna**	**Grado Consolidación**	**Terreno NCSE02 (C)**
Sedimentario; Calcarenitas	Calcarenitas	Estratificada; Meteorizada	Consolidado	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Mioceno	Sin datos	0,19	0,36

DAÑOS

Tipo de Construcción	**Tipo de Estructura**	**Cantidad**	**Nivel de daño**	**INT. LOCAL EMS/ MSK**
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	Sin datos

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	**Efecto Secundario**	**Tipo de Efecto ESI-07**	**MOVIMIENTOS DE LADERA SM/7**

Descripción: Se suceden una serie de desprendimientos y avalanchas de rocas a lo largo del perímetro oriental del Cejo del Consejero, que se sitúa entre el Cejo de Los Enamorados y Rambla 17 Arcos. No obstante, los más importantes (de mayor volumen) se producen en su perímetro occidental hacia la Rambla 17 Arcos, que se catalogan en otra ficha. Aquí se catalogan los cuatro más importantes en este relieve. Los desprendimientos de rocas tuvieron recorridos que no alcanzaron los 80-100 m, dada la menor entidad y relieve de este cejo. De la misma forma, los desprendimientos de rocas en esta zona fueron de volúmenes solo algo superior a los 100 m³ (Alfaro et al., 2012; Silva *et al.*, 2013).

Interpretación: Desprendimientos y avalanchas de rocas fueron procesos comunes en toda la serie de relieves estructurales del borde sur de la Cuenca Neógena de Lorca, incluyendo los diferentes cejos, relieves de Las Viñas y el Cerro del Castillo, donde en total se registraron algo más de 50 casos. Alfaro *et al.* (2012) indican que posibles efectos de amplificación topográfica y la debilidad producida por el premonitor (4,5 Mw) pocas horas antes, seguramente contribuyeron a multiplicar este tipo de fenómenos en las zonas afectadas, fundamentalmente en la parte superior de los cantiles. Los distintos modelos teóricos de aceleraciones (Benito *et al.*, 2012) indican que esta zona del borde Sur de la Cuenca de Lorca sufrió aceleraciones superiores a los 0,16-0,18 g. En el caso del Cejo del Consejero en torno a 0,20 g.

Cuantificación: Las dimensiones de los desprendimientos en esta zona, con volúmenes de hasta 1.000 m³, así como la extensión areal de los mismos para el conjunto de la zona afectada superior a los 100 km² (Alfaro *et al.*, 2013) indican una intensidad VII ESI-07 (Silva *et al.*, 2013). La localidad más cercana con datos EMS es Altritar (VII) que se encuentra a unos 3 km al Este del Cejo, aunque otra localidad en la zona (El Río, a 4 km) registra una intensidad de VI EMS (Martínez Solares *et al.*, 2012). Hacia el Sur, dentro de la Sierra de Las Estancias, la pedanía de La Torrecilla a 5,5 km de distancia también registra intensidad IV EMS. Los datos indican que a lo largo del borde Sur de la Cuenca de Lorca, delimitado por los relieves estructurales, se registró intensidad VII al menos hasta la zona de la Rambla de los 17 Arcos, situada a unos 7,5 km de Lorca y unos 9 km de distancia epicentral (Silva *et al.*, 2013). Los datos de aceleraciones derivadas de modelos teóricos también nos sitúan esta zona en el límite inferior de intensidad VII consideradas por las escalas tradicionales (MMI).



"Cejo Consejero". Fuente: imagen Google Earth.



Desprendimientos vertiente oriental del Cejo Consejero. Foto J.J. Martínez Díaz (UCM)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	**VII**	**Calidad de los datos (Qg)**	**I**	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:

Alfaro, P., Delgado, J., García-Tortosa, F.J., Lenti, L., López, J.A., López-Casado, C., Martino. S. (2012a): Widespread landslides induced by the Mw 5.1 earthquake of 11 May 2011 in Lorca, SE Spain. Engineering Geology 137-138, 40–52.

Benito, B., Rivas, A., Gaspar-Escribano, J. M., Murphy, P. (2012): El terremoto de Lorca (2011) en el contexto de la peligrosidad y el riesgo sísmico en Murcia. Física de la Tierra, 24. 255-287.

Martínez Solares, J.M., Cantavella Nadal, J.V., Cabañas Rodríguez, L., Valero Zomosa, J.F. (2012): El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Física de la Tierra, 24. 17-40.

Silva, P.G., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Giner, J.L., Huerta, P., Bardají, T., Martín-González F. (2013): Earthquake Environmental Effects (EEEs) triggered by the 2011 Lorca earthquake (Mw 5.2, Betic Cordillera, SE Spain): Application of the ESI-07 Macroseismic Scale. INQUA Proceedings, 4. 237-240.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva y Beatriz Gómez Díaz, Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.08.01 *08.01. Cejo de los Enamorados, Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
08 / Cejo de los Enamorados	1°45'5,59"O	37°40'34,50"N	614 m	0,004 km²	8,1 km	NE	VII EMS / 5,2 Mw

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Relieve en cuesta	Pendiente del terreno	Escarpada (50-70%)

Descripción Geológica
Relieves en cuesta sobre calcarenitas miocenas fuertemente buzando hacia el NNE que caracterizan el borde Sur de la antigua cuenca Neógena de Lorca. Los afloramientos de las calcarenitas dan lugar a cantiles muy escarpados en todo el perímetro del relieve en cuesta, en los que son comunes los procesos de caídas de rocas. Estos relieves estructurales localmente se conocen como "cejos". El Cejo de Los Enamorados se sitúa a unos 6 km al Oeste de la ciudad de Lorca.

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Calcarenitas	Calcarenitas	Estratificada; Meteorizada	Consolidado	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Mioceno	Sin datos	0,19	0,36

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	Sin datos

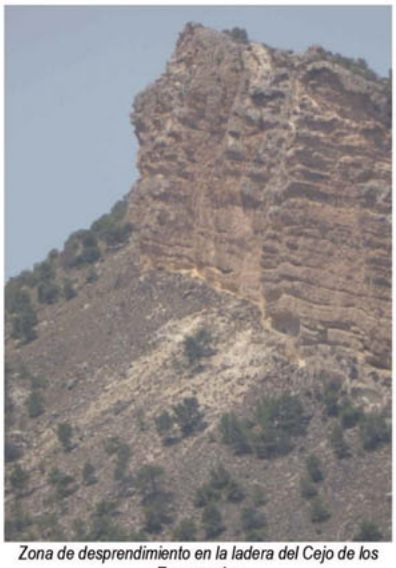
EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA SM/7

Descripción: Se suceden una serie de desprendimientos y avalanchas de rocas en el cantil lateral oriental del Cejo de los Enamorados, en el que se catalogan dos procesos de ladera principales. No obstante al, menos otros tres más afectaron al perímetro del cantil también en su zona occidental. Los desprendimientos de rocas tuvieron recorridos de unos 200 m y afectaron severamente a la vegetación de las zonas inferiores de las laderas provocando impactos y roturas en árboles. Los dos desprendimientos mayores afectaron a un volumen aproximado de 1.000 m³, con bloques desprendidos que superan ampliamente los 100 m³ (Alfaro *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2013).

Interpretación: Desprendimientos y avalanchas de rocas fueron procesos comunes en toda la serie de relieves estructurales del borde sur de la Cuenca Neógena de Lorca, incluyendo los diferentes cejos, relieves de Las Viñas y el Cerro del Castillo donde en total se registraron algo más de 50 casos. Alfaro *et al* (2012) indican que posibles efectos de amplificación topográfica y la debilidad producida por el premonitor (4,5 Mw) pocas horas antes seguramente contribuyeron a multiplicar este tipo de fenómenos en las zonas afectadas, fundamentalmente en la parte superior de los cantiles. Los distintos modelos teóricos de aceleraciones (Benito *et al.*, 2012) indican que esta zona del borde Sur de la Cuenca de Lorca sufrió aceleraciones superiores a los 0,16 - 0,18 g. En el caso del Cejo de Los Enamorados en torno a 0,25 g.

Cuantificación: Las dimensiones de los desprendimientos en esta zona, con volúmenes de hasta 1.000 m³, así como la extensión areal de los mismos para el conjunto de la zona afectada superior a los 100 km² (Alfaro *et al.*, 2013) indican una intensidad VII ESI-07 (Silva *et al.*, 2013). La localidad más cercana con datos EMS es Altritar (VII) que se encuentra a unos 3 km al Este del Cejo, aunque otra localidad en la zona (El Río, a 4 km) registra una intensidad de VI EMS (Martínez Solares *et al.*, 2012). Hacia el Sur, dentro de la Sierra de Las Estancias, la pedanía de La Torrecilla a 5,5 km de distancia también registra intensidad IV EMS. Los datos indican que a lo largo del borde Sur de la Cuenca de Lorca, delimitado por los relieves estructurales, se registró intensidad VII, al menos hasta la zona de la Rambla de los 17 Arcos situada a unos 7,5 km de Lorca y unos 9 km de distancia epicentral (Silva *et al.*, 2013). Los datos de aceleraciones derivadas de modelos teóricos también sitúan esta zona en el límite inferior de intensidad VII considerada por las escalas tradicionales (MMI).



Zona de desprendimiento en la ladera del Cejo de los Enamorados

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	I	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:

Alfaro, P., Delgado, J., García-Tortosa, F.J., Lenti, L., López, J.A., López-Casado, C., Martino. S. (2012a): Widespread landslides induced by the Mw 5.1 earthquake of 11 May 2011 in Lorca, SE Spain. Engineering Geology 137-138, 40–52.

Benito, B., Rivas, A., Gaspar-Escribano, J.M., Murphy, P. (2012): El terremoto de Lorca (2011) en el contexto de la peligrosidad y el riesgo sísmico en Murcia. Física de la Tierra, 24. 255-287.

Martínez Solares, J.M., Cantavella Nadal, J.V., Cabañas Rodríguez, L., Valero Zomosa, J.F. (2012): El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Física de la Tierra, 24. 17-40.

Silva, P.G., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Giner, J.L. Huerta, P., Bardají, T. Martín-González F. (2013): Earthquake Environmental Effects (EEEs) triggered by the 2011 Lorca earthquake (Mw 5,2, Betic Cordillera, SE Spain): Application of the ESI-07 Macroseismic Scale. INQUA Proceedings, 4. 237-240.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva y Beatriz Gómez Díaz, Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.08.02 *08.02. Cejo de los Enamorados, Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
08 / Cejo de los Enamorados	1°45'7,68"O	37°40'32,43"N	677 m	0,004 km²	8,2 km	NE	VII EMS / 5,2 Mw

GEOLOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Relieve en cuesta	Pendiente del terreno	Contexto Geomorfológico

Descripción Geológica
Relieves en cuesta sobre calcarenitas miocenas fuertemente buzando hacia el NNE que caracterizan el borde Sur de la antigua cuenca Neógena de Lorca. Los afloramientos de las calcarenitas dan lugar a cantiles muy escarpados en todo el perímetro del relieve en cuesta, en los que son comunes los procesos de caídas de rocas. Estos relieves estructurales localmente se conocen como "cejos". El Cejo de Los Enamorados se sitúa a unos 6 km al Oeste de la ciudad de Lorca.

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Calcarenitas	Calcarenitas	Estratificada; Meteorizada	Consolidado	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**Edad sustrato (MAGNA)**	**Edad materiales (MAGNA)**
Mioceno	Mioceno	Sin datos	Mioceno	Mioceno

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Tipo de Construcción	Tipo de Estructura
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna

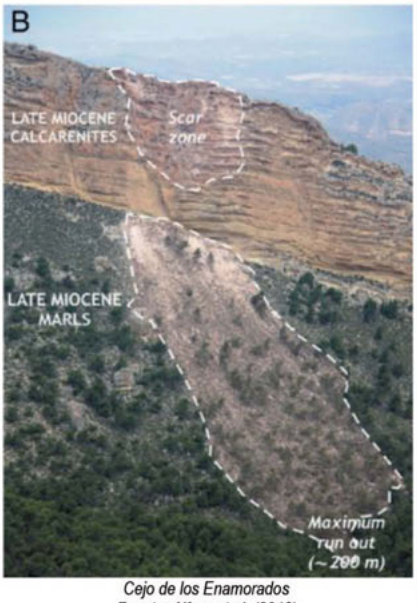
EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA SM/7

Descripción: Se suceden una serie de desprendimientos y avalanchas de rocas en el cantil lateral oriental del Cejo de los Enamorados, en el que se catalogan dos procesos de ladera principales. No obstante, al menos otros tres más afectaron al perímetro del cantil también en su zona occidental. Los desprendimientos de rocas tuvieron recorridos de unos 200 m y afectaron severamente a la vegetación de las zonas inferiores de las laderas provocando impactos y roturas en árboles. Los dos desprendimientos mayores afectaron a un volumen aproximado de 1.000 m³, con bloques desprendidos que superan ampliamente los 100 m³ (Alfaro *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2013).

Interpretación: Desprendimientos y avalanchas de rocas fueron procesos comunes en toda la serie de relieves estructurales del borde sur de la Cuenca Neógena de Lorca, incluyendo los diferentes cejos, relieves de Las Viñas y el Cerro del Castillo donde en total se registraron algo más de 50 casos. Alfaro *et al* (2012) indican que posibles efectos de amplificación topográfica y la debilidad producida por el premonitor (4,5 Mw) pocas horas antes, seguramente contribuyeron a multiplicar este tipo de fenómenos en las zonas afectadas, fundamentalmente en la parte superior de los cantiles. Los distintos modelos teóricos de aceleraciones (Benito *et al.*, 2012) indican que esta zona del borde Sur de la Cuenca de Lorca sufrió aceleraciones superiores a los 0,16-0,18 g. En el caso del Cejo de Los Enamorados en torno a 0,25 g.

Cuantificación: Las dimensiones de los desprendimientos en esta zona, con volúmenes de hasta 1.000 m³, así como la extensión areal de los mismos para el conjunto de la zona afectada superior a los 100 km² (Alfaro *et al.*, 2013) indican una intensidad VII ESI-07 (Silva *et al.*, 2013). La localidad más cercana con datos EMS es Altritar (VII) que se encuentra a unos 3 km al Este del Cejo, aunque otra localidad en la zona (El Río, a 4 km) registra una intensidad de VI EMS (Martínez Solares *et al.*, 2012). Hacia el Sur, dentro de la Sierra de Las Estancias, la pedanía de La Torrecilla a 5,5 km de distancia también registra intensidad IV EMS. Los datos indican que a lo largo del borde Sur de la Cuenca de Lorca, delimitado por los relieves estructurales, se registró intensidad VII al menos hasta la zona de la Rambla de los 17 Arcos, situada a unos 7,5 km de Lorca y unos 9 km de distancia epicentral (Silva *et al.*, 2013). Los datos de aceleraciones derivadas de modelos teóricos también nos sitúan esta zona en el límite inferior de intensidad VII consideradas por las escalas tradicionales (MMI).



Cejo de los Enamorados
Fuente: Alfaro et al. (2012)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	I	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:

Alfaro, P., Delgado, J., García-Tortosa, F.J., Lenti, L., López, J.A., López-Casado, C., Martino. S. (2012a): Widespread landslides induced by the Mw 5.1 earthquake of 11 May 2011 in Lorca, SE Spain. Engineering Geology 137-138, 40–52.
Benito, B., Rivas, A., Gaspar-Escribano, J.M., Murphy, P. (2012): El terremoto de Lorca (2011) en el contexto de la peligrosidad y el riesgo sísmico en Murcia. Física de la Tierra, 24. 255-287.
Martínez Solares, J.M., Cantavella Nadal, J.V., Cabañas Rodríguez, L., Valero Zomosa, J.F. (2012): El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Física de la Tierra, 24. 17-40.
Silva, P.G., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Giner, J.L.; Huerta, P., Bardají, T., Martín-González F. (2013): Earthquake Environmental Effects (EEEs) triggered by the 2011 Lorca earthquake (Mw 5.2), Betic Cordillera, SE Spain): Application of the ESI-07 Macroseismic Scale. INQUA Proceedings, 4. 237-240.

Información Recopilada	*Beatriz Gómez Díaz y Pablo G. Silva, Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.08.06 *08.06. Cejo de los Enamorados, Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU	EFECTO	EFECTOS SOBRE LA VEGETACIÓN: OT/7

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
08 / Cejo de los Enamorados	1°45'7,68"O	37°40'32,43"N	677 m	0,004 km²	8,2 km	NE	VII EMS / 5,2 Mw

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Relieve en cuesta	Pendiente del terreno	Contexto Geomorfológico

Descripción Geológica	Relieves en cuesta sobre calcarenitas miocenas fuertemente buzando hacia el NNE que caracterizan el borde Sur de la antigua cuenca Neógena de Lorca. Los afloramientos de las calcarenitas dan lugar a cantiles muy escarpados en todo el perímetro del relieve en cuesta, en los que son comunes los procesos de caídas de rocas. Estos relieves estructurales localmente se conocen como "cejos". El Cejo de Los Enamorados se sitúa a unos 6 Km al Oeste de la ciudad de Lorca. Aquí se documentan los efectos sobre la vegetación al pie de los mismos, consecuencia de la caída de bloques.

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Calcarenitas	Calcarenitas	Estratificada; Meteorizada	Consolidado	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Mioceno	Sin datos	0,19	0,36

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	Sin datos

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	EFFECTOS SOBRE LA VEGETACIÓN OT/7

Descripción: Se suceden una serie de desprendimientos y avalanchas de rocas en el cantil lateral oriental del Cejo de los Enamorados, en el que se catalogan dos procesos de ladera principales. No obstante, al menos otros tres más afectaron al perímetro del cantil también en su zona occidental. Los desprendimientos de rocas tuvieron recorridos de unos 200 m y afectaron severamente a la vegetación de las zonas inferiores de las laderas provocando impactos y roturas en árboles. Amplias zonas de ladera de hasta 200 m de longitud quedaron bastante arrasadas. En las zonas inferiores se registran numerosos casos de impactos y rotura de árboles. La presente ficha es ilustrativa, ya que los efectos de la vegetación aquí consignados son consecuencia de la caída de bloques por tanto, su cuantificación viene definida por las dimensiones de los desprendimientos (SM) consignados en las fichas INS20110511.08.01 y INS20110511.08.02.

Interpretación: Desprendimientos y avalanchas de rocas fueron procesos comunes en toda la serie de relieves estructurales del borde sur de la Cuenca Neógena de Lorca, incluyendo los diferentes cejos, relieves de Las Viñas y el Cerro del Castillo, donde en total se registraron algo más de 50 casos. En el caso del Cejo de Los Enamorados se registran daños a la vegetación como consecuencia de la caída de bloques.

Cuantificación: Las dimensiones de los desprendimientos en esta zona, con volúmenes de hasta 1.000 m³, así como la extensión areal de los mismos para el conjunto de la zona afectada superior a los 100 km² (Alfaro *et al.*, 2013) indican una intensidad VII ESI-07 (Silva *et al.*, 2013). La localidad más cercana con datos EMS es Altritar (VII) que se encuentra a unos 3 km al Este del Cejo, aunque otra localidad en la zona (El Río, a 4 km) registra una intensidad de VI EMS (Martínez Solares *et al.*, 2012).





Cejo de los Enamorados. Efectos de la caída de bloques sobre la vegetación. Fotos J.J. Martínez Díaz (UCM)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	I	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:

Alfaro, P., Delgado, J., García-Tortosa, F.J., Lenti, L., López, J.A., López-Casado, C., Martino. S. (2012a): Widespread landslides induced by the Mw 5.1 earthquake of 11 May 2011 in Lorca, SE Spain. Engineering Geology 137-138, 40–52.

Benito, B., Rivas, A., Gaspar-Escribano, J.M., Murphy, P. (2012): El terremoto de Lorca (2011) en el contexto de la peligrosidad y el riesgo sísmico en Murcia. Física de la Tierra, 24. 255-287.

Martínez Solares, J.M., Cantavella Nadal, J.V., Cabañas Rodríguez, L., Valero Zomosa, J.F. (2012): El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Física de la Tierra, 24. 17-40.

Silva, P.G., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Giner, J.L.; Huerta, P., Bardají, T., Martín-González F. (2013): Earthquake Environmental Effects (EEEs) triggered by the 2011 Lorca earthquake (Mw 5.2, Betic Cordillera, SE Spain): Application of the ESI-07 Macroseismic Scale. INQUA Proceedings, 4. 237-240.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva y Beatriz Gómez Díaz, Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.09.01 *09.01. Cerro del Castillo, Torre del Espolón. Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS 20110511 LORCA. MU		EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/7

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
09 / Cerro del Castillo	1°42'31,55"O	37°40'38,07"N	451 m	169 m²	5,8 km	NNE	VII EMS / 5,2 Mw

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Cerro tabular (superficie)	Pendiente del terreno	Suave (5-10%)
Descripción Geológica	El Cerro del Castillo representa la terminación oriental de los relieves estructurales que caracterizan el borde Sur de la Cuenca Neógena de Lorca y la separa de la Depresión del Guadalentín, situándose en el bloque levantado de la Falla de Lorca-Alhama de Murcia. La actividad tectónica cuaternaria y la erosión del río Guadalentín conforman esta estribación en forma de un cerro tabular sobre calcarenitas miocenas, que se encuentran variablemente meteorizadas y densamente fracturadas, originándose grandes bloques. Las calcarenitas conforman un escarpe subvertical en casi todo el perímetro del cerro sobre el que se edificó el Castillo Árabe.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Calcarenitas	Calcarenitas	Estratificado; Fracturado	Consolidado	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Mioceno	Sin datos	0,19	0,36

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería	Castillo	Algunas	Grave	VII

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO GK/7

Descripción: Agrietamiento de la Torre del Espolón del Castillo de Lorca situada en su extremo occidental. Se produce un fuerte agrietamiento que ha separado la esquina NO de la torre del resto del cuerpo del edificio. La grieta presenta una dirección N70ºE, afecta al cuerpo de la torre de forma diagonal en toda su extensión con desplazamientos, de 10 cm en su zona inferior a los 30-40 cm en la zona superior (IPCE, 2011). El desplazamiento centimétrico citado desplaza la esquina separada hacia el ENE, es decir, hacia la vertiente norte del cerro. Por otro lado, la esquina NE de la torre, como el conjunto de almenas que adornaban sus cuatro costados, se derrumbaron como consecuencia de la sacudida sísmica. El interior de la torre también registra los desplazamientos generados por el agrietamiento, los cuales han sido preservados tras su restauración. La torre del Espolón se construyó durante el Siglo XI tras la conquista de la ciudad por Alfonso X. La construcción presenta una planta cuadrada de 13 m de lado.

Interpretación: El derrumbe parcial de la esquina NE de la torre, así como el colapso total de la terraza almenada superior, fueron consecuencia directa de la sacudida sísmica. El agrietamiento que aquí se cataloga puede estar relacionado con algún fallo en el sustrato de calcarenitas en la zona del espolón occidental del cerro. No obstante, la inspección de campo realizada tras el terremoto no permitió localizar ninguna propagación visible de la fractura en el terreno, ni en las murallas exteriores, aunque sí pequeños agrietamientos orientados en el solado inmediato a la torre. En cualquier caso, la deformación catalogada se pudo producir como consecuencia de la deriva del muro por esfuerzos cortantes dado la geometría diagonal de la misma.

Cuantificación: Importante agrietamiento con desplazamiento centimétrico que recorre diagonalmente la cara norte de la torre, mostrando mayor apertura hacia su parte superior. Los desplazamientos y derrumbes sufridos corresponden a una intensidad VII EMS. El carácter centimétrico del desplazamiento en las pequeñas grietas del solado inmediato a la torre también indicaría una intensidad VII en la escala ESI-07.



Grieta diagonal en la Torre del Espolón (IPCE, 2011)



Daños en la Torre del Espolón generados por el terremoto www.laverdad.es

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	I	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:	IPCE (2011). Plan Director para la recuperación del patrimonio de Lorca. Instituto Patrimonio Cultural de España, Julio 2011.		
Información Recopilada	*Pablo G. Silva y Beatriz Gómez Díaz, Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.09.02 *09.02. Cerro del Castillo, Lienzo Norte. Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7 

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
09 / Cerro del Castillo	1°42'26,51"O	37°40'39,77"N	454 m	300 m²	5,7 km	NE	VII EMS / 5,2 Mw

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Cerro tabular (escarpe)	Pendiente del terreno	Escarpe (50-70%)
Descripción Geológica	El Cerro del Castillo representa la terminación oriental de los relieves estructurales que caracterizan el borde Sur de la Cuenca Neógena de Lorca y la separa de la Depresión del Guadalentín, situándose en el bloque levantado de la Falla de Lorca-Alhama de Murcia. La actividad tectónica cuaternaria y la erosión del río Guadalentín conforman esta estribación en forma de un cerro tabular sobre calcarenitas miocenas, que se encuentran variablemente meteorizadas y densamente fracturadas, originándose grandes bloques. Las calcarenitas conforman un escarpe subvertical en casi todo el perímetro del cerro sobre el que se edificó el Castillo Árabe.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Calcarenitas	Calcarenitas	Estratificado; Fracturado	Consolidado	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Mioceno	Sin datos	0,19	0,36

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería	Castillo	Algunas	Grave	VII

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA SM/7

Descripción: El informe del IGME (2011) registra el colapso de la muralla exterior del Castillo de Lorca en la vertiente Norte del Cerro del Castillo. El evento tiene lugar en el contexto de una serie de procesos de ladera ubicados en diferentes coordenadas del Cerro del Castillo de Lorca a lo largo de su ladera Norte que mira hacia la zona epicentral, donde se registran hasta cinco procesos de ladera (IGME, 2011). En la mayor parte de los procesos registrados se encuentran involucradas las calcarenitas miocenas sobre las que se levantan las diferentes estructuras murarias. El efecto que aquí se cataloga supuso un pequeño desplazamiento de las calcarenitas induciendo el derrumbe (hacia el Norte) de un segmento de la muralla de unos 20 m de longitud. El informe del IGME (2011) describe varios ejemplos de caídas de grandes bloques y numerosos pequeños desprendimientos en los taludes de la carretera de acceso al castillo en toda su vertiente Norte hasta el espolón oriental del mismo, que también experimentó daños importantes.

Interpretación: Colapso de parte de la muralla que rodea el Castillo de Lorca, como consecuencia de un fallo en las calcarenitas sobre las que se edifica. La vulnerabilidad del material de la construcción (Clase B según EMS-98) favorece el colapso del muro tras las sacudidas. La elevada pendiente del terreno también fue un factor importante en la caída del muro. Otro de los factores determinantes fue la existencia de numerosas fracturas y diaclasas en las propias calcarenitas, que independizan bloques de gran tamaño susceptibles de ser movilizados por una sacudida sísmica. Mientras los procesos de ladera fueron notables en la vertiente norte del cerro, en su vertiente sur estos apenas fueron significativos. En estas zonas funcionaron las medidas de contención ya existentes (IGME, 2011).

Cuantificación: Parte del muro de mampostería, unos 20 metros, que forma la muralla del castillo de Lorca es destruida. Los desprendimientos afectan un área estimada de unos 300 m². Aparte se movilizaron grandes bloques de dimensiones métricas (> 10 m³) y numerosos desprendimientos en los taludes de la carretera en toda la vertiente norte (< 2-3 m³). Las descripciones se corresponden con una intensidad de VII en la escala ESI-07, coherente con la intensidad VII EMS asignada al conjunto de la ciudad (Martínez solares *et al.*, 2012).



Derrumbe del lienzo Norte de la Muralla Castillo de Lorca
Fuente: IGME(2011)



Caída de grandes bloques en las cercanías del derrumbe de la muralla del Castillo que se observa al fondo.
Fuente: IGME (2011)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	I	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:	IGME (2011): Informe geológico preliminar del Terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011 Mw 5,1. IGME, Madrid (Spain). 47 pp. Martínez Solares, J.M., Cantavella Nadal, J.V., Cabañas Rodríguez, L., Valero Zomosa, J.F. (2012): El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Física de la Tierra, 24. 17-40.
Información Recopilada	*Pablo G. Silva y Beatriz Gómez Díaz, Departamento de Geología (USAL).*
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España* — Número (Vol.): 2 — Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.09.03 *09.03. Cerro del Castillo, Lienzo Norte. Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS 20110511 LORCA. MU	EFECTO	OTROS EFECTOS: OT/7

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
09 / Cerro del Castillo	1°42'14,51"O	37°40'44,20"N	400 m	0 km²	5,5 km	NE	VII EMS / 5,2 Mw

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Cerro tabular (ladera)	Pendiente del terreno	Muy fuerte (30-50%)
Descripción Geológica	El Cerro del Castillo representa la terminación oriental de los relieves estructurales que caracterizan el borde Sur de la Cuenca Neógena de Lorca y la separa de la Depresión del Guadalentín situándose en el bloque levantado de la Falla de Lorca-Alhama de Murcia. La actividad tectónica cuaternaria y la erosión del río Guadalentín conforman esta estribación en forma de un cerro tabular sobre calcarenitas miocenas, que se encuentran variablemente meteorizadas y densamente fracturadas originándose grandes bloques. Las calcarenitas conforman un escarpe subvertical en casi todo el perímetro del cerro sobre el que se edificó el Castillo Árabe.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Calcarenitas	Calcarenitas	Estratificado; Fracturado	Consolidado	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Mioceno	Sin datos	0,19	0,36

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería; Ladrillo	Castillo	Algunas	Grave	VII

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	VIBRACIÓN DE LA VEGETACIÓN OT/7

Descripción: El informe del IGME (2011) registra el desprendimiento y arrastre de algún pino en la vertiente norte de la carretera de subida al Castillo. El evento tiene lugar en el contexto de una serie de procesos de ladera ubicados en diferentes coordenadas del Cerro del Castillo de Lorca pero, preferentemente, en su ladera Norte, que mira hacia la zona epicentral, donde se registran hasta cinco procesos de ladera (IGME, 2011). En la mayor parte de los procesos registrados se encuentran involucradas las calcarenitas miocenas sobre las que se levantan las diferentes estructuras murarias. El efecto aquí catalogado se produce en la parte inferior de la ladera como consecuencia de procesos de desprendimiento en la parte superior de la misma, bajo la muralla del Castillo.

Interpretación: Caída de árboles. La fuerte pendiente del terreno, la importante meteorización de las calcarenitas miocenas en la zona y la escasa cobertura edáfica existente facilitaron los procesos de caída de árboles, aunque estos fueron muy escasos. El que aquí se cataloga se arrastró pocos metros ladera abajo hasta llegar a la carretera. Ramajes caídos en la zona dan una idea de la vibración de los árboles que debió de ser intensa, aunque la caída que documentamos pudo estar facilitada por los procesos de ladera.

Cuantificación: La vibración de la vegetación, con caída de árboles indica grado VIII en la escala ESI-07, pero dado lo muy escaso de las caídas y la más que posible participación de procesos de ladera asignamos una intensidad VII ESI-07 acorde con el valor VII EMS asignado al conjunto de la ciudad (Martínez Solares *et al.*, 2012).



Cerro del Castillo
Fuente: IGME (2011)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	I	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:
IGME (2011): Informe geológico preliminar del Terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011 Mw 5,1. IGME, Madrid (Spain). 47 pp.
Martínez Solares, J.M., Cantavella Nadal, J.V., Cabañas Rodríguez, L., Valero Zomosa, J.F. (2012): El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Física de la Tierra, 24. 17-40.

Información Recopilada: *Beatriz Gómez Díaz y Pablo G. Silva, Departamento de Geología (USAL).*
Ficha Publicada: *Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España* | Número (Vol.): 2 | Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.09.04 *09.04. Cerro del Castillo, Espolón oriental. Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU		EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7 (SM)	
Código / Localidad	**Longitud**	**Latitud**	**Altitud**	**Área localidad**	**Distancia epicentral**	**Orientación epicentro**	**Datos Macrosísmicos IGN** INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
09 / Cerro del Castillo	1°42'7,47"O	37°40'42,28"N	408 m	0 km	5,53 km	NORESTE	**VII EMS / 5,2 Mw**

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Cerro tabular (escarpe)	**Pendiente del terreno**	Escarpe (50-70%)
Descripción Geológica	El Cerro del Castillo representa la terminación oriental de los relieves estructurales que caracterizan el borde Sur de la Cuenca Neógena de Lorca y la separa de la Depresión del Guadalentín situándose en el bloque levantado de la Falla de Lorca-Alhama de Murcia. La actividad tectónica cuaternaria y la erosión del río Guadalentín conforman esta estribación en forma de un cerro tabular sobre calcarenitas miocenas, que se encuentran variablemente meteorizadas y densamente fracturadas originándose grandes bloques. Las calcarenitas conforman un escarpe subvertical en casi todo el perímetro del cerro sobre el que se edificó el Castillo Árabe.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	**Litología materiales afectados**	**Estructura interna**	**Grado Consolidación**	**Terreno NCSE02 (C)**
Sedimentario; Calcarenitas	Calcarenitas	Estratificado; Fracturado	Consolidado	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Mioceno	Sin datos	0,19	0,36

DAÑOS

Tipo de Construcción	**Tipo de Estructura**	**Cantidad**	**Nivel de daño**	**INT. LOCAL EMS/ MSK**
Mampostería	Castillo	Algunas	Grave	VII

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	**Efecto Secundario**	**Tipo de Efecto ESI-07**	**MOVIMIENTOS DE LADERA SM/7**

Descripción: El Informe del IGME (2011) cita el desprendimiento de bloques de grandes dimensiones en la zona del espolón oriental del Castillo de Lorca. La mayor parte de los bloques cayeron hacia el Norte con escaso recorrido, aunque algunos de los más pequeños alcanzaron la carretera de acceso al castillo a unos 60 m de distancia. Un gran bloque (c. 12 m³) se desprendió hacia la parte sur destruyendo el muro de cerramiento de una vivienda a escasos 50 m. Los desprendimientos causaron el desplome de un antiguo muro de contención y causaron daños (impactos y agrietamientos) en la carretera de acceso al Castillo. Los bloques más grandes (c. 20 m³) se quedaron en posición inestable en la ladera del castillo, no alcanzando la carretera.

Interpretación: Derrumbe del espolón oriental del cerro del castillo individualizando grandes bloques de calcarenitas que tuvieron un escaso recorrido de no más de 60 m. Los bloques desprendidos de mayor tamaño poseen dimensiones de entre 10 y 20 m³, pero la mayor parte de ellos no supera los 2 m³. El volumen total movilizado en la zona del espolón es del orden de los 100 m³, incluyendo los materiales del muro de contención dañado. La elevada pendiente del cantil afectado, así como la existencia de numerosas fracturas y diaclasas en las propias calcarenitas, fueron factores determinantes. Estos sistemas de fracturas conjugados independizan bloques de gran tamaño susceptibles de ser movilizados por una sacudida sísmica. Mientras los procesos de ladera fueron notables en la vertiente norte del cerro en su vertiente sur apenas estos fueron significativos. En estas zonas funcionaron las medidas de contención ya existentes (IGME, 2011).

Cuantificación: Las dimensiones de los materiales movilizados y su volumen total estimado (c. 100 m³) indican una intensidad VII ESI-07. A parte se movilizaron grandes bloques de dimensiones métricas (> 10 m³) y numerosos desprendimientos en los taludes de la carretera en toda la vertiente norte (< 2-3 m³). Las descripciones se corresponden con una intensidad de VII en la escala ESI-07, coherente con la intensidad VII EMS asignada al conjunto de la ciudad (Martínez Solares *et al.*, 2012).





Desprendimientos en el espolón oriental del cerro del castillo. Fuente: IGME (2011)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	**VII**	**Calidad de los datos (Qg)**	**I**	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:	IGME (2011): Informe geológico preliminar del Terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011 Mw 5,1. IGME, Madrid (Spain). 47 pp. Martínez Solares, J.M., Cantavella Nadal, J.V., Cabañas Rodríguez, L., Valero Zomosa, J.F. (2012): El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Física de la Tierra, 24. 17-40.		
Información Recopilada	*Pablo G. Silva y Beatriz Gómez Díaz, Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.09.05 *09.05. Cerro del Castillo, Lienzo Sur. Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7 

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
09 / Cerro del Castillo	1°42'14,29"O	37°40'38,70"N	440 m	0 km²	5,7 km	NNE	VII EMS / 5,2 Mw

GEOLOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Cerro tabular (ladera)	Pendiente del terreno	Muy fuerte (30-50%)
Descripción Geológica	El Cerro del Castillo representa la terminación oriental de los relieves estructurales que caracterizan el borde Sur de la Cuenca Neógena de Lorca y la separa de la Depresión del Guadalentín situándose en el bloque levantado de la Falla de Lorca-Alhama de Murcia. La actividad tectónica cuaternaria y la erosión del río Guadalentín conforman esta estribación en forma de un cerro tabular sobre calcarenitas miocenas, que se encuentran variablemente meteorizadas y densamente fracturadas originándose grandes bloques. Las calcarenitas conforman un escarpe subvertical en casi todo el perímetro del cerro sobre el que se edificó el Castillo Árabe.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Calcarenitas	Calcarenitas	Estratificado; Fracturado	Consolidado	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Mioceno	Sin datos	0,19	0,36

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería	Castillo	Algunas	Ligero	VII

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA SM/7

Descripción: El informe del IGME (2011) cita el desmoronamiento de un antiguo murete de contención adosado al lienzo sur de la muralla del castillo de Lorca, que alertó a los habitantes de las viviendas situadas más abajo. Mientras que en la ladera Norte del Cerro los procesos de ladera fueron muy comunes, afectando a distintas estructuras del antiguo castillo, en la ladera sur estos apenas fueron testimoniales, identificándose solo dos casos de pequeñas caídas de rocas en los taludes del Castillo y de la carretera de acceso. Como en los casos de la ladera norte, estas pequeñas inestabilidades estuvieron ligadas al fallo en las calcarenitas sobre las que se apoyan ya que se observan algunos bloques de calcarenitas desprendidos.

Interpretación: Los desprendimientos en la ladera Sur fueron testimoniales, presentando una clara anisotropía frente a la ladera norte, donde estos fueron más numerosos. En gran parte esta anisotropía Norte-Sur es debida a las medidas de seguridad del macizo rocoso, consistente en una malla de acero de doble diámetro cosida con bulones al mismo, así como barreras dinámicas. Estas medidas de contención, instaladas tres años antes, funcionaron adecuadamente evitando daños mayores en esta ladera sur que se alza directamente sobre la población (IGME, 2011). En cualquier caso, aunque estas medidas de contención funcionaran en las zonas inmediatamente por encima de la población, el número y dimensiones de los procesos de ladera en la ladera sur son muy escasos, incluso en las zonas donde existen barreras dinámicas en las que no se observa la recogida de bloques supuestamente desprendidos por el terremoto. Se interpreta que en la anisotropía Norte-Sur jugó un papel fundamental la orientación de las laderas frente al movimiento del terreno, ya que la ladera norte se encuentra enfrentada a la zona epicentral.

Cuantificación: Los pequeños procesos de ladera registrados en esta ladera no permiten evaluar las intensidades ESI-07, teóricamente amortiguadas por las medidas de protección del macizo rocoso. En cualquier caso, se le asigna una intensidad de VII coherente con la intensidad VII EMS asignada al conjunto de la ciudad (Martínez Solares *et al*., 2012).





Derrumbe del muro de contención y bloques de calcarenitas en la ladera sur del cerro del castillo. Abajo medidas de contención del macizo rocoso Fuente: IGME (2011)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	I	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:
IGME (2011). Informe geológico preliminar del Terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011 Mw 5.1. IGME, Madrid (Spain). 47 pp.
Martínez Solares, J.M., Cantavella Nadal, J.V., Cabañas Rodríguez, L., Valero Zornosa, J.F. (2012). El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Física de la Tierra, 24. 17-40.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva y Beatriz Gómez Díaz, Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.10.01 *10.01. El Río (Las Canales), Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/6 

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
10 / El Río (Las Canales)	1°46'17,39"O	37°42'10,50"N	376 m	1360 m²	8,0 km	ENE	VII EMS / 5,2 Mw

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Escarpe rocoso.	Pendiente del terreno	Fuerte (15-30%)
Descripción Geológica	La zona de la barriada de El Río se sitúa en la zona de confluencia de la Rambla de Las Canales y el Río Guadalentín en el interior de la Cuenca Neógena de Lorca, unos 7 km al O de la ciudad. La margen izquierda de la zona de confluencia presenta una serie de resaltes rocosos, de hasta 3 m de altura, de la alternancia de margas, areniscas y conglomerados de edad Messiniense en los que se encajan ambas ramblas. Estos resaltes estructurales presentan numerosos bloques rocosos desprendidos.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Margas, arenas y conglomerados	Margas, arenas y conglomerados	Estratificado; Fracturado	Consolidado	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Mioceno	Sin datos	0,19	Sin datos

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería; Ladrillo	Casas	Algunas	Ligero	VI

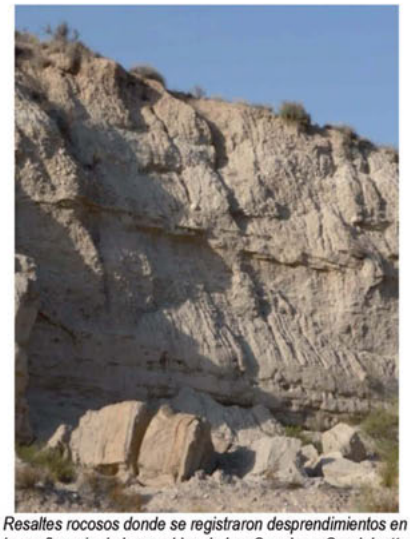
EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA SM/6

Descripción: Bloques desprendidos desde los resaltes rocosos de areniscas y conglomerados que se disponen en la margen izquierda en la zona de confluencia de ambas ramblas. Algunos de los bloques son de escala métrica (4-6 m³). Los materiales se encuentran fracturados facilitando la individualización y caída de bloques en la zona. En algunos sectores los resaltes rocosos presentan socaves inferiores a favor de los materiales margosos infrayacentes, fundamentalmente en la Rambla de Las Canales donde se desarrollan pequeñas viseras rocosas muy susceptibles a los procesos de desprendimiento y caída de bloques, como lo demuestran los numerosos bloques caídos existentes en la zona. La mayoría de estos bloques caídos son previos al terremoto, pero algunos de ellos, de unos 2x2 m, se desprendieron durante el evento, fundamentalmente en los resaltes situados en el propio río Guadalentín. Desprendimientos catalogados por Alfaro *et al* (2012) y Silva *et al.* (2013).

Interpretación: Desprendimientos de poca envergadura en resaltes y viseras rocosas, de por sí susceptibles a este tipo de procesos. Los cantiles subverticales forman resaltes en la ladera de una pendiente del 25%. La orientación de los resaltes rocosos está condicionada por las direcciones de estratificación (N30ºE) y fracturación (N110-120ºE) preferentes, dando lugar a resaltes y escarpes muy quebrados. Los resaltes más importantes siguen las direcciones de fracturación. Los bloques desprendidos cayeron fundamentalmente hacia el OSO, hacia el propio cauce de la rambla, en la mayoría de los casos con poco recorrido, aunque en la zona hay bloques que indican recorridos de hasta 60 m. Algunos de estos bloques pudieron ser removilizados durante la sacudida sísmica.

Cuantificación: Las dimensiones métricas de los casos de desprendimientos de bloques indican una intensidad máxima VI ESI-07, coherente con la intensidad VI EMS (Martínez Solares *et al.*, 2012) asignada a la próxima barriada de El Río, a escasos 500 m aguas arriba.



Resaltes rocosos donde se registraron desprendimientos en la confluencia de las ramblas de Las Canales y Guadalentín aguas debajo de la barriada de El Río.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VI	Calidad de los datos (Qg)	I	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:

Alfaro, P., Delgado, J. García-Tortosa, F.J. Lenti, L., López, J.A., López-Casado, C., Martino. S. (2012a): Widespread landslides induced by the Mw 5.1 earthquake of 11 May 2011 in Lorca, SE Spain. Engineering Geology 137-138, 40–52.

Martínez Solares, J.M., Cantavella Nadal, J.V., Cabañas Rodríguez, L., Valero Zomosa, J.F. (2012): El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Física de la Tierra, 24. 17-40.

Silva, P.G., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Giner, J. L., Huerta, P., Bardají, T., Martín-González F. (2013): Earthquake Environmental Effects (EEEs) triggered by the 2011 Lorca earthquake (Mw 5.2, Betic Cordillera, SE Spain): Application of the ESI-07 Macroseismic Scale. INQUA Proceedings, 4. 237-240.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva y Beatriz Gómez Díaz, Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.11.01 *11.01. Embalse de Puentes, Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/5 

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
11 / *Embalse de Puentes, Lorca*	1°48'47,57"O	37°43'53,13"N	445 m	0,004 km²	11,3 km	E	VII EMS / 5,2 Mw

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera.	Pendiente del terreno	Fuerte (15-30%)
Descripción Geológica	El Embalse de Puentes se sitúa unos 12 km al NO de la ciudad de Lorca sobre el valle del Guadalentín. En la zona inmediatamente antes de la cerrada el valle posee dirección E-O encajándose en margas, yesos y areniscas que se superponen a las calcarenitas y conglomerados miocenos sobre los que se apoya la cerrada del embalse. Su margen izquierda presenta una ladera de fuerte pendiente surcada por carreteras y caminos de servicio del embalse.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Margas, yesos y areniscas	Margas, yesos y areniscas	Estratificado	Semi-consolidado	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Mioceno	Sin datos	0,19	0,36

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	V EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA SM/5

Descripción: Pequeños desprendimientos de bloques en la ladera sur del valle del Guadalentín unos 500 m aguas abajo de la cerrada del Embalse de Puentes. Aunque el informe del IGME (2011) solo documenta pequeños derrumbes en muros en esta zona e indica que no se constata la existencia de procesos de ladera en la zona, el trabajo de Alfaro *et al.* (2012) registra dos desprendimientos de rocas de los taludes artificiales de los caminos de servicio.

Interpretación: Pequeños desprendimientos (c. 10 m³) en resaltes rocosos de areniscas y taludes artificiales sobre margas y yesos, los últimos afectando fundamentalmente a la cobertera aluvial que cubre la ladera. Aquí se catalogan estos procesos no por su importancia, sino porque son los que se documentan a mayor distancia epicentral (11,3 km) en la zona occidental de la Cuenca Neógena de Lorca (Silva *et al.*, 2015). No obstante, unos 2 km al NE del Embalse se registran desprendimientos considerables sobre escarpes rocosos en calcarenitas y conglomerados.

Cuantificación: Los desprendimientos de rocas en taludes artificiales se recogen en la escala ESI-07 a partir de intensidad IV. Aquí se consigna intensidad V ESI-07 acorde a los datos macrosísmicos de la zona. La Fuensanta localizada a unos 7 km al Oeste de la cerrada del embalse registró intensidad V EMS (Martínez Solares *et al.*, 2012).



Desprendimientos de rocas en los taludes artificiales de las carreteras de servicio del Embalse de Puentes.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	V	Calidad de los datos (Qg)	I	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:

Alfaro, P., Delgado, J., García-Tortosa, F.J., Lenti, L., López, J.A., López-Casado, C., Martino, S. (2012a): Widespread landslides induced by the Mw 5.1 earthquake of 11 May 2011 in Lorca, SE Spain. Engineering Geology 137-138, 40–52.

Martínez Solares, J.M., Cantavella Nadal, J.V., Cabañas Rodríguez, L., Valero Zomosa, J.F. (2012): El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Física de la Tierra, 24. 17-40.

Silva, P.G., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Roquero, E., Giner, J.L., Huerta, P., Bardají, T. (2015): Macroseismic analysis of slope movements triggered by the 2011 Lorca Earthquake (Mw 5.2): Application of the ESI-07 scale. Geogaceta, 57. 35-38.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva y Beatriz Gómez Díaz, Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.11.02 *11.02. Embalse de Puentes, Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/6 

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
11 / *Embalse de Puentes, Lorca*	1°47'41,71"O	37°44'40,90"N	445 m	0,004 km²	9,8 km	E	VII EMS / 5,2 Mw

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera.	Pendiente del terreno	Fuerte (15-30%)
Descripción Geológica	El Embalse de Puentes se sitúa unos 12 km al NO de la ciudad de Lorca sobre el valle del Guadalentín. En la zona inmediatamente antes de la cerrada el valle posee dirección E-O encajándose en margas, yesos y areniscas que se superponen a las calcarenitas y conglomerados miocenos sobre los que se apoya la cerrada del embalse. Su margen izquierda presenta una ladera de fuerte pendiente surcada por carreteras y caminos de servicio del embalse.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Margas, yesos y areniscas	Margas, yesos y areniscas	Estratificado	Semi-consolidado	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Mioceno	Sin datos	0,19	0,36

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	V EMS

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA SM/6

Descripción: Pequeños desprendimientos de bloques en la ladera sur del valle del Guadalentín unos 500 m aguas abajo de la cerrada del Embalse de Puentes. Aunque el informe del IGME (2011) solo documenta pequeños derrumbes en muros en esta zona e indica que no se constata la existencia de procesos de ladera en la zona, el trabajo de Alfaro *et al.* (2012) registra dos desprendimientos de rocas de los taludes artificiales de los caminos de servicio.

Interpretación: Pequeños desprendimientos (c. 10 m³) en resaltes rocosos de areniscas y taludes artificiales sobre margas y yesos. Los últimos afectando fundamentalmente a la cobertera aluvial que cubre la ladera. Aquí se catalogan estos procesos no por su importancia, sino porque son los que se documentan a mayor distancia epicentral (11,3 km) en la zona occidental de la Cuenca Neógena de Lorca (Silva *et al.*, 2015). No obstante, unos 2 km al NE del Embalse se registran desprendimientos considerables sobre escarpes rocosos en calcarenitas y conglomerados (c. 100 m³) que son los que aquí se catalogan.

Cuantificación: Los desprendimientos de rocas en taludes artificiales se recogen en la escala ESI-07 a partir de intensidad IV. Aquí se consigna intensidad VI ESI-07 acorde a los datos macrosísmicos de la zona.





Desprendimientos de rocas en las cercanías del Embalse de Puentes. Foto J.J. Martínez Díaz (UCM)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VI	Calidad de los datos (Qg)	I	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:

Alfaro, P., Delgado, J., García-Tortosa, F.J., Lenti, L., López, J.A., López-Casado, C., Martino. S. (2012a): Widespread landslides induced by the Mw 5.1 earthquake of 11 May 2011 in Lorca, SE Spain. Engineering Geology 137-138, 40–52.

Martínez Solares, J.M., Cantavella Nadal, J.V., Cabañas Rodríguez, L., Valero Zomosa, J.F. (2012): El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Física de la Tierra, 24. 17-40.

Silva, P.G., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Roquero, E., Giner, J.L., Huerta, P., Bardají, T. (2015): Macroseismic analysis of slope movements triggered by the 2011 Lorca Earthquake (Mw 5.2): Application of the ESI-07 scale. Geogaceta, 57. 35-38.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva y Beatriz Gómez Díaz, Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.12.01 *12.01. La Bastida, Totana (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU		EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/6 
Código / Localidad	**Longitud**	**Latitud**	**Altitud**	**Área localidad**	**Distancia epicentral**	**Orientación epicentro**	**Datos Macrosísmicos IGN** INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
12 / La Bastida (Totana, Murcia)	1°33'37,37"O	37°46'21,69"N	563 m	0,009 km²	12,1 km	SO	**VII EMS / 5,2Mw**

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Cantil	**Pendiente del terreno**	Cantil (>70%)
Descripción Geológica	La Sierrecica, elevación del terreno situada en el margen norte de la cuenca de drenaje de la Rambla de Lébor ya en las estribaciones de la Sierra de Espuña, es un relieve NO-SE de unos 200 m de desnivel cuya vertiente sur desarrolla importantes cantiles subverticales en calcarenitas miocenas, especialmente en su terminación oriental, con cantiles de algo más de 20 m de altura, a cuyo pie se observan bloques de grandes dimensiones con recorridos de algo más de 300 m. El cantil se encuentra a escasamente un kilómetro de las instalaciones del museo del yacimiento arqueológico "La Bastida de Totana".		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	**Litología materiales afectados**	**Estructura interna**	**Grado Consolidación**	**Terreno NCSE02 (C)**
Sedimentario; Calcarenitas	Calcarenitas	Estratificado; Fracturado	Consolidado	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA_{475}IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Mioceno	Sin datos	0,19	Sin datos

DAÑOS

Tipo de Construcción	**Tipo de Estructura**	**Cantidad**	**Nivel de daño**	**INT. LOCAL EMS/ MSK**
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	Sin datos

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	**Efecto Secundario**	**Tipo de Efecto ESI-07**	**MOVIMIENTOS DE LADERA SM/6**

Descripción: Desprendimientos de bloques en la base del cantil de la ladera sur de la Sierrecica en su terminación oriental a lo largo de una sección de unos 60 m de longitud y 7 de altura. Pequeños desprendimientos se observan en la parte alta del cantil. Los fenómenos de caída de bloques son importantes en la zona. El conjunto del macizo rocoso se encuentra variablemente meteorizado y fracturado originando grandes grietas subverticales. Según las descripciones de los arqueólogos que se encontraban trabajando en el yacimiento, inmediatamente tras el terremoto oyeron un estruendo, observándose nubes de polvo en la zona indicada del cantil. Los bloques desprendidos no tuvieron mucho recorrido y en su mayor parte son de escala métrica (2x3 m).

Interpretación: Desprendimientos de rocas desde la parte alta del cantil y desplome de una sección de 60 m de longitud y 7 metros de altura en la base del cantil. A juzgar por los testimonios de los arqueólogos del yacimiento, no se puede descartar que se produjeran algunas removilizaciones de bloques rocosos que descansan en posición inestable de la ladera (Silva *et al.*, 2013). El área de la base de la ladera afectada no supera los 900 m² y el volumen movilizado se puede estimar en alrededor de 400 m³. Esta localidad se cataloga ya que se trata del efecto más lejano que se encuentra documentado a unos 12 km de distancia epicentral.

Cuantificación: A pesar de su distancia epicentral, las dimensiones de los procesos de ladera son significativas, aproximándose al límite inferior de intensidad VI ESI-07. Las localidades más cercanas, como Aledo (3 km), La Charca (4 km) o Totana (5,5 km) rodean por el norte este relieve y registran intensidad V EMS (Martínez Solares *et al.*, 2012). Aquí se cataloga el efecto de intensidad VI ESI-07 próximo a la zona de intensidad V, cuyo límite discurriría por el valle de la rambla de Los Molinos, situada inmediatamente al norte del relieve de la Sierrecica.



Cantil oriental de la ladera sur de la Sierrecica.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	**VI**	**Calidad de los datos (Qg)**	**I**	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:

Martínez Solares, J.M., Cantavella Nadal, J.V., Cabañas Rodríguez, L., Valero Zomosa, J.F. (2012): El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Física de la Tierra, 24. 17-40.

Silva, P.G., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Giner, J.L., Huerta, P., Bardají, T., Martín-González F. (2013): Earthquake Environmental Effects (EEEs) triggered by the 2011 Lorca earthquake (Mw 5.2), Betic Cordillera, SE Spain): Application of the ESI-07 Macroseismic Scale. INQUA Proceedings, 4. 237-240.

Información Recopilada: *Pablo G. Silva y Beatriz Gómez Díaz, Departamento de Geología (USAL).*

Ficha Publicada: *Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España* | Número (Vol.): 2 | Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.13.01 *13.01. La Serrata, Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7 

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
07 / La Serrata	1°42'48,81"O	37°42'53,88"N	427 m	0,11 km²	2,75 km	NE	VII EMS / 5,2 Mw

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Relieve en cuesta	Pendiente del terreno	Muy fuerte (30-50%)
Descripción Geológica	La Serrata constituye un relieve lineal en cuesta, de unos 4 km de longitud y dirección NE-SO, en el interior de la Cuenca Neógena de Lorca. Se desarrolla a favor de formaciones de yesos Messinienses buzando hacia el NE sobre margas (menos resistentes) infrayacentes. El frente de las cuestas desarrolla cantiles de fuerte pendiente sobre los paquetes de yesos que pueden alcanzar los 50 m de altura. La actividad minera de la zona ha desarrollado importantes escombreras sobre el frente de las cuestas, especialmente en su zona más septentrional.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Yesos	Yesos	Estratificada; Meteorizada	Consolidado	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Mioceno	Sin datos	0,19	0,36

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	Sin datos

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA SM/7

Descripción: Los frentes de cuesta de La Serrata registran hasta nueve procesos de ladera en toda su extensión (Alfaro *et al.*, 2012). Estos involucraron desprendimientos de bloques rocosos desde la parte superior de los cantiles, pero también algún fenómeno de desprendimiento de los materiales margosos inferiores al pie de los mismos. Por lo general estos procesos movilizaron volúmenes cercanos a los 100 m³ (Silva *et al.*, 2013). Aquí se cataloga el más importante, que superó los 100 m³, afectando a una antigua escombrera minera situada sobre el frente de la cuesta.

Interpretación: La proximidad al epicentro, estando en conjunto alrededor de los 2-4 km para la mayor parte de los procesos catalogados, facilitó la multiplicación de los mismos en los frentes de las cuestas. El que aquí se cataloga como representativo tuvo dimensiones mayores ya que, en su mayoría, afectó a materiales escasamente consolidados de una antigua escombrera minera, que cayeron como corredores de bloques a lo largo de los pequeños barrancos que ya se han formado en la antigua escombrera. Se estima un volumen total alrededor de los 1000 m³ para el conjunto de La Serrata (Silva *et al.*, 2013).

Cuantificación: Las dimensiones de los procesos de ladera son próximas (100 m³) a lo que en la escala ESI-07 se considera para intensidad VII. Dada la cercanía al epicentro (2 - 4 km), su frecuencia, volumen total estimado para el conjunto de La Serrata (1000 m³) y multiplicidad de los mismos tipos de procesos en el entorno próximo (ramblas de La Serrata y Cuesta Colorada, Barranco de El Dorado y parte final del Barranco Hondo), se le asigna una intensidad VII ESI-07. De hecho, la localidad más próxima con datos EMS (Altritar), que se sitúa a unos 3 km al sur de la zona catalogada y a unos 5,5 km de distancia epicentral, registró intensidad VII EMS (Martínez solares *et al.*, 2012).



La Serrata de Lorca. Fuente: Imagen Google Earth.



Desprendimientos de bloques del frente de la cuesta y de los materiales de la antigua escombrera minera.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	I	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:

Alfaro, P., Delgado, J., García-Tortosa, F.J., Lenti, L., López, J.A., López-Casado, C., Martino. S. (2012a): Widespread landslides induced by the Mw 5.1 earthquake of 11 May 2011 in Lorca, SE Spain. Engineering Geology 137-138, 40–52.

Martínez Solares, J.M., Cantavella Nadal, J.V., Cabañas Rodríguez, L., Valero Zomosa, J.F. (2012): El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Física de la Tierra, 24. 17-40.

Silva, P.G., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Giner, J.L., Huerta, P., Bardají, T., Martín-González F. (2013): Earthquake Environmental Effects (EEEs) triggered by the 2011 Lorca earthquake (Mw 5.2, Betic Cordillera, SE Spain): Application of the ESI-07 Macroseismic Scale. INQUA Proceedings, 4. 237-240.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva y Beatriz Gómez Díaz, Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.14.01 *14.01. La Tercia Sur, Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU		EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7 (SM)	
Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN (INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS)
14 / Sierra de la Tercia, Sur	1°40'36,03"O	37°42'16,99"N	527 m	4,5 km²	2,60 km	NO	VII EMS / 5,2 Mw

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Relieve en cuesta (frente montañoso de falla)	Pendiente del terreno	Muy Fuerte (30-50%)
Descripción Geológica	La Sierra de la Tercia es un importante relieve anticlinal post-mioceno de orientación NE-SO que separa la Cuenca Neógena de Lorca de la Depresión Tectónica del Guadalentín. La falda oriental de la Sierra desarrolla un importante frente montañoso de falla a lo largo del segmento central (Lorca-Totana) de la Falla de Lorca-Alhama de Murcia. El relieve anticlinal desarrolla importantes relieves estructurales sobre las calcarenitas miocenas, que se encuentran buzando hacia el NE, y desarrollan importantes cantiles subverticales en los frentes de cuesta que definen la parte más alta del frente montañoso de falla en toda su extensión.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Calcarenitas y conglomerados	Calcarenitas y conglomerados	Estratificado; Meteorizado	Consolidado	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Mioceno	Sin datos	0,19	0.36

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	Sin datos

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA SM/7

Descripción: El sector sur de la Sierra de La Tercia registra hasta 35 procesos de ladera de diferentes dimensiones, pero muchos de ellos superiores a los 100-500 m³. La mayor parte de ellos se verifican en los frentes de los relieves en cuesta sobre calcarenitas y conglomerados que caracterizan la vertiente oriental de este relieve anticlinal y conforman el frente montañoso de falla del segmento central de la falla, con desniveles de más de 100 m y fuertes pendientes (> 30%), hasta en las zonas más bajas de sus laderas. Por lo general, todos los procesos catalogados responden a desprendimientos, avalanchas y caídas de bloques. Esta zona estuvo sujeta a una intensa inspección de campo por varios equipos (IGME, 2011; Alfaro *et al.*, 2012; Pérez-López *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2013) ya que en ella se situó preliminarmente el epicentro del evento principal. Los desprendimientos de grandes bloques tuvieron a veces recorridos de más de 300 m ocasionando desperfectos e importantes impactos en los caminos que atraviesan la zona a media ladera. Desprendimientos de menor entidad, en torno a los 10-20 m³, se registraron en los relieves en cuesta menores situados a la espalda de los principales que aquí se catalogan. Este se cataloga como representativo del sector meridional de la Sierra de la Tercia que abarca unos 4,5 km² entre el Sur de Lorca y la zona de Carraclaca.

Interpretación: El sector sur de la Sierra de La Tercia fue una de las zonas más investigadas tras el terremoto. El conjunto de material movilizado en este sector de La Tercia puede estimarse en torno a los 5.000 m³, mientras que, individualmente, los más grandes movilizaron volúmenes de unos 300-500 m³. La corta distancia epicentral (2-3 km) y fenómenos de amplificación topográfica favorecieron este tipo de procesos en la zona (Alfaro *et al.*, 2012).

Cuantificación El sector sur de La Tercia afectado por procesos de ladera abarca un área de unos 4,5 -5 km² como se desprende del análisis box-counting realizado por Silva *et al.* (2013). Las dimensiones y frecuencia de los efectos registrados, que aquí se catalogan conjuntamente, indican una intensidad mínima de VII en la escala ESI-07. Las localidades más cercanas (c. 2 km) situadas en las estribaciones del relieve sobre el mismo bloque levantado de la falla, se corresponden con los barrios de Los Ángeles y San Cristóbal, ambos con intensidad VII EMS (Martínez Solares *et al.*, 2012) acorde a lo aquí evaluado. Por el contario, localidades localizadas en la Depresión del Guadalentín a similar distancia (p.ej. Carraclaca) registran intensidad VI (Martínez Solares *et al*, 2012). Como ya se ha comentado para otras localidades situadas en este sector, la intensidad VII se restringe al frente montañoso de La Tercia situado sobre el bloque levantado de la falla, mientras que su piedemonte en el bloque hundido experimentó menor intensidad.



Desprendimientos de rocas en la Sierra de la Tercia.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	I	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:

Alfaro, P., Delgado, J., García-Tortosa, F.J., Lenti, L., López, J.A., López-Casado, C., Martino. S. (2012a): Widespread landslides induced by the Mw 5.1 earthquake of 11 May 2011 in Lorca, SE Spain. Engineering Geology 137-138, 40–52.
Martínez Solares, J.M., Cantavella Nadal, J.V., Cabañas Rodríguez, L., Valero Zomosa, J.F. (2012): El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Física de la Tierra, 24. 17-40.
Silva, P.G., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Giner, J.L., Huerta, P., Bardají, T., Martín-González F. (2013): Earthquake Environmental Effects (EEEs) triggered by the 2011 Lorca earthquake (Mw 5.2, Betic Cordillera, SE Spain): Application of the ESI-07 Macroseismic Scale. INQUA Proceedings, 4. 237-240.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva y Beatriz Gómez Díaz, Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.15.01 *15.01. La Tercia, Centro, Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7 

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
15 / Sierra de la Tercia, Centro	1°38'43.94"O	37°43'25.65"N	746 m	7,5 km²	3,6 Km	O	VII EMS / 5,2 Mw

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Relieve en cuesta (frente montañoso de falla)	Pendiente del terreno	Muy Fuerte (30-50%)
Descripción Geológica	La Sierra de la Tercia es un importante relieve anticlinal post-mioceno de orientación NE-SO que separa la Cuenca Neógena de Lorca de la Depresión Tectónica del Guadalentín. La falda oriental de la Sierra desarrolla un importante frente montañoso de falla a lo largo del segmento central (Lorca-Totana) de la Falla de Lorca-Alhama de Murcia. El relieve anticlinal desarrolla importantes relieves estructurales sobre las calcarenitas miocenas, que se encuentran buzando hacia el NE, y desarrollan importantes cantiles subverticales en los frentes de cuesta que definen la parte más alta del frente montañoso de falla en toda su extensión.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Calcarenitas y conglomerados	Calcarenitas y conglomerados	Estratificado; Meteorizado	Consolidado	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Mioceno	Sin datos	0,19	0.36

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	Sin datos

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA SM/7

Descripción: El sector central de la Sierra de La Tercia registra hasta unos 20 procesos de ladera de diferentes dimensiones, pero muchos de ellos superiores a los 100 m³. La mayor parte de ellos se verifican en los frentes de los relieves en cuesta sobre calcarenitas y conglomerados que caracterizan la vertiente oriental de este relieve anticlinal y conforman el frente montañoso de falla del segmento central de la falla, con desniveles de más de 100 m y fuertes pendientes (> 30%) hasta en las zonas más bajas de sus laderas. Por lo general, todos los procesos catalogados responden a desprendimientos, avalanchas y caídas de bloques. Esta zona estuvo sujeta a una intensa inspección de campo por varios equipos (IGME, 2011; Alfaro et al., 2012; Pérez-López et al., 2012; Silva et al., 2013), ya que en sus cercanías se situó preliminarmente el epicentro del evento principal. Los desprendimientos de grandes bloques tuvieron a veces recorridos de más de 300 m ocasionando desperfectos e importantes impactos en los caminos que atraviesan la zona a media ladera. Desprendimientos de menor entidad, en torno a los 10-20 m³, se registraron en los relieves en cuesta menores situados a la espalda de los principales, que aquí se catalogan, y la zona de piedemonte cercana al Trasvase Tajo-Segura. Este se cataloga como representativo del sector central de la Sierra de la Tercia en torno a Cuesta Colorada, que abarca unos 7,5 km² entre la zona de Carraclaca y la rambla del Saltador.

Interpretación: El sector central de la Sierra de La Tercia también fue una de las zonas más investigadas tras el terremoto. El conjunto de material movilizado en este sector de La Tercia puede estimarse en torno a los 2.500 m³, mientras que, individualmente, los más grandes movilizaron volúmenes de unos 100-300 m³. La corta distancia epicentral (3-4 km) y fenómenos de amplificación topográfica favorecieron este tipo de procesos en la zona (Alfaro et al., 2012).

Cuantificación El sector central de La Tercia afectado por procesos de ladera abarca un área de unos 7,5 km² como se desprende del análisis box-counting realizado por Silva et al. (2013). Las dimensiones y frecuencia de los efectos registrados, que aquí se catalogan conjuntamente, indican una intensidad mínima de VII en la escala ESI-07. La localidad más cercana a este sector es La Hoya (c. 8 km de distancia epicentral), que se sitúa en el piedemonte oriental del frente montañoso de falla, y ha registrado una intensidad VI EMS (Martínez Solares et al., 2012), inferior a la asignada para el conjunto del relieve. Como ya se ha comentado para otras localidades situadas en este sector, la intensidad VII se restringe al frente montañoso de La Tercia situado sobre el bloque levantado de la falla, mientras que su piedemonte en el bloque hundido experimentó menor intensidad.





Deslizamientos en la Sierra de la Tercia (Google Earth). Caída de bloques perpendicular a la sacudida direccional del terreno (flechas dobles rojas) a favor de discontinuidades (Martínez Díaz, et al., 2012).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	I	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:

Alfaro, P., Delgado, J., García-Tortosa, F.J., Lenti, L., López, J.A., López-Casado, C., Martino. S. (2012a): Widespread landslides induced by the Mw 5.1 earthquake of 11 May 2011 in Lorca, SE Spain. Engineering Geology 137-138, 40–52.

Martínez-Díaz, J.J., Álvarez-Gómez, J.A., García-Mayordomo, J., Insua-Arévalo, J.M., Martín-González, F., Rodríguez-Peces (2012b): Interpretación tectónica de la fuente del terremoto de Lorca de 2011 (MW 5,2) y sus efectos superficiales. Boletín Geológico y Minero, 123 (4): 441-458.

Martínez Solares, J.M., Cantavella Nadal, J.V., Cabañas Rodríguez, L., Valero Zomosa, J.F. (2012): El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Física de la Tierra, 24. 17-40.

Silva, P.G., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Giner, J.L., Huerta, P., Bardají, T., Martín-González F. (2013): Earthquake Environmental Effects (EEEs) triggered by the 2011 Lorca earthquake (Mw 5.2, Betic Cordillera, SE Spain): Application of the ESI-07 Macroseismic Scale. INQUA Proceedings, 4. 237-240.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva y Beatriz Gómez Díaz, Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.16.01 *16.01. La Tercia, Norte, Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7 

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
16 / Sierra de la Tercia, Norte	1°38'9,90"O	37°44'20,83"N	879 m	12 km²	4,7 Km	SSO	VII EMS / 5,2 Mw

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Relieve en cuesta (frente montañoso de falla)	Pendiente del terreno	Muy Fuerte (30-50%)

Descripción Geológica
La Sierra de la Tercia es un importante relieve anticlinal post-mioceno de orientación NE-SO que separa la Cuenca Neógena de Lorca de la Depresión Tectónica del Guadalentín. La falda oriental de la Sierra desarrolla un importante frente montañoso de falla a lo largo del segmento central (Lorca-Totana) de la Falla de Lorca-Alhama de Murcia. El relieve anticlinal desarrolla importantes relieves estructurales sobre las calcarenitas miocenas, que se encuentran buzando hacia el NE, y desarrollan importantes cantiles subverticales en los frentes de cuesta que definen la parte más alta del frente montañoso de falla en toda su extensión.

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Calcarenitas y conglomerados	Calcarenitas y conglomerados	Estratificado; Meteorizado	Consolidado	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Mioceno	Sin datos	0,19	0.36

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	Sin datos

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA SM/7

Descripción: El sector Norte de la Sierra de La Tercia, también conocida como Sierra de Chichar, registra hasta unos 15 procesos de ladera de diferentes dimensiones, alguno de ellos superiores a los 100 m³. La mayor parte de ellos se verifican en los frentes de los relieves en cuesta sobre calcarenitas y conglomerados que caracterizan la vertiente oriental de este relieve anticlinal y conforman el frente montañoso de falla del segmento central de la falla, con desniveles de más de 100 m y fuertes pendientes (> 30%) hasta en las zonas más bajas de sus laderas. Por lo general, todos los procesos catalogados responden a desprendimientos, avalanchas y caídas de bloques. Esta zona estuvo sujeta a una intensa inspección de campo por varios equipos (IGME, 2011; Alfaro *et al*., 2012; Pérez-López *et al*., 2012; Silva *et al*., 2013) ya que en sus cercanías se situó preliminarmente el epicentro del evento principal. Los desprendimientos de grandes bloques tuvieron a veces recorridos de entre 100 – 200 m, ocasionando desperfectos menores e impactos en los caminos que atraviesan la zona a media ladera. Desprendimientos de menor entidad, inferiores a los 10 m³, se registraron en la zona de piedemonte, asociados a las paredes de las ramblas, pequeños relieves estructurales existentes o taludes artificiales del Trasvase Tajo-Segura. Este se cataloga como representativo del sector norte de la Sierra de la Tercia o Sierra de Chichar, que abarca unos 20 km² entre la rambla del Saltador y la Rambla de Lébor. No obstante, los procesos de ladera documentados solo afectaron a su zona más meridional (unos 12 km²), estando los efectos más lejanos catalogados en este sector en el entorno del vértice geodésico de La Tercia (5,8 km) y la Rambla de La Salud (6,1 km).

Interpretación: El sector norte de la Sierra de La Tercia también fue una de las zonas más investigadas tras el terremoto. El conjunto de material movilizado en este sector de La Tercia puede estimarse en torno a los 1.500 – 1.800 m³, mientras que individualmente, los más grandes movilizaron volúmenes de unos 100 m³, aunque la mayoría entre 10-50 m³, especialmente en taludes de ramblas y taludes artificiales de su zona de piedemonte.

Cuantificación El sector norte de La Tercia afectado por procesos de ladera abarca un área de unos 12 km² como se desprende del análisis box-counting realizado por Silva *et al*. (2013). Las dimensiones y frecuencia de los efectos registrados, que aquí se catalogan conjuntamente, indican una intensidad en el rango superior VI en la escala ESI-07. La localidad más cercana a este sector es La Hoya (c. 8 km de distancia epicentral) que se sitúa en el piedemonte oriental del frente montañoso de falla y registrado una intensidad VI EMS (Martínez Solares *et al*., 2012). No obstante, como para otras localidades situadas en este sector, se le asigna una intensidad VII que se restringe a los 12 km² afectados por este tipo de procesos y, en especial al frente montañoso de La Tercia situado sobre el bloque levantado de la falla. Por el contrario, su zona de piedemonte en el bloque hundido experimentó menor intensidad (IV).



Imagen Google Earth del sector norte de la Sierra de la Tercia (Sierra de Chichar).



Desprendimientos en la Sierra de La Tercia. Foto J.J. Martínez Díaz (UCM).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	I	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:

Alfaro, P., Delgado, J., García-Tortosa, F.J., Lenti, L., López, J.A., López-Casado, C., Martino. S. (2012): Widespread landslides induced by the Mw 5.1 earthquake of 11 May 2011 in Lorca, SE Spain. Engineering Geology 137-138, 40–52.
Martínez Solares, J.M., Cantavella Nadal, J.V., Cabañas Rodríguez, L., Valero Zomosa, J.F. (2012): El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Física de la Tierra, 24. 17-40.
Silva, P.G., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Roquero, E., Giner, J.L., Huerta, P., Bardají, T. (2015): Macroseismic analysis of slope movements triggered by the 2011 Lorca Earthquake (Mw 5.2): Application of the ESI-07 scale. Geogaceta, 57. 35-38.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva y Beatriz Gómez Díaz, Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.17.01 *17.01. Las Viñas, Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU		EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/7

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
17 / Las Viñas	1°43'5,77"O	37°40'45,84"N	346 m	0,3 km²	5,5 km	NNE	VII EMS / 5,2 Mw

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Relieve Estructural verticalizado (piedemonte)	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	La zona de Las Viñas constituye un escarpe sub-vertical de dirección general E-O desarrollado sobre calcarenitas y conglomerados Miocenos (también verticalizados) inmediatamente aguas arriba de Lorca, sobre la margen derecha (sur) del Guadalentín. Se desarrolla a lo largo de unos 1,5 km desde la entrada del túnel de la autovía, y su pie se encuentra flanqueado por la carretera del Embalse de Puentes. En esta zona son frecuentes los procesos de desprendimiento y caída de bloques, y los efectos que aquí se catalogan se documentan sobre la zona asfaltada de la carretera, que se sitúa sobre un nivel de terraza del Guadalentín.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Gravas, Arenas y bloques	Asfalto (carretera)	Masivo	-	-
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Holoceno	Antrópico	Sin datos	0,19	0,36

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Asfalto	Carretera	Varias	Moderado	VII (Altritar)

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO GK/7

Descripción: A lo largo del Escarpe de Las Viñas se produjeron algo más de una decena de desprendimientos y caídas de bloques que afectaron a la carretera del Embalse de Puentes (Alfaro *et al.*, 2012), cuyos kilómetros iniciales (inmediatamente a la salida de Lorca) estuvieron cortados por seguridad tras el terremoto. Algunos de los bloques desprendidos (≥ 1 m³) impactaron contra el asfalto de la carretera generando importantes cráteres que fueron inmediatamente reparados. No obstante, el efecto que aquí se cataloga es la aparición de grietas longitudinales a la carretera de varias decenas de metros de longitud y apertura centimétrica en algunos lugares, aunque por lo general milimétricas. También se registraron en esta zona daños en las zapatas de los pilares del viaducto de la Autovía A-7 a unos 100 m al norte de la entrada a los túneles, que sufrieron procesos de agrietamiento (Martínez Díaz *et al.*, 2012). Según estos autores, la dirección de apertura de la fractura producida por el impacto de las vigas sobre los topes laterales de las zapatas indica una sacudida en sentido ONO.

Interpretación: Los impactos en el asfalto fueron producidos por la caída de bloques de dimensiones moderadas (≥ 1 m³) que impactaron sobre el asfalto. Las grietas longitudinales a la carretera pueden interpretarse asociadas a un proceso de "lateral spreading" a favor del talud semi-artificial de la zona norte de la carretera sobre el cauce del Guadalentín. El talud se desarrolla sobre la terraza fluvial holocena del Guadalentín.

Cuantificación: La aparición de pequeños agrietamientos discontinuos de anchura milimétrica sobre zonas asfaltadas se considera en la escala ESI-07 a partir de intensidad VI, no obstante, los de longitudes métricas y apertura máxima centimétrica son efecto característico de intensidad VII ESI-07, a partir de la cual también son comunes los procesos de "lateral spreading" con los que las relacionamos (Silva *et al.*, 2014). De hecho, la zona aquí catalogada se encuentra en la margen opuesta de la barriada de Altritar, a unos 350- 400 m de distancia donde se evaluó una sacudida de intensidad VII EMS (Martínez Solares *et al.* (2012).



Daños en la carretera del Embalse de Puentes en la zona de Las Viñas (margen derecha del Guadalentín).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	I	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:

Alfaro, P., Delgado, J., García-Tortosa, F.J., Lenti, L., López, J.A., López-Casado, C., Martino. S. (2012): Widespread landslides induced by the Mw 5.1 earthquake of 11 May 2011 in Lorca, SE Spain. Engineering Geology 137-138, 40–52.

Martínez-Díaz, J.J., Álvarez-Gómez, J.A., García-Mayordomo, J., Insua-Arévalo, J.M., Martín-González, F., Rodríguez-Peces (2012b): Interpretación tectónica de la fuente del terremoto de Lorca de 2011 (MW 5,2) y sus efectos superficiales. Boletín Geológico y Minero, 123 (4): 441-458

Martínez Solares, J.M., Cantavella Nadal, J.V., Cabañas Rodríguez, L., Valero Zomosa, J.F. (2012): El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Física de la Tierra, 24. 17-40.

Silva, P.G., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Roquero, E., Giner, J.L., Huerta, P., Bardají, T. (2015): Macroseismic analysis of slope movements triggered by the 2011 Lorca Earthquake (Mw 5.2): Application of the ESI-07 scale. Geogaceta, 57. 35-38.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva y Beatriz Gómez Díaz, Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.17.02 *17.02. Las Viñas, Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7 

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
17 / Las Viñas	1°42'48,51"O	37°40'42,75"N	387 m	470 m²	5,96 km	NNE	VII EMS / 5,2 Mw

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Relieve Estructural verticalizado (piedemonte)	Pendiente del terreno	Escarpada (50-70%)
Descripción Geológica	La zona de Las Viñas constituye un escarpe sub-vertical de dirección general E-O desarrollado sobre calcarenitas y conglomerados Miocenos (también verticalizados) inmediatamente aguas arriba de Lorca, sobre la margen derecha (sur) del Guadalentín. Se desarrolla a lo largo de unos 1,5 km desde la entrada del túnel de la autovía, y su pie se encuentra flanqueado por la carretera del Embalse de Puentes. En esta zona son frecuentes los procesos de desprendimiento y caída de bloques, que son los efectos cosísmicos que se catalogan.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Calcarenitas margas y conglomerado	Calcarenitas, margas y conglomerados	Meteorizado	Semi-consolidado	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno superior	Mioceno superior	Sin datos	0,19	0,36

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ladrillo, Mampostería	Casas	Varias	Sin datos	VII (Altritar)

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA SM/7

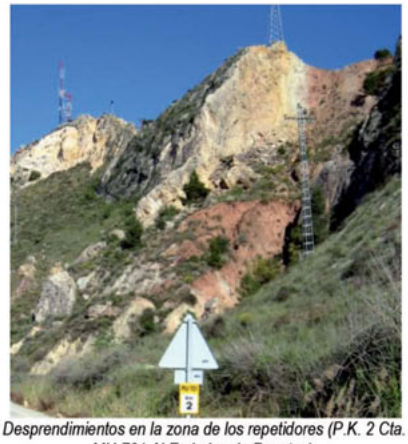
Descripción: A lo largo del Escarpe de Las Viñas se produjeron algo más de una decena de desprendimientos y caídas de bloques que afectaron a la carretera del Embalse de Puentes (IGME, 2011; Alfaro *et al*., 2012), cuyos kilómetros iniciales (inmediatamente a la salida de Lorca) estuvieron cortados por seguridad tras el terremoto. Algunos de los bloques desprendidos (≥ 1 m³) impactaron contra el asfalto de la carretera generando importantes cráteres que fueron inmediatamente reparados. Algunos de los procesos de desprendimiento conllevaron la movilización de volúmenes individuales de cerca de 1000 m³., con bloques de grandes dimensiones (c. 10 m³) sobre la ladera, aunque los que alcanzaron la carretera, con run-outs de algo más de 100 m, fueron de menores dimensiones (c. 1 m³). Los desprendimientos más notables se produjeron en la zona de las antenas (repetidores) apenas a 400 m de la zona occidental del Castillo de Lorca. No obstante, las caídas de bloques de diferentes dimensiones fueron muy comunes en los 1,5 km del cantil de Las Viñas. Como ocurre en la zona del cerro del castillo, en esta zona la mayor parte de las caídas fueron en dirección N o ligeramente NNO.

Interpretación: Desprendimientos y caída de bloques de grandes dimensiones, consecuencia de la vibración del terreno y la amplificación topográfica, en zonas de cantiles subverticales labrados sobre calcarenitas y margas (fundamentalmente) también verticalizados. Estos materiales, meteorizados y fracturados, se encuentran buzando hacia el NNE, hechos que facilitaron y multiplicaron los procesos de desprendimiento en la zona. El volumen total de material movilizado en estos cantiles se acerca a los 2500 m³ (Silva *et al*., 2013), con volúmenes individuales de cerca de 1000 m³ (zona de los repetidores; km 2 Carretera del Embalse de Puentes) y bloques desprendidos de hasta unos 10 m³, que en su mayoría quedaron sobre la ladera.

Cuantificación: Las dimensiones de los desprendimientos, su frecuencia y volumen total alcanzado nos indican una intensidad mínima de VII en la escala ESI-07. Estas son congruentes con los procesos de agrietamiento en el asfalto que se produjeron en la zona (ver INS20110511.17.01), así como la intensidad asignada al punto con datos EMS más cercano a la zona. La zona aquí catalogada se encuentra en la margen opuesta de la barriada de Altritar, a unos 350- 400 m de distancia, donde se evaluó una sacudida de intensidad VII EMS (Martínez Solares *et al*. (2012).



Vista general Google Earth del cantil de Las Viñas.



Desprendimientos en la zona de los repetidores (P.K. 2 Cta. MU-701 Al Embalse de Puentes).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	I	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:

Alfaro, P., Delgado, J., García-Tortosa, F.J., Lenti, L., López, J.A., López-Casado, C., Martino. S. (2012): Widespread landslides induced by the Mw 5.1 earthquake of 11 May 2011 in Lorca, SE Spain. Engineering Geology 137-138, 40–52.
IGME (2011): Informe geológico preliminar del Terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011 Mw 5,1. IGME, Madrid (Spain). 47 pp.
Martínez Solares, J.M., Cantavella Nadal, J.V., Cabañas Rodríguez, L., Valero Zornosa, J.F. (2012): El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Física de la Tierra, 24. 17-40.
Silva, P.G., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Roquero, E., Giner, J.L., Huerta, P., Bardají, T. (2015): Macroseismic analysis of slope movements triggered by the 2011 Lorca Earthquake (Mw 5.2): Application of the ESI-07 scale. Geogaceta, 57. 35-38.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva y Beatriz Gómez Díaz, Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.18.01 *18.01. Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU		EFECTO	ELEVACIÓN / SUBSIDENCIA COSÍSMICA: UP/8
Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
18 / Lorca ciudad	1°41'18,03"O	37°41'20,12"N	365 m	12 km²	4,2 km	NNO	VII EMS / 5,2 Mw

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Frente Montañoso de Falla	Pendiente del terreno	Suave (5-10%)
Descripción Geológica	Sector canalizado de la Rambla del Guadalentín a su paso por la ciudad de Lorca. Situado en la intersección de la Sierra de La Tercia y la Sierra de Estancias separa a su vez las cuencas de Lorca y Guadalentín. Esta Rambla se encuentra sobre la traza sur de la Falla de Lorca- Alhama de Murcia. La zona catalogada se encuentra en la zona apical del abanico del Guadalentín del cual se tienen registros de su actividad sedimentaria desde la Edad de Bronce (Silva *et al.*, 2008). Zona de importante cambio en la potencia de los materiales aluviales como consecuencia de su situación sobre la traza de la falla.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Gravas arenas y bloques	Mampostería y cemento	masiva	No consolidado	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Holoceno	Antrópico	Antrópico	0,19	0,36

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería y cemento	Muro	Algunas	Ligero	VII

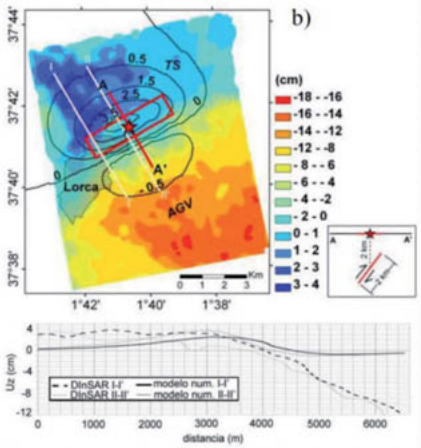
EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Primario	Tipo de Efecto ESI-07	ELEVACIÓN / SUBSIDENCIA COSÍSMICA: UP/8

Descripción: Se incluye en el presente catálogo el efecto de deformación centimétrica cosísmica del terreno detectado mediante análisis DinSar en la zona norte de Lorca por Frontera *et al.* (2012). Las imágenes radar analizadas por estos autores detectan un sector de unos 4x3 km en la zona norte de la ciudad y piedemonte de la Sierra de La Tercia, en la que se materializa un desplazamiento de 3-4 cm de elevación congruente con el bloque levantado de la falla. La zona y dirección sobre la que se materializa este desplazamiento se ajusta al trazado de la rama sur de la Falla de Lorca-Alhama de Murcia en este sector. La zona de elevación máxima (> 3 cm) afecta a las barriadas del Norte de Lorca, zona del Castillo y a la barriada de Altritar fundamentalmente.

Interpretación: Con el fin de detectar posibles desplazamientos centimétricos asociados a una ruptura superficial de falla acorde al tamaño del terremoto (5,2 Mw) el informe del IGME (2011) indica que se realizaron inspecciones a lo largo de la traza de la falla, y la única anomalía ostensible fueron los agrietamientos del muro del canal del Guadalentín consignados en el punto 18.02 (ver INS20110511.18.02). No obstante, este es un tipo de elevación cosísmica que registra la deformación en una zona de unos 1,5 km de amplitud relacionada con la flexura milimétrica del terreno (falla inversa ciega) ocasionada por un proceso de ruptura que no alcanza la superficie del terreno. Esta escala de elevación cosísmica (muy pocos cm) solo suele registrarse en zonas litorales acantiladas, donde marcadores biológicos o erosivos permiten su detección. No obstante, los análisis DinSar con resolución suficiente son capaces de hacerlo hoy en día.

Cuantificación: Los procesos de elevación/subsidencia cosísmica se registran en la escala ESI-07 a partir de intensidad VIII, ya que en grado VII este tipo de efectos primarios son exclusivos de zonas volcánicamente activas (eventos tecto-volcánicos). Aunque los daños sobre construcciones en la ciudad de Lorca indican claramente grado VII EMS (Martínez Solares *et al.*, 2012), aquí le asignamos una intensidad VIII ESI-07, siendo conscientes de que este efecto se relaciona con el movimiento de la falla y únicamente se materializaría a lo largo de su trazado en la zona investigada por Frontera *et al.* (2013).



Mapa de desplazamientos verticales del Terremoto de Lorca de 2011 obtenido mediante análisis DInSAR. Las curvas negras muestran los isovalores obtenidos por el modelo numérico en cm. El rectángulo rojo y la línea A-A' indica la sección de un corte en el que se muestran las dimensiones y el emplazamiento del plano de ruptura considerado en el modelo numérico. Las líneas blancas, I-I' y II-II', son las trazas del perfil de desplazamiento vertical comparando los resultados DInSAR con los del modelo numérico que se muestran abajo (Frontera *et al.*, 2012).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VIII	Calidad de los datos (Qg)	I	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:

Frontera, T., Blanco, P., Concha, A., Goula, X., Pérez Aragüés, F. (2012): Medidas de deformaciones cosísmicas con DinSAR para el terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011. Física de la Tierra, 24, 151-169.
IGME (2011): Informe geológico preliminar del Terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011 Mw 5,1. IGME, Madrid (Spain). 47 pp.
Martínez Solares, J.M., Cantavella Nadal, J.V., Cabañas Rodríguez, L., Valero Zornosa, J.F. (2012): El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Física de la Tierra, 24. 17-40.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva y Beatriz Gómez Díaz, Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.18.02 *18.02. Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU	EFECTO	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO: GK/7

Código /Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
18 / Lorca ciudad	1°41'48,98"O	37°40'48,45"N	334 m	0 km	5,3 km	NNE	VII EMS / 5,2 Mw

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Pared de Rambla	Pendiente del terreno	Llano (<2%)
Descripción Geológica	Sector canalizado de la Rambla del Guadalentín a su paso por la ciudad de Lorca. Situado en la intersección de la Sierra de La Tercia y la Sierra de Estancias separa a su vez las cuencas de Lorca y Guadalentín. Esta Rambla se encuentra sobre la traza sur de la Falla de Lorca-Alhama de Murcia. La zona catalogada se encuentra en la zona apical del abanico del Guadalentín, del cual se tienen registros de su actividad sedimentaria desde la Edad de Bronce (Silva *et al.*, 2008). Zona de importante cambio en la potencia de los materiales aluviales como consecuencia de su situación sobre la traza de la falla.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Gravas arenas y bloques	Mampostería y cemento	Masiva	No consolidado	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Holoceno	Antrópico	Antrópico	0,19	0,36

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Mampostería y cemento	Muro	Algunas	Ligero	VII

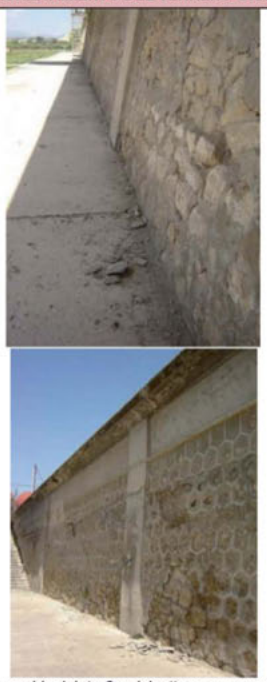
EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	AGRIETAMIENTO DEL TERRENO GK/7

Descripción: Agrietamiento de los muros del canal de la rambla del río Guadalentín en Lorca a su paso por encima de la traza de la rama sur de la Falla de Lorca-Alhama de Murcia. La rambla se encuentra encauzada por un muro de 6 metros y un canal de cemento. Ambos muros (Norte y Sur) presentaron algunas grietas y desconches provocados por la sacudida sísmica. Esta zona fue revisada por su situación encima de la traza de la falla (IGME, 2011). No se observó la continuación de los agrietamientos por el lecho de cemento de la rambla, ni siquiera agrietamientos discontinuos. Se observó que el muro norte presentaba mayor número de grietas y desconchones que el muro sur, que apenas presentaba alguna.

Interpretación: Con el fin de detectar posibles desplazamientos centimétricos asociados a una ruptura superficial de falla acorde al tamaño del terremoto (5,2 Mw), el informe del IGME (2011) indica que se realizaron inspecciones a lo largo de la traza de la falla, prestando especial atención en estructuras y elementos artificiales como firmes, carreteras, pistas prensadas, vallados de hormigón o muros en los que pudieran quedar preservados pequeños desplazamientos centimétricos asociados a la ruptura en la falla, siendo este sector del canal del Guadalentín uno de los sitios seleccionados como marcador. Según el informe del IGME (2011), la orientación de los muros es N113ºE en el tramo más occidental y N140ºE en el más oriental. Se inspeccionaron 600 m por ambos márgenes y no encontró desplazamiento asociado a los agrietamientos. Las numerosas grietas no presentaban desplazamientos, ni se observó que fueran penetrativas a todo lo largo del muro, ni se pueden continuar en el lecho de la rambla. En consecuencia, el informe del IGME (2011) interpreta este agrietamiento a un fallo del terreno.

Cuantificación: Las dimensiones de los agrietamientos documentados son efectivamente un efecto secundario, pero que al situarse justo encima de la traza de la falla, puede que esté reflejando el proceso de elevación cosísmica centimétrica (3-4 cm) que se detecta en análisis DinSar de la zona con una amplitud de unos 1500 m (Frontera *et al.*, 2012), y que en la estructura rígida del muro pudo quedar plasmada en esta serie de pequeños agrietamientos sobre la traza de la falla. En cualquier caso, las dimensiones de estos agrietamientos indican una intensidad mínima de VI ESI-07, aunque los daños sobre construcciones aledañas indican claramente grado VII EMS en esta zona de la ciudad (Martínez Solares *et al.*, 2012), intensidad que se le asigna a este efecto.



Muro de la rambla del río Guadalentín en su paso por Lorca. IGME (2011). Arriba detalle del muro Norte.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	I	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:

Frontera, T., Blanco, P., Concha, A., Goula, X., Pérez Aragüés, F. (2012): Medidas de deformaciones cosísmicas con DinSAR para el terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011. Física de la Tierra, 24, 151-169.
IGME (2011): Informe geológico preliminar del Terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011 Mw 5,1. IGME, Madrid (Spain). 47 pp.
Martínez Solares, J.M., Cantavella Nadal, J.V., Cabañas Rodríguez, L., Valero Zornosa, J.F. (2012): El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Física de la Tierra, 24. 17-40.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva y Beatriz Gómez Díaz, Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.18.03 *18.03. Santiago, Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Fracturas penetrativas

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
18 / Lorca	1°41'52,17" O	37°40'38,01"N	345 m	1.460 m²	5,6 km	NNO	VII EMS / 5,1 Mw

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Abanico Aluvial	Pendiente del terreno	Muy suave (3-5%)

Descripción Geológica
La ciudad de Lorca se sitúa sobre la zona sur del denominado abanico del Guadalentín, un gran sistema torrencial constituido por los aportes sedimentarios del río Guadalentín a su entrada en la depresión tectónica que lleva su nombre. La mayor parte de sus depósitos son de edad holocena pero ha tenido (y tiene) actividad registrada desde la Edad de Bronce hasta tiempos modernos. En la parte baja-media de la ciudad se registra la superposición de niveles del Bronce, Romano, Medieval, Musulmán y de época moderna, que constituyen potentes rellenos (c. 5 – 8 m) muy poco consolidados sobre los que se asienta la ciudad (Silva *et al.*, 2008). Los rellenos Holocenos infrayacentes presentan en esta zona potencias de más de 20 m y prácticamente toda la zona se encuentra en el bloque hundido de la Falla de Lorca-Alhama de Murcia.

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Gravas arenas y bloques	Gravas arenas y bloques	Masivo	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Holoceno	Holoceno (Histórico)	< 3.500 BP (C^{14})	0,19	0,36

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ladrillo, sillería	Iglesia	Múltiples	Destructivo	VII EMS

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	FRACTURAS PENETRATIVAS: EAE/7

Descripción: La Iglesia de Santiago que data del siglo XV, se encuentra en el casco viejo de la ciudad de Lorca. Esta iglesia es una de las que más sufrió los efectos del terremoto, ya que colapsó la cúpula y el crucero de la iglesia, la parte superior de la torre sufrió importantes daños, y se produjeron fracturas penetrativas en los contrafuertes de la nave principal.

Interpretación: La torre de la iglesia de planta cuadrada presenta diferente grado de daño en función de la orientación que presentan las fachadas. Las fachadas orientadas según NO-SE (N155ºE) (fachadas 1 y 3) son las más dañadas, presentan daños importantes en los arcos de ladrillo y fracturas penetrativas con forma de aspa en los muros. En cambio, las fachadas orientadas según NE-SO (2 y 4) presentan un grado de daño mucho menor, presentando fracturas horizontales. Según la metodología propuesta por Giner *et al.* (2011), estos daños responderían un movimiento de cizalla cíclico de la torre subparalelo a las fachadas más dañadas, es decir a las que se orientan según NO-SE (N155ºE). Según estos autores este movimiento de cizalla es subparalelo a la dirección de máxima deformación inducida por el terremoto en esta zona. Este tipo de daños en los que la orientación de la estructura define el grado de intensidad del mismo, es visible en otros edificios de la ciudad como por ejemplo en la Iglesia de San Juan (ver INS20110511.18.04). Los datos de orientación de la máxima deformación deducidos en esta estructura son subaparalelos a los deducidos del análisis en otras estructuras de la ciudad (Giner *et al.*, 2012b). Los desplazamientos sufridos en los contrafuertes de la nave principal son de carácter decimétrico, estos desplazamientos son posiblemente los que indujeron el colapso de la cúpula de la iglesia.

Cuantificación: Las fracturas penetrativas en los muros, el colapso de la cúpula y los daños en la torre de la iglesia indican una intensidad mínima de grado VII, consistente con la intensidad EMS asignada a la zona de Lorca donde se encuentra.



Daños en la Torre de la Iglesia de Santiago (Lorca) (modificado de Giner et al., 2012a)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VII	Calidad de los datos (Qg)	I	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:

Giner-Robles, J.L., Pérez-López, R., Silva, P.G., Rodríguez-Pascua, M.A., Bardají, T., Lario, J., Garduño-Monroy, V.H. (2011): Evaluación del daño sísmico en edificios históricos y yacimientos arqueológicos. Proyecto EDASI. Fundación MAPFRE, 100 pp.

Giner-Robles, J.L., R. Pérez-López, P.G. Silva, M.A. Rodríguez-Pascua, T. Bardají Azcárate, J. Lario Gómez, V.H. Garduño Monroy (2012a): Patrimonio sísmico en yacimientos arqueológicos y edificios históricos. Seguridad y Medio Ambiente; 128, 20-34.

Giner-Robles, J.L., R. Pérez-López, P.G. Silva, M.A. Rodríguez-Pascua, F. Martín, L. Cabañas (2012b). Análisis estructural de daños orientados en el terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011. Aplicaciones en arqueosismología. Bol. Geológico y Minero 123 (4), 503-513.

Silva, P.G., Bardají, T., Calmel-Avila, M., Goy, J.L., Zazo, C. (2008): Transition from alluvial to fluvial systems in the Guadalentín Depression (SE Spain) during the Holocene: Lorca Fan versus Guadalentín River. Geomorphology, 100, 140–153.

Información Recopilada	*Jorge Giner-Robles (UAM) y Pablo G. Silva (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.18.04 *18.04. San Juan, Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Hundimiento de dovelas

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
18 / Lorca	1°41'57,59"O	37°40'45,32"N	371 m	430 m²	5,3 km	NNO	VII EMS / 5,1 Mw

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Cerro tabular (plataforma estructural)	Pendiente del terreno	Suave (5-10%)

Descripción Geológica	Plataforma estructural al pie del Cerro del Castillo que representa la terminación oriental de los relieves estructurales que caracterizan el borde sur de la cuenca neógena de Lorca y la separa de la Depresión del Guadalentín, situándose en el bloque levantado de la Falla de Lorca-Alhama de Murcia. La actividad tectónica cuaternaria y procesos de erosión diferencial conforman estas plataformas estructurales sobre calcarenitas, conglomerados y margas miocenas que dominan la parte alta de la ciudad de Lorca.

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Calcarenitas, conglomerados y margas	Calcarenitas, conglomerados y margas	Estratificado; Fracturado	Consolidado	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Mioceno	Sin datos	0,19	0,36

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ladrillo, mampostería	Iglesia, Torre	Único	Grave	VII MSK

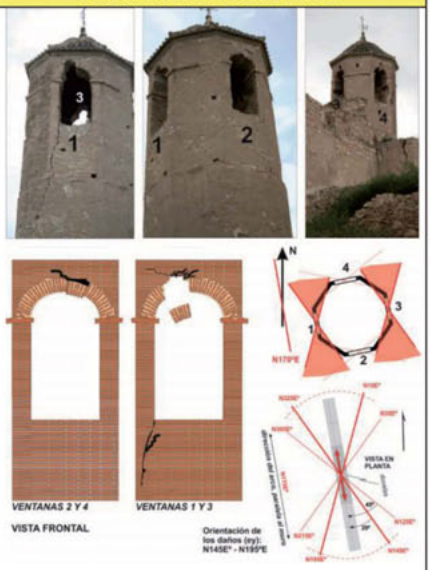
EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	HUNDIMIENTO DE DOVELAS: EAE/7

Descripción: La Iglesia de San Juan, que se sitúa en la zona más noroccidental de la plataforma estructural sobre cuya cima se asienta el Castillo de Lorca, sufrió graves daños a raíz del terremoto de mayo del 2011. La Iglesia, construida en el siglo XV, presenta diferentes daños en su fábrica, como algunas fracturas en su cúpula y algunas grietas en los muros, aunque la parte más afectada fue su torre. La torre tiene una planta octogonal con cuatro ventanas opuestas dos a dos; los daños se concentran en las fachadas orientadas según NNO-SSE, afectando fundamentalmente a los paños de los muros y a los arcos de ladrillo que forman las ventanas.

Interpretación: Las ventanas de la torre de la iglesia presentan diferente grado de daño en función de la orientación que presentan. Las ventanas orientadas según NNO-SSE (N170ºE) (ventanas 1 y 3) son las más dañadas; presentan daños importantes en los arcos de ladrillo, con colapso de las zonas centrales. En cambio, las ventanas que se encuentran en las paredes orientadas según ENE-OSO (ventanas 2 y 4) presentan un grado de daño mucho menor, sin llegar a producir el colapso de los arcos de ladrillo. Según la metodología propuesta por Giner *et al.* (2011) estos daños responderían un movimiento de cizalla cíclico de la torre subparalelo a las fachadas de los arcos más dañados, es decir a las fachadas de la torre orientadas según NNO-SSE (N170ºE). Según estos autores este movimiento de cizalla es subparalelo a la dirección de máxima deformación inducida por el terremoto en ese punto. Estos efectos son visibles en otros edificios de la ciudad como en la Iglesia de Santiago (ver INS20110511.18.03). Los datos de orientación de la máxima deformación deducidos en esta estructura son subaparalelos a los deducidos del análisis en otras estructuras de la ciudad (Giner *et al.*, 2012b).

Cuantificación: Los daños descritos indicaría un grado de intensidad mínimo de VII EMS, y dado que la iglesia no presentaba daños importantes en el resto de sus instalaciones que nos permitan considerar una intensidad más elevada, asignamos a este efecto una intensidad VII, consistente con la intensidad EMS asignada a la zona de Lorca (subida al Cerro del Castillo) donde se encuentra.



Daños orientados en las ventanas de la Torre de la Iglesia de San Juan, Lorca (modificado de Giner et al., 2012a)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VII	Calidad de los datos (Qg)	I	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:

Giner-Robles, J.L., Pérez-López, R., Silva, P.G., Rodríguez-Pascua, M.A., Bardají, T., Lario, J., Garduño-Monroy, V.H. (2011): Evaluación del daño sísmico en edificios históricos y yacimientos arqueológicos. Aplicación al estudio del riesgo sísmico. Fundación MAPFRE, 100 pp.
Giner-Robles, J.L., R. Pérez-López, P.G. Silva, M.A. Rodríguez-Pascua, T. Bardají Azcárate, J. Lario Gómez, V.H. Garduño Monroy (2012a): Patrimonio sísmico en yacimientos arqueológicos y edificios históricos. Seguridad y Medio Ambiente; 128, 20-34.
Giner-Robles, J.L., R. Pérez-López, P.G. Silva, M.A. Rodríguez-Pascua, F. Martín, L. Cabañas, (2012b): Análisis estructural de daños orientados en el terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011. Aplicaciones en arqueosismología. Bol. Geológico y Minero 123(4), 503-513.

Información Recopilada	*Jorge L. Giner-Robles (UAM) y Pablo G. Silva (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.18.05 *18.05. San Patricio, Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Diversos efectos

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
18 / Lorca	1°41'58,38"O	37°40'37,17"N	351 m	1580 m²	5,5 km	NORNOROESTE	VII EMS / 5,1 Mw

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Abanico Aluvial	Pendiente del terreno	Muy suave (3-5%)
Descripción Geológica	La Ciudad de Lorca se sitúa sobre la zona sur del denominado abanico del Guadalentín, un gran sistema torrencial constituido por los aportes sedimentarios del río Guadalentín a su entrada en la depresión tectónica que lleva su nombre. La mayor parte de sus depósitos son de edad Holocena pero ha tenido (y tiene) actividad registrada desde la Edad de Bronce hasta tiempos modernos. En la parte baja-media de la ciudad se registra la superposición de niveles del Bronce, Romano, Medieval, Musulmán y de época moderna, que constituyen potentes rellenos (c. 5 – 8 m) muy poco consolidados sobre los que se asienta la ciudad (Silva *et al.*, 2008). Los rellenos Holocenos infrayacentes presentan en esta zona potencias de más de 20 m y prácticamente toda la zona se encuentra en el bloque hundido de la Falla de Lorca-Alhama de Murcia.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Gravas arenas y bloques	Gravas arenas y bloques	Masivo	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Holoceno	Holoceno (Histórico)	< 3.500 BP (C^{14})	0,19	0,36

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, ladrillo	Iglesia	Múltiples	Grave	VII EMS

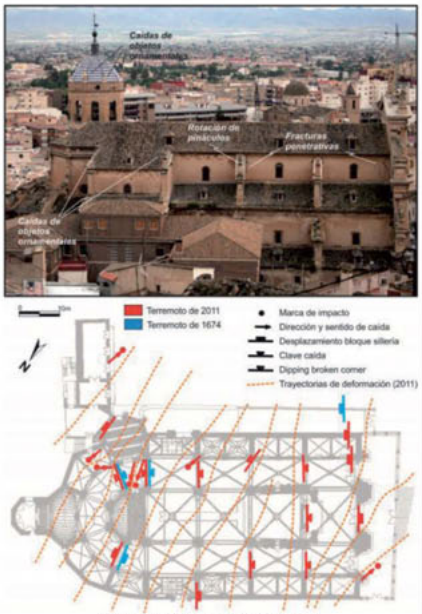
EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	DIVERSOS EFECTOS ARQUESISMOLÓGICOS: EAE/7

Descripción: La Iglesia o Colegiata de San Patricio de Lorca se localiza en el casco viejo de la ciudad y fue construida entre los siglos XVI y XVIII (1533 – 1780). La iglesia sufrió numerosos daños tanto en el exterior como en el interior del edificio. Los daños exteriores se observan fracturas penetrativas en los muros, desplazamientos de bloques de sillería, caídas de objetos ornamentales de la cubierta de la iglesia (pináculos), y efectos de rotación de los pináculos y las estatuas. En el interior de la iglesia se observan numerosos daños relacionados con hundimientos de claves, desplazamientos de bloques de sillería y roturas en esquinas de bloques. Rodríguez-Pascua *et al.* (2012) relacionan la tipología y localización de muchos de los daños del terremoto de 2011 con los daños documentados en la colegiata en el terremoto del año 1674 (VIII EMS) que afectó a la ciudad de Lorca.

Interpretación: Las caídas de la mayoría de los objetos ornamentales fueron en su mayor parte secciones de los pináculos de la zona norte del edificio; las marcas de impacto en las techumbres de la iglesia y en las calles contiguas definen un sentido de caída según N340°. Las fracturas penetrativas observadas casi siempre en las zonas más próximas a la fachada principal o a los contrafuertes de la nave principal se concentran también en la fachada norte del edificio, siendo muy escasas en la fachada sur. En cambio, los giros producidos en estatuas y pináculos, casi todos en sentido de las agujas del reloj, se concentran casi en su totalidad en la fachada sur del edificio. Otros efectos son visibles también, tanto en el interior como en el exterior del edificio, como esquinas de bloques de sillería fracturadas, producidos por movimientos de cizalla horizontales, o como hundimientos de claves de arco, situados todos en arcos orientados NO-SE, no apareciendo en los arcos orientados según NE-SO perpendiculares a los anteriores. A partir de los efectos inventariados en la iglesia y aplicando la metodología de análisis de la deformación propuesta por Giner-Robles *et al.* (2011), se deduce una orientación de máxima deformación común según NNO-SSE (Rodríguez-Pascua *et al.*, 2012), orientación subparalela a las deducidas para el conjunto de la ciudad (Giner-Robles *et al.*, 2012). Rodríguez-Pascua *et al.* (2012) también construyen las trayectorias de máxima deformación a partir de los diferentes efectos puntuales inventariados en este edificio, estableciendo a su vez la coherencia con las deformaciones producidas por el terremoto de 1674.

Cuantificación: La cantidad y tipologías de los daños descritos nos permiten asignar a este sitio una intensidad de grado VII, consistente con la intensidad EMS asignada a la zona de Lorca (Casco Histórico) donde se encuentra en el que se registró una acelreación máxima del terreno (PGA) de 0,36 g.



Iglesia de San Patricio de Lorca (modificado de Rodríguez-Pascua et al., 2012)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VII	Calidad de los datos (Qg)	I	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:

Giner-Robles, J.L., Pérez-López, R., Silva, P.G., Rodríguez-Pascua, M.A., Bardají, T., Lario, J., Garduño-Monroy, V.H. (2011): Evaluación del daño sísmico en edificios históricos y yacimientos arqueológicos. Aplicación al estudio del riesgo sísmico. Fundación MAPFRE, 100 pp.

Giner-Robles, J.L., R. Pérez-López, P.G. Silva, M.A. Rodríguez-Pascua, F. Martín, L. Cabañas (2012): Análisis estructural de daños orientados en el terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011. Aplicaciones en arqueosismología. Bol. Geológico y Minero 123(4), 503-513.

Rodríguez-Pascua, M.A., Pérez-López, R., Martín-González, F., Giner-Robles, J.L. y Silva, P.G. (2012): Efectos arquitectónicos del terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011. Neoformación y reactivación de efectos en el Patrimonio Cultural. Boletín Geológico y Minero, 123 (4), 487-502.

Silva, P.G., Bardají, T., Calmel-Avila, M., Goy, J.L., Zazo, C. (2008). Transition from alluvial to fluvial systems in the Guadalentín Depression (SE Spain) during the Holocene: Lorca Fan versus Guadalentín River. Geomorphology, 100, 140–153.

Información Recopilada	*Jorge Giner-Robles (UAM) y Pablo G. Silva (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.18.06 *18.06. Santo Domingo, Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Caída Orientada

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN (INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS)
18 / Lorca	1°41'49,81"O	37°40'45,45"N	340 m	2.310 m²	5,4 km	NORNOROESTE	VII EMS / 5,1 Mw

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Abanico Aluvial	Pendiente del terreno	Muy suave (3-5%)

Descripción Geológica
La Ciudad de Lorca se sitúa sobre la zona sur del denominado abanico del Guadalentín, un gran sistema torrencial constituido por los aportes sedimentarios del río Guadalentín a su entrada en la depresión tectónica que lleva su nombre. La mayor parte de sus depósitos son de edad Holocena pero ha tenido (y tiene) actividad registrada desde la Edad de Bronce hasta tiempos modernos. En la parte baja-media de la ciudad se registra la superposición de niveles del Bronce, Romano, Medieval, Musulmán y de época moderna, que constituyen potentes rellenos (c. 5 – 8 m) muy poco consolidados sobre los que se asienta la ciudad (Silva *et al.*, 2008). Los rellenos Holocenos infrayacentes presentan en esta zona potencias de más de 20 m y prácticamente toda la zona se encuentra en el bloque hundido de la Falla de Lorca-Alhama de Murcia.

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Gravas arenas y bloques	Gravas arenas y bloques	Masivo	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Holoceno	Holoceno (Histórico)	< 3.500 BP (C^{14})	0,19	0,36

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, ladrillo	Conjunto monumental (iglesia, claustro, capilla)	Múltiples	Graves	VII EMS

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO: EAE/7

Descripción: La Iglesia de Santo Domingo situada en el centro histórico de Lorca fue construida entre los siglos XVI-XVIII y está construida en diferentes épocas y con diferente tipología de construcción, por lo que los daños sufridos tras este terremoto son diferentes según la zona afectada del edificio. Sufrieron importantes daños la zona del claustro, la iglesia de Santo Domingo y la Capilla del Rosario.

Interpretación: En el claustro presenta dos orientaciones de arcadas perpendiculares entre sí, según N170ºE y según N80ºE. El terremoto produjo el colapso parcial de parte de la arcada orientada según N170ºE, rompiendo una de las columnas de la planta inferior y produciendo el colapso de las dos arcadas contiguas, dejando otros bloques cercanos con desplazamientos centimétricos (Martínez Ríos, 2012.). En la iglesia se observan grietas generalizadas, quedando afectadas también las torres: en la torre norte aparecieron grietas en aspa y el torreón central presentaba importantes fracturas en las esquinas. La bóveda de la capilla del Rosario quedó desgajada y desplazada hasta 12 cm en la dirección NNO-SSE. Todos los desplazamientos y daños son coherentes con una dirección de máxima deformación según NNO-SSE, coherentes con la obtenida para toda la ciudad de Lorca (Giner-Robles *et al.*, 2012).

Cuantificación: Los diferentes daños inventariados en este conjunto monumental nos indican una intensidad grado VII, consistente con la intensidad EMS asignada a la zona de Lorca (Casco Histórico) donde se encuentra.



Daños en el claustro de la Iglesia de Santo Domingo de Lorca

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VII	Calidad de los datos (Qg)	I	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:

Giner-Robles, J.L., R. Pérez-López, P.G. Silva, M.A. Rodríguez-Pascua, F. Martín, L. Cabañas (2012): Análisis estructural de daños orientados en el terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011. Aplicaciones en arqueosismología. Bol. Geológico y Minero, 123(4), 503-513.
Martínez Ríos, C. (2012): Protocolo de actuación para la protección de los bienes culturales de Lorca tras el terremoto de 2011. Boletín Geológico y Minero, 123 (4), 559-574.
Silva, P.G., Bardají, T., Calmel-Avila, M., Goy, J.L., Zazo, C. (2008): Transition from alluvial to fluvial systems in the Guadalentín Depression (SE Spain) during the Holocene: Lorca Fan versus Guadalentín River. Geomorphology, 100, 140–153.

Información Recopilada	*Jorge Giner-Robles (UAM) y Pablo G. Silva (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.18.07 *18.07. San Francisco, Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Hundimiento de dovelas

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación Epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
18 / Lorca	1°42'0,27"O	37°40'22,02"N	340 m	3.838 m²	6,0 km	NORNOROESTE	VII EMS / 5,1 Mw

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Abanico Aluvial	Pendiente del terreno	Muy suave (3-5%)
Descripción Geológica	La Ciudad de Lorca se sitúa sobre la zona sur del denominado abanico del Guadalentín, un gran sistema torrencial constituido por los aportes sedimentarios del río Guadalentín a su entrada en la depresión tectónica que lleva su nombre. La mayor parte de sus depósitos son de edad Holocena pero ha tenido (y tiene) actividad registrada desde la Edad de Bronce hasta tiempos modernos. En la parte baja-media de la ciudad se registra la superposición de niveles del Bronce, Romano, Medieval, Musulmán y de época moderna, que constituyen potentes rellenos (c. 5 – 8 m) muy poco consolidados sobre los que se asienta la ciudad (Silva *et al.*, 2008). Los rellenos Holocenos infrayacentes presentan en esta zona potencias de más de 20 m y prácticamente toda la zona se encuentra en el bloque hundido de la Falla de Lorca-Alhama de Murcia.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Gravas arenas y bloques	Gravas arenas y bloques	Masivo	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Holoceno	Holoceno (Histórico)	< 3.500 BP (C^{14})	0,19	0,36

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Sillería, ladrillo	Iglesia	Múltiples	Grave	VII EMS

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	HUNDIMIENTOS DE DOVELAS: EAE/7

Descripción: La Iglesia de San Francisco o de El Paso Azul, que está situada en el casco histórico de la ciudad de Lorca y fue construida en el siglo XVII, sufrió daños importantes en su estructura a raíz de este terremoto, aunque la parte más dañada fue la parte superior de la torre. La torre presentaba fisuras y profundas grietas en prácticamente todos los muros, pero los daños fueron especialmente graves en la parte superior de la estructura, con desarrollo de grietas penetrativas que afectaban de forma importante a la ventana con el hundimiento de la clave del arco de la ventana.

Interpretación: La fachada más dañada es la cara de la torre orientada según ESE (N95ºE), con desarrollo de grietas que afectan a la ventana, produciendo el colapso de la clave del arco, quedando el sillar en equilibrio precario sin llegar a caer. En la imagen también se puede observar la inclinación con la que quedó la cruz de la cúspide. La dirección de máxima deformación deducida para estos efectos presenta una orientación menos norteada que la deducida para el conjunto de la ciudad (Giner-Robles *et al.*, 2012). Estos autores realizan un análisis de las variaciones observadas en estas orientaciones y lo relacionan con la presencia de fallas que atraviesan la ciudad, sectorizándola en bloques que se comportan de forma distinta frente a la deformación inducida por el sismo, produciéndose pequeñas variaciones en la orientación de la dirección de máxima deformación.

Cuantificación: Los daños inventariados permiten establecer un grado mínimo de intensidad mínima de grado VII, consistente con la intensidad EMS asignada a la zona de Lorca donde se encuentra.



Campanario de la Iglesia de San Francisco (Lorca) (modificado de Rodríguez-Pascua et al., 2012).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VII	Calidad de los datos (Qg)	I	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:

Giner-Robles, J.L., R. Pérez-López, P.G. Silva, M.A. Rodríguez-Pascua, F. Martín, L. Cabañas (2012): Análisis estructural de daños orientados en el terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011. Aplicaciones en arqueosismología. Bol. Geológico y Minero 123(4), 503-513.

Rodríguez-Pascua, M.A., Pérez-López, R., Martín-González, F., Giner-Robles, J.L., Silva, P.G. (2012): Efectos arquitectónicos del terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011. Neoformación y reactivación de efectos en el Patrimonio Cultural. Boletín Geológico y Minero, 123 (4), 487-502.

Silva, P.G., Bardají, T., Calmel-Avila, M., Goy, J.L., Zazo, C. (2008): Transition from alluvial to fluvial systems in the Guadalentín Depression (SE Spain) during the Holocene: Lorca Fan versus Guadalentín River. Geomorphology, 100, 140–153.

Información Recopilada	*Jorge Giner-Robles (UAM) y Pablo G. Silva (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.18.08 *18.08. Santa María, Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Claves extruidas

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
18 / Lorca	1°42'3,88"O	37°40'41,80"N	392 m	890 m²	5,4 km	NORNOROESTE	VII EMS / 5,1 Mw

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Cerro tabular (plataforma estructural)	Pendiente del terreno	Suave (5-10%)
Descripción Geológica	Plataforma estructural al pie del Cerro del Castillo que representa la terminación oriental de los relieves estructurales que caracterizan el borde sur de la cuenca neógena de Lorca y la separa de la Depresión del Guadalentín, situándose en el bloque levantado de la Falla de Lorca-Alhama de Murcia. La actividad tectónica cuaternaria y procesos de erosión diferencial conforman estas plataformas estructurales sobre calcarenitas, conglomerados y margas miocenas que dominan la parte alta de la ciudad de Lorca.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Calcarenitas, conglomerados y margas	Calcarenitas, conglomerados y margas	Estratificado; Fracturado	Consolidado	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Mioceno	Sin datos	0,19	0,36

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ladrillo, sillería	Iglesia	Múltiples	Moderado	VII EMS

EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	CLAVES EXTRUIDAS: EAE/7

Descripción: La Iglesia de Santa María del siglo XVI, se encuentra en ladera este de la plataforma en la que se asienta el castillo, a menos de 100 m de esta fortaleza. La restauración de esta iglesia finalizó unos meses antes de la ocurrencia del sismo de mayo de 2011. Los principales daños inventariados en esta iglesia (González Ballesteros *et al*., 2012) se localizan principalmente en la torre de planta cuadrada, en los muros principales, y en los arcos de las naves de la iglesia, naves que carecen de la techumbre por no haberse contemplado su reconstrucción en la restauración realizada. Los daños en la torre son caídas de elementos ornamentales (balaustrada de la terraza), fracturas penetrativas de varios metros de longitud en las cuatro fachadas de la torre, afectando también a los arcos de las ventanas de la parte superior de la torre. Los daños en el resto de muros de la iglesia son fundamentalmente colapsos parciales y caídas de algunos bloques. Las deformaciones en los arcos se caracterizan por la extrusión de algunas de las dovelas de los arcos de la nave lateral de la iglesia. El movimiento de estas piezas desplazó también las láminas protectoras de cobre que se habían colocado en la restauración realizada para evitar el deterioro de los arcos (Rodríguez-Pascua *et al*., 2012).

Interpretación: Rodríguez-Pascua *et al.* (2011) definieron, a partir de los efectos de claves extruidas en esta iglesia, un nuevo efecto arqueológico de terremotos. Este tipo de efectos con movimiento de dovelas o de claves de arco, siempre se habían descrito en la literatura científica como hundimientos de las piezas y nunca como movimientos hacia arriba de las mismas. Estos autores interpretaron este efecto como consecuencia del movimiento del suelo subparalelo al arco orientado NO-SE, orientación coherente con los resultados obtenidos de orientación de máxima deformación para el conjunto de la ciudad de Lorca (Giner-Robles *et al*., 2012). El hecho de que la clave extruyera en vez de hundirse, puede estar relacionado con la falta de carga vertical de los arcos, ya que la restauración de la iglesia solo asentó y conservó los arcos sin reconstruir la cubierta de las naves de la iglesia.

Cuantificación: Los daños descritos nos permiten asignar un grado de intensidad mínima de grado VII, consistente con la intensidad EMS asignada a la zona de Lorca (Ladera del Castillo) donde se encuentra.



Daños en la Iglesia de Santa María (modificado de Rodríguez-Pascua et al., 2012).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VII	Calidad de los datos (Qg)	I	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:

Giner-Robles, J.L., R. Pérez-López, P.G. Silva, M.A. Rodríguez-Pascua, F. Martín, L. Cabañas (2012): Análisis estructural de daños orientados en el terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011. Aplicaciones en arqueosismología. Bol. Geológico y Minero 123(4), 503-513.
González Ballesteros, J.Á., Gallardo Carrillo, J., López Aguilera, V. (2012): Afecciones ocasionadas por el terremoto en el conjunto de panteones históricos del cementerio de San Clemente, iglesia de Santa María, iglesia de San Pedro y la Fuente del Oro de Lorca, Murcia. Boletín Geológico y Minero, 123 (4), 537-548.
Rodríguez-Pascua, M.A., Pérez-López, R., Martín-González, F., Giner-Robles, J.L., Silva, P.G. (2012): Efectos arquitectónicos del terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011. Neoformación y reactivación de efectos en el Patrimonio Cultural. Boletín Geológico y Minero, 123 (4), 487-502.

Información Recopilada	*Jorge Giner-Robles (UAM) y Pablo G. Silva (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.18.09 *18.09. Convento de las Clarisas, Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU	EFECTO	EFECTO ARQUESISMOLÓGICO EAE: Efectos múltiples

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
18 / Lorca	1°41'30,57"O	37°40'34,66"N	329 m	3.200 m²	5,8 km	NORNORESTE	VII EMS / 5,1 Mw

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Abanico Aluvial	Pendiente del terreno	Muy suave (3-5%)

Descripción Geológica
La Ciudad de Lorca se sitúa sobre la zona sur del denominado abanico del Guadalentín, un gran sistema torrencial constituido por los aportes sedimentarios del río Guadalentín a su entrada en la depresión tectónica que lleva su nombre. La mayor parte de sus depósitos son de edad Holocena pero ha tenido (y tiene) actividad registrada desde la Edad de Bronce hasta tiempos modernos. En la parte baja-media de la ciudad se registra la superposición de niveles del Bronce, Romano, Medieval, Musulmán y de época moderna, que constituyen potentes rellenos (c. 5 – 8 m) muy poco consolidados sobre los que se asienta la ciudad (Silva *et al.*, 2008). Los rellenos Holocenos infrayacentes presentan en esta zona potencias de más de 20 m y prácticamente toda la zona se encuentra en el bloque hundido de la Falla de Lorca-Alhama de Murcia.

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Gravas arenas y bloques	Gravas arenas y bloques	Masivo	Sin consolidar	IV (2,0)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Holoceno	Holoceno (Histórico)	< 3.500 BP (C^{14})	0,19	0,36

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ladrillo, sillería	Iglesia, dependencias del monasterio	Múltiples	Destructivo	VII EMS

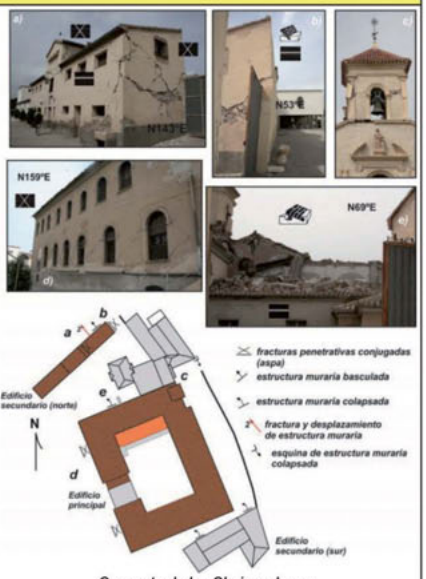
EFECTO ARQUESISMOLÓGICO CATALOGADO

Categoría de Efecto EAE	Efecto Secundario	Tipo de Efecto EAE	EFECTOS MÚLTIPLES: EAE/7

Descripción: El convento de las Clarisas de Lorca, construido en el siglo XVII está situado en la margen izquierda de la rambla de La Tiata (distributario del Guadalentín) a su paso por la ciudad. Todos los edificios que conforma el convento sufrieron daños en mayor o menor medida. Se produjo el colapso parcial de la iglesia del convento con la caída hacia el NO de todo el lienzo norte de la nave principal. La torre de la iglesia sufrió daños considerables, con múltiples fracturas horizontales que la dejaron en grave peligro de colapso. En el edificio principal se produjeron fracturas en aspa afectando principalmente a los muros orientados según NO-SE. En los edificios auxiliares al norte y sur del edificio principal, también se observaron fracturas en aspa en los muros NO-SE; y colapsos y basculamientos en los muros orientados según ENE-OSO.

Interpretación: Este es uno de los edificios históricos de la ciudad de Lorca con mayor cantidad de daños inventariados. La nave de la iglesia sufrió el colapso del muro norte hacia el NO, lo que provoca el hundimiento del techo de la iglesia. La torre aparece con grandes fracturas subhorizontales que prácticamente la parten por la mitad; esta deformación parece estar relaciona con el colapso de la pared norte de la iglesia. Los muros y fachadas orientados según ENE-OSO presentan fracturas horizontales que indican un movimiento perpendicular al muro. Las fachadas con orientación según NO-SE presentan grietas penetrativas en forma de aspa, grietas que indican el movimiento de cizalla cíclico subparalelo a la pared. El análisis de las orientaciones principales de daños en este edificio corrobora la metodología propuesta por Giner *et al.* (2011), ya que el conjunto de daños inventariados y analizados en el edificio muestra una dirección común de máxima deformación según NO-SE, subparalela a la definida para el conjunto de los daños establecidos en la ciudad de Lorca (Giner *et al.*, 2012b). La gran cantidad de daños del edificio puede estar relacionada con fenómenos de amplificación de la deformación dada su cercanía a la rambla.

Cuantificación: Los múltiples daños descritos nos indican el grado de intensidad mínimo de VII, consistente con la intensidad EMS asignada a la zona de Lorca (próximo a la Virgen de las Huertas y Estación de Sutullena) donde se encuentra.



Convento de las Clarisas, Lorca (modificado de Giner et al., 2012a).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL	VII	Calidad de los datos (Qg)	I	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:

Giner-Robles, J.L., Pérez-López, R., Silva, P.G., Rodríguez-Pascua, M.A., Bardají, T., Lario, J. Garduño-Monroy, V.H. (2011): Evaluación del daño sísmico en edificios históricos y yacimientos arqueológicos. Aplicación al estudio del riesgo sísmico. Fundación MAPFRE, 100 pp.
Giner-Robles, J.L., R. Pérez-López, P.G. Silva, M.A. Rodríguez-Pascua, T. Bardají Azcárate, J. Lario Gómez, V.H. Garduño Monroy (2012a): Patrimonio sísmico en yacimientos arqueológicos y edificios históricos. Seguridad y Medio Ambiente; 128, 20-34.
Giner-Robles, J.L., R. Pérez-López, P.G. Silva, M.A. Rodríguez-Pascua, F. Martín, L. Cabañas (2012b): Análisis estructural de daños orientados en el terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011. Aplicaciones en arqueosismología. Bol. Geológico y Minero 123(4), 503-513.
Silva, P.G., Bardají, T., Calmel-Avila, M., Goy, J.L., Zazo, C. (2008): Transition from alluvial to fluvial systems in the Guadalentín Depression (SE Spain) during the Holocene: Lorca Fan versus Guadalentín River. Geomorphology, 100, 140–153.

Información Recopilada	*Jorge Giner-Robles (UAM) y Pablo G. Silva (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos y Ambientales de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.19.01 *19.01. Los Cautivos, Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/6

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
19 / Los Cautivos	1°47'35,60"O	37°42'20,27"N	428 m	400 m²	9,7 km	ENE	VII EMS / 5,1 Mw

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Escarpe rocoso	Pendiente del terreno	Fuerte (15-30%)

Descripción Geológica
Los Cautivos es una zona situada a unos 8,9 km al Noroeste de Lorca inmediatamente aguas abajo del Embalse de Puentes. La erosión diferencial de series de margas y areniscas tortonienses a lo largo de la margen derecha de la Rambla de Enmedio (Los Cautivos), en su zona de confluencia con el Guadalentín, da lugar a una serie de relieves estructurales en cuesta de dirección NO-SE. Estos conforman escarpes rocosos en areniscas, en ocasiones con socaves basales en las margas infrayacentes, que hacen que los desplomes sean un proceso importante en la zona.

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Margas, Limos y Areniscas	Margas, Limos y Areniscas	Estratificado; Meteorizado	Semi-consolidado	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Mioceno	Sin datos	Sin datos	Sin datos

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	Sin datos

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA SM/6

Descripción: bloques desprendidos a favor de escarpes rocosos en areniscas tortonienses en la margen derecha de la Rambla de Enmedio. En esta zona la rambla se encaja en un importante codo a favor de la estratificación de las alternancias de margas (menos resistentes) y areniscas (más resistentes), dando lugar estas últimas a importantes resaltes rocosos En algunos sectores los resaltes rocosos presentan socaves inferiores a favor de los materiales margosos infrayacentes, desarrollándose pequeñas viseras rocosas muy susceptibles a los procesos de desprendimiento y caída de bloques, como lo demuestran los numerosos bloques caídos existentes en la zona. La mayoría de estos bloques caídos son previos al terremoto, pero algunos de ellos, de unos 2x2 m, se desprendieron durante el evento. Desprendimientos catalogados por Alfaro *et al* (2012) y Silva *et al*. (2013).

Interpretación: Desprendimientos de poca envergadura en resaltes y viseras rocosas, de por sí susceptibles a este tipo de procesos. Los cantiles subverticales forman resaltes en la ladera de una pendiente del 25%. La orientación de los resaltes rocosos (NE-SO) es transversal a la dirección de estratificación (NO-SE) y de fracturación (N110-120ºE) preferentes, dando lugar a resaltes y escarpes muy quebrados de algo más de 4 m de altura. Los bloques desprendidos cayeron fundamentalmente hacia el ONO, hacia el propio cauce de la rambla, en la mayoría de los casos con poco recorrido (< 10 m). Algunos de estos bloques pudieron ser removilizados durante la sacudida sísmica.

Cuantificación: Las dimensiones métricas de los casos de desprendimientos de bloques indican una intensidad máxima VI ESI-07, coherente con la intensidad VI EMS asignada a la localidad más próxima (El Río), situada a unos 2 km al Oeste de este punto (Martínez Solares *et al*., 2012).



Desprendimientos rocosos en las inmediaciones de la Rambla de En medio cerca de su confluencia con el Guadalentín, aguas arriba de Los Cautivos.

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VI	Calidad de los datos (Qg)	I	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:

Alfaro, P., Delgado, J., García-Tortosa, F.J., Lenti, L., López, J.A., López-Casado, C., Martino. S. (2012a): Widespread landslides induced by the Mw 5.1 earthquake of 11 May 2011 in Lorca, SE Spain. Engineering Geology 137-138, 40–52.

Martínez Solares, J.M., Cantavella Nadal, J.V., Cabañas Rodríguez, L., Valero Zomosa, J.F. (2012): El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Física de la Tierra, 24. 17-40.

Silva, P.G., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Giner, J.L. Huerta, P., Bardají, T., Martín-González, F. (2013): Earthquake Environmental Effects (EEEs) triggered by the 2011Lorca earthquake (Mw 5.2), Betic Cordillera, SE Spain): Application of the ESI-07 Macroseismic Scale. INQUA Proceedings, 4. 237-240.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva y Beatriz Gómez Díaz, Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.20.01 *20.01. Peña Rubia, Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
20 / Peña Rubia	1°44'35,38"O	37°39'59,68"N	817 m	0,29 km²	8,3 km	NNE	VII EMS / 5,2 Mw

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Escarpes estructurales	Pendiente del terreno	Muy fuerte (30-50%)
Descripción Geológica	La Sierra de Peña Rubia, de dirección general, E-O se alza sobre el borde Sur de la Cuenca Neógena de Lorca al Oeste del Cerro del Castillo. Está constituida fundamentalmente por series de filitas rojas, pizarras, cuarcitas pérmicas y rocas carbonatadas triásicas Alpujárrides de la Sierra de Las Estancias. Estos materiales metamórficos se encuentran densamente foliados y bastante meteorizados constituyendo laderas inestables, en cuyas zonas basales se registraron procesos de desprendimiento y avalanchas. Por otro lado, las rocas calizas y dolomías triásicas constituyen los materiales más resistentes, individualizándose grandes bloques rocosos durante el terremoto.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Metamórfico: Filitas, pizarras y cuarcitas	Filitas, pizarras y cuarcitas	Foliado; Meteorizado	Semi-consolidado	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Triásico	Triásico	Sin datos	0,36	Sin datos

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Caminos y pistas asfaltadas	Algunas	Moderado	Sin datos

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA SM/7

Descripción: Desprendimientos de resaltes rocosos de calizas y dolomías triásicas en la vertiente sur de Peña Rubia, entre 8 y 9 km de distancia epicentral, afectando a los caminos y carreteras que atraviesan la zona y, en algunos casos, dejándolos inutilizados. Los desprendimientos sobrepasaron en algunos casos los 100-200 m³ y bloques de grandes dimensiones (c. 10 m³) cayeron hacia la zona de la carretera a lo largo de algo más de 20-30 m de distancia (run-out). En la mayoría de los casos, las direcciones de caída estuvieron fuertemente condicionadas por la pendiente del terreno y por la orientación de los taludes artificiales de la carretera que atraviesa la zona.

Interpretación: Caídas de grandes bloques y deslizamientos de entidad moderada en la zona sur de la Sierra de Peña Rubia. En todos los casos, los materiales afectados son las filitas y pizarras pérmicas y los bloques desprendidos responden a calizas y dolomías triásicas. Las direcciones de caída son variadas y condicionadas por la pendiente del terreno y orientación de los taludes artificiales, indicando que, en la mayoría de los casos, estas zonas eran de por sí ya inestables. Se provocaron daños significativos en la carretera.

Cuantificación: Los volúmenes de los procesos de ladera en esta zona indican una intensidad mínima de VI ESI-07. No obstante, su proximidad (1,5 – 2,5 km) a otras zonas donde se alcanzó intensidad VII en la vertiente opuesta (Norte), permite englobar esta zona junto con las anteriores. En esta vertiente sur el único dato de intensidad EMS consignado corresponde a la barriada de La Torrecilla, localizada 5,5 km al Sur en el interior de la Sierra de Las Estancias, a la que se le asignó una intensidad de VI EMS (Martínez Solares *et al.*, 2012). Por el contrario, la zona de desprendimientos se encuentra a escasos 3,5 km de Lorca donde se registró la intensidad VII que asignamos a esta zona.



Desprendimientos de grande bloques de rocas carbonatadas triásicas en la vertiente sur de Peña Rubia.



Deslizamientos en la carretera de la vertiente sur de Peña Rubia. Fotos J.J. Martínez Díaz (UCM)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	I	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:

Alfaro, P., Delgado, J. García-Tortosa, F.J., Lenti, L., López, J.A., López-Casado, C., Martino. S. (2012a): Widespread landslides induced by the Mw 5.1 earthquake of 11 May 2011 in Lorca, SE Spain. Engineering Geology 137-138, 40–52.

Martínez Solares, J.M., Cantavella Nadal, J.V., Cabañas Rodríguez, L., Valero Zomosa, J.F. (2012): El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Física de la Tierra, 24. 17-40.

Silva, P.G., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Giner, J. L. Huerta, P., Bardají, T., Martín-González F. (2013): Earthquake Environmental Effects (EEEs) triggered by the 2011Lorca earthquake (Mw 5.2), Betic Cordillera, SE Spain): Application of the ESI-07 Macroseismic Scale. INQUA Proceedings, 4. 237-240.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva y Beatriz Gómez Díaz, Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.21.01 *21.01. Rambla 17 Arcos, Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU		EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7 	
Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
21 / Rambla 17 Arcos	1°46'28,51"O	37°40'52,57"N	460 m	0,012 km²	9,3 km	NE	VII EMS / 5,1 Mw

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Relieve en cuesta	Pendiente del terreno	Escarpada (50-70%)
Descripción Geológica	Relieves en cuesta sobre calcarenitas miocenas fuertemente buzando hacia el NNE que caracterizan el borde Sur de la antigua cuenca Neógena de Lorca. Los afloramientos de las calcarenitas dan lugar a cantiles muy escarpados en todo el perímetro del relieve en cuesta, en los que son comunes los procesos de caídas de rocas. Estos relieves estructurales localmente se conocen como "cejos". La rambla de los 17 Arcos se encuentra situada entre el Cejo del Consejero y el de Campico Alto formando un estrecho cañón de dirección NE-SO a unos 8 km al Oeste de la ciudad de Lorca.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Calcarenitas	Calcarenitas	Estratificada; Meteorizada	Consolidado	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno	Mioceno	Sin datos	0,19	0,36

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	Sin datos

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA SM/7

Descripción: En la Rambla de los 17 Arcos se localizaron las inestabilidades de mayor tamaño que desencadenó el terremoto de mayo de 2011 en Lorca. Pese a una geometría y estructura geológica sencilla, sub-horizontal, las grandes inestabilidades se localizaron todas en la ladera oriental del valle, mientras que en la ladera occidental solo se produjeron pequeños desprendimientos (Alfaro *et al*., 2012a; 2012b). Los desprendimientos de rocas tuvieron recorridos de unos 200 m y afectaron severamente a la vegetación de las zonas inferiores de las laderas provocando impactos y roturas en árboles, generando importantes corredores en la vegetación. El mayor de ellos recorrió unos 255 m saltando la rambla hasta llegar a la carretera que discurre por la parte baja de la ladera opuesta El desprendimiento mayor movilizó un volumen aproximado algo superior a los 1.500 m³, con bloques desprendidos cercanos a los 80 m³ (Alfaro *et al*., 2012; Silva *et al*., 2013). Los desprendimientos en la ladera opuesta fueron más numerosos pero involucrando volúmenes por lo general inferiores a los 50 m³.

Interpretación: Desprendimientos y avalanchas de rocas fueron procesos comunes en toda la serie de relieves estructurales del borde sur de la Cuenca Neógena de Lorca, incluyendo los diferentes cejos, relieves de Las Viñas y el Cerro del Castillo, donde en total se registraron algo más de 50 casos. Alfaro *et al* (2012a) indican que posibles efectos de amplificación topográfica y la debilidad producida por el premonitor (4,5 Mw) pocas horas antes, seguramente contribuyeron a multiplicar este tipo de fenómenos en las zonas afectadas, fundamentalmente en la parte superior de los cantiles. Los distintos modelos teóricos de aceleraciones (Benito *et al*., 2012) indican que esta zona del borde Sur de la Cuenca de Lorca sufrió aceleraciones en torno a los 0,16-0,18 g. Esta zona ha sido objeto de un estudio numérico detallado (Alfaro *et al*., 2012b) concluyendo que el ángulo de incidencia de los ondas sísmicas controló la severidad de la sacudida y, en consecuencia, la localización de las inestabilidades dentro las laderas.

Cuantificación: Las dimensiones de los desprendimientos en esta zona, con volúmenes de más de 1.000 m³, así como la extensión areal de los mismos para el conjunto de la zona afectada superior a los 100 km² (Alfaro *et al*., 2013) indican una intensidad VII ESI-07 (Silva *et al*., 2013). La localidad más cercana con datos EMS es El Río (VI) que se encuentra a unos 3 km al Norte de la zona de la rambla que sufrió los desprendimientos (Martínez Solares *et al*., 2012). Los datos indican que a lo largo del borde Sur de la Cuenca de Lorca, delimitado por los relieves estructurales, se registró intensidad VII al menos hasta la zona de la Rambla de los 17 Arcos, situada a unos 7,5 km de Lorca y unos 9 km de distancia epicentral (Silva *et al*., 2013). Los datos de aceleraciones derivadas de modelos teóricos también sitúan esta zona en el límite inferior de intensidad VII consideradas por las escalas tradicionales (MMI).



Desprendimientos Rambla de los 17 Arcos. Foto original J.J. Martínez Díaz (UCM).



Imagen Google Earth de la Rambla de los 17 Arcos (vista desde el Sur)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	I	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:

Alfaro, P., Delgado, J., García-Tortosa, F.J., Lenti, L., López, J.A., López-Casado, C., Martino. S. (2012a): Widespread landslides induced by the Mw 5.1 earthquake of 11 May 2011 in Lorca, SE Spain. Engineering Geology 137-138, 40–52.

Alfaro, P., Delgado, J., García-Tortosa, F.J., Giner, J.J., Lenti, L. López, J.A. López-Casado, C. Martino. S., Scarascia Mugnozza G. (2012b): The role of near-field interaction between seismic waves and slope on the triggering of a rockslide at Lorca (SE Spain). Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 12, 3631–3643

Silva, P.G., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Giner, J.L., Huerta, P., Bardají, T., Martín-González, F. (2013). Earthquake Environmental Effects (EEEs) triggered by the 2011 Lorca earthquake (Mw 5.2, Betic Cordillera, SE Spain): Application of the ESI-07 Macroseismic Scale. INQUA Proceedings, 4. 237-240.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva y Beatriz Gómez Díaz, Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.23.01 *23.01. Rambla El Dorado, Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU		EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7 	
Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
23 / Rambla	1°41'43,57"O	37°44'32,06"N	444 m	570 m²	1,9 km	SSE	VII EMS / 5,1 Mw

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Ladera Barranco	Pendiente del terreno	Cantil (>70%)
Descripción Geológica	La Rambla El Dorado se encuentra en el centro de Cuenca neógena de Lorca. Se trata de un barranco de dirección general NNE-SSO que se desarrolla a la espalda de los sistemas de cuestas de La Serrata. Al igual que Barranco Hondo, desarrolla un valle con morfología en "U", de tipo cañón, con paredes muy verticales y afectadas por numerosos procesos de deslizamientos y caídas de rocas en materiales margosos con intercalaciones de areniscas y conglomerados de edad Messiniense variablemente meteorizados. La zona catalogada se encuentra en la confluencia de la Rambla del Dorado con el Barranco de la Churrilla.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario:	Margas, areniscas y conglomerados	Estratificado	Semi-consolidado	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno Superior	Mioceno Superior	Sin datos	0,19	Sin datos

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	Sin datos

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA SM/7

Descripción: Caídas de rocas, desprendimientos y desplomes de materiales poco consolidados (generalmente margosos o areniscas) en las paredes subverticales del Barranco de la Churrilla en su zona de confluencia con la Rambla de El Dorado. Todos los desprendimientos se verifican en la ladera norte del barranco a lo largo de un segmento del mismo de dirección E-O de unos 120 m de longitud. Fundamentalmente afectaron a cantiles verticales de más de 10 m de altura, pero la mayoría de los desprendimientos se produjeron en el tercio inferior de los cantiles a favor de pequeños resaltes rocosos en areniscas o conglomerados sobre margas infrayacentes. También se verifican pequeños derrumbes en la base de los cantiles a favor de los materiales margosos menos resistentes. En este sector se movilizaron volúmenes inferiores a los 50 m³ (Silva *et al*., 2013).

Interpretación: La verticalidad del contexto geomorfológico donde se originan este tipo de procesos favorece los desprendimientos de rocas, así como los desplomes y derrumbes de las zonas situadas en el tercio inferior de los cantiles. Estos procesos se produjeron especialmente a favor de pequeños resaltes rocosos (areniscas fundamentalmente) que sobresalen sobre los materiales margosos infrayacentes, que en algunos casos presentan socaves significativos. Esta situación geomorfológica, favorece los procesos de desprendimiento y caída de rocas. Alfaro *et al.* (2012a) inspeccionan este barranco documentando procesos de ladera similares a los aquí descritos en la parte final del Barranco de la Churrilla, fundamentalmente en segmentos de orientación E-O.

Cuantificación El volumen total de material movilizado en Bco. de la Churrilla en la zona de confluencia con la Rambla de El Dorado no es significativo, no llegando a sobrepasar los 700 - 800 m³ en su conjunto (Silva *et al*., 2013). Se encuentra próximo a la zona epicentral (c. 2 km a l NNO) pero las dimensiones de los materiales movilizados no permiten asignar una intensidad superior a VII ESI-07; incluso estaría en la zona inferior de este grado de intensidad. Al contrario de lo que ocurre en Bco. Hondo (zona epicentral) y la sierra de La Tercia (al Este), el cuadrante NNO de la Cuenca de Lorca registra escasos efectos geológicos, siendo el que aquí se documenta el más alejado en este cuadrante geográfico, donde además no se tienen estimaciones de intensidades EMS.



Desprendimientos de rocas en el Barranco de la Churrilla en su zona de confluencia con la Rambla de El Dorado

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	I	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:

Alfaro, P., Delgado, J., García-Tortosa, F.J., Lenti, L., López, J.A., López-Casado, C., Martino. S. (2012a): Widespread landslides induced by the Mw 5.1 earthquake of 11 May 2011 in Lorca, SE Spain. Engineering Geology 137-138, 40–52.

Martínez Solares, J.M., Cantavella Nadal, J.V., Cabañas Rodríguez, L., Valero Zornosa, J.F. (2012): El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Física de la Tierra, 24. 17-40.

Silva, P.G., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Giner, J.L., Huerta, P., Bardají, T., Martín-González F. (2013): Earthquake Environmental Effects (EEEs) triggered by the 2011 Lorca earthquake (Mw 5.2), Betic Cordillera, SE Spain): Application of the ESI-07 Macroseismic Scale. INQUA Proceedings, 4. 237-240.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva y Beatriz Gómez Díaz, Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.26.01 *26.01. Rambla Serrata, Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7 

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
26 / Rambla Serrata	1°42'5,52"O	37°43'8,10"N	420 m	0,2 km²	1,6 km	NE	VII EMS / 5,2 Mw

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Badlands (Cárcavas)	Pendiente del terreno	Muy fuerte (30-50%)
Descripción Geológica	La Rambla de La Serrata constituye una cuenca vertiente, tributaria del Bco. Hondo, que se desarrolla al pie de los relieves en cuesta de La Serrata. Constituye una pequeña cuenca de unos 0,2 km², que desarrolla un importante de sistema de badlands en materiales margosos y arenosos del Mioceno Superior (Tortoniense). Las laderas de la zona de badlands muestran una gran susceptibilidad a procesos de ladera y en sus cabeceras (cárcavas) son visibles procesos de deslizamiento.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario; Margas y arenas	Margas y arenas	Estratificada; Meteorizada	Semi-Consolidado	II (1,3)

Edad sustrato (MAGNA)	Edad materiales (MAGNA)	Edad Numérica	PGA 475 IGN 2012 (g)	PGA Local (g)
Mioceno	Mioceno	Sin datos	0,19	0,36

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	Sin datos

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA SM/7

Descripción: La zona de badlands de la rambla de La Serrata registra hasta nueve procesos de ladera en toda su extensión (Alfaro *et al*., 2012). Estos involucraron desprendimientos de materiales margosos y arenosos en la parte inferior de sus laderas a lo largo de unos 800 m, pero también se consignan procesos de deslizamiento en la zona de cárcava de sus cabeceras, donde pueden superar los 100 - 200 m³ (Silva *et al*., 2013). Aquí se cataloga el más importante, que superó los 150 m³, afectando a la zona de cabecera de una de las cárcavas situada en la zona sur del sistema de badlands.

Interpretación: La proximidad al epicentro, estando en conjunto alrededor de los 1,5 – 2,0 km para la mayor parte de los procesos catalogados, facilitó la multiplicación de los mismos en las zonas de cárcavas. El que aquí se cataloga como representativo, tuvo dimensiones mayores. Se estima un volumen total alrededor de los 1000 m³ para el conjunto del sistema de badlands (Silva *et al*., 2013). Esta zona se encuentra en la zona epicentral del premonitor (4,5 Mw) y, muy probablemente, todos los desprendimientos catalogados fueran facilitados por el debilitamiento de las laderas consecuencia de este primer evento.

Cuantificación: Las dimensiones de los procesos de ladera se encuentran en el rango de lo que en la escala ESI-07 se considera para intensidad VII (100 m³). Dada la cercanía al epicentro (2 – 1,5 km), su frecuencia, volumen total estimado para el conjunto del sistema de badlands (1000 m³) y multiplicidad de los mismos tipos de procesos en el entorno próximo (Sierra de La Serrata y Cuesta Colorada, Barranco de El Dorado y parte final del Barranco Hondo), se le asigna una intensidad en el rango superior de VII ESI-07. En el mapa de intensidades que se adjunta, esta rambla marca el límite de las zonas de intensidad VII-VIII ESI-07.



Zona de badlands en la Rambla de La Serrata

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	I	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:

Alfaro, P., Delgado, J., García-Tortosa, F.J., Lenti, L., López, J.A., López-Casado, C., Martino. S. (2012a): Widespread landslides induced by the Mw 5.1 earthquake of 11 May 2011 in Lorca, SE Spain. Engineering Geology 137-138, 40–52.

Martínez Solares, J.M., Cantavella Nadal, J.V., Cabañas Rodríguez, L., Valero Zomosa, J.F. (2012): El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Física de la Tierra, 24. 17-40.

Silva, P.G., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Giner, J.L., Huerta, P., Bardají, T., Martín-González F. (2013): Earthquake Environmental Effects (EEEs) triggered by the 2011 Lorca earthquake (Mw 5.2), Betic Cordillera, SE Spain): Application of the ESI-07 Macroseismic Scale. INQUA Proceedings, 4. 237-240.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva y Beatriz Gómez Díaz, Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.27.01 *27.01.Tajo-Segura,Canal, Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU		EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/6 (SM)	
Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS
27 / Tajo Segura, Canal	1°39'59,69"O	37°41'38,34"N	331 m	0 km²	4,04 km	SUR	VII EMS / 5,2 Mw

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Zona de Falla (relieves alomados)	Pendiente del terreno	Muy Fuerte (30-50%)
Descripción Geológica	El Canal Tajo-Segura discurre por el piedemonte de la vertiente oriental de La Sierra de la Tercia más o menos paralelo a la traza de la rama sur de la falla de Lorca-Alhama de Murcia. En su mayor parte está excavado en materiales detríticos (conglomerados y areniscas) del Tortoniense superior, yesos y margas del Messiniense y materiales aluviales del Pleistoceno. Todos ellos se encuentran involucrados en la zona de falla. La zona que aquí se cataloga se corresponde al piedemonte del sector Sur de La Tercia, ya en las proximidades de Lorca, y estos materiales se encuentran deformados en diferentes lomas de presión que son atravesadas por el canal de transvase.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Sedimentario: Conglomerados y arenas	Conglomerados y arenas	Estratificado; Fracturado	Semi-Consolidado	III (1,6)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA 475 IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Mioceno superior	Mioceno superior	Sin datos	0,19	0,36

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	VI

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA SM/6

Descripción: Pequeños desprendimientos superficiales en los taludes artificiales del Canal de transvase Tajo-Segura ya en su zona más próxima a Lorca, cerca del acceso a la Autovía del Mediterráneo. Esta zona estuvo sujeta a una intensa inspección de campo por varios equipos (IGME, 2011; Alfaro *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2013) ya que en ella se situó preliminarmente el epicentro del evento principal. Se inspeccionó todo el recorrido del canal entre Lorca y La Hoya (c. 6 km), sin embargo, no se registraron desprendimientos significativos, por lo general inferiores a los 3-5 m³ (Silva *et al.*, 2013). No obstante, en los relieves próximos al Canal se verifican numerosos pequeños desprendimientos en los materiales margosos involucrados en la zona de falla.

Interpretación: Pequeños desprendimientos superficiales en taludes artificiales del Canal Tajo-Segura solo se observaron en su zona más meridional próxima a las zonas urbanas del Norte de Lorca. Los desprendimientos solo se produjeron en los taludes artificiales de mayor pendiente, generalmente superior al 50%, y tan solo en los últimos dos kilómetros antes de su intersección con la Autovía del Mediterráneo.

Cuantificación: Los pequeños desprendimientos en taludes artificiales se consideran en la escala ESI-07 a partir de intensidad IV. No obstante, en esta zona está muy próxima a la Barriada de Carraclaca situada en el bloque hundido de la Falla de Lorca-Alhama de Murcia donde se consigna una intensidad de VI EMS (Martínez solares *et al.*, 2012), que es la intensidad que se le asigna a este efecto.



Pequeños desprendimientos en los taludes artificiales del Canal Tajo-Segura (IGME, 2011)

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VI	Calidad de los datos (Qg)	I	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:

Alfaro, P., Delgado, J., García-Tortosa, F.J., Lenti, L., López, J.A., López-Casado, C., Martino. S. (2012a): Widespread landslides induced by the Mw 5.1 earthquake of 11 May 2011 in Lorca, SE Spain. Engineering Geology 137-138, 40–52.

IGME (2011): Informe geológico preliminar del Terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011 Mw 5,1. IGME, Madrid (Spain). 47 pp.

Martínez Solares, J.M., Cantavella Nadal, J.V., Cabañas Rodriguez, L., Valero Zornosa, J.F. (2012). El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Física de la Tierra, 24. 17-40.

Silva, P.G., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Giner, J.L., Huerta, P., Bardají, T., Martín-González F. (2013): Earthquake Environmental Effects (EEEs) triggered by the 2011Lorca earthquake (Mw 5.2), Betic Cordillera, SE Spain): Application of the ESI-07 Macroseismic Scale. INQUA Proceedings, 4. 237-240.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva y Beatriz Gómez Díaz, Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

LOCALIZACIÓN

CÓDIGO SITIO	INS20110511.28.01 *28.01. Túnel Lorca, Calle Pilones Lorca (Murcia)*	EVENTO	INS20110511 LORCA. MU	EFECTO	MOVIMIENTOS DE LADERA: SM/7 

Código / Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Área localidad	Distancia epicentral	Orientación epicentro	Datos Macrosísmicos IGN (INTENSIDAD y MAGNITUD MÁXIMAS)
28 / Túnel, Calle Pilones	1°42'34,35"O	37°40'22,23"N	430 m	400 m²	6,3 km	NNO	VII EMS / 5,2 Mw

GEOLOGÍA

Contexto Geomorfológico	Zona de Falla (en Ladera)	Pendiente del terreno	Fuerte (30-50%)
Descripción Geológica	El Túnel de Lorca atraviesa la zona de Falla de Lorca-Alhama de Murcia. En su salida sur, la autovía se encuentra excavada en los relieves compresivos del Contractional Duplex de Lorca. Estos, por lo general, involucran a materiales permo-triásicos y miocenos fuertemente deformados sobre los que se disponen materiales calcareníticos, similares a los del Cerro del Castillo, variablemente deformados. Los procesos de ladera que aquí se catalogan afectan fundamentalmente a los materiales permo-triásicos, pero también se produjeron caídas y removilizaciones de bloques de los resaltes calcareníticos superiores.		

TERRENO

Litología Sustrato Rocoso	Litología materiales afectados	Estructura interna	Grado Consolidación	Terreno NCSE02 (C)
Metamórfico: Filitas y Cuarcitas	Filitas, Cuarcitas y Calcarenitas	Intensamente deformados; Meteorizados	Semi-consolidado	II (1,3)
Edad sustrato (MAGNA)	**Edad materiales (MAGNA)**	**Edad Numérica**	**PGA $_{475}$ IGN 2012 (g)**	**PGA Local (g)**
Permo-Triásico	Permo-Triásico y Mioceno Superior	Sin datos	0,19	0,36

DAÑOS

Tipo de Construcción	Tipo de Estructura	Cantidad	Nivel de daño	INT. LOCAL EMS/ MSK
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Sin datos	VI

EFECTO GEOLÓGICO O AMBIENTAL CATALOGADO

Categoría de Efecto ESI-07	Efecto Secundario	Tipo de Efecto ESI-07	MOVIMIENTOS DE LADERA SM/7

Descripción: Desprendimientos en ladera de materiales permo-triásicos intensamente deformados y meteorizados en superficie. La zona afectada, de unos 400 m², se sitúa en la zona de los repetidores por encima de la salida sur del Túnel de la Autovía del Mediterráneo (Vía de Servicio; Calle Pilones) en la que se produjeron diversos desprendimientos superficiales en los materiales metamórficos y caídas de rocas asociadas. Todos los procesos tuvieron escaso recorrido, no llegando a alcanzar el trazado de la autovía situado unos 150 m ladera abajo. Las caídas de bloques de calcarenitas hicieron que alguno de ellos, de hasta 6 m³ (Silva *et al.*, 2013), se partieran contra los pequeños muros de contención existentes en la ladera que pararon su caída. Por debajo de la Autovía también se observan similares procesos, pero se trata de removilizaciones de bloques que existían en equilibrio inestable a media ladera, ya que no se tiene constancia de que ningún bloque alcanzara o atravesara el trazado de la autovía. La zona afectada ha sido posteriormente saneada (para evitar desprendimientos) como se aprecia en la fotografía que acompaña esta ficha de catalogación.

Interpretación: La situación geomorfológica es similar a la del cercano Cerro del Castillo de Lorca, pero los desprendimientos fueron de menor entidad y en su mayor parte superficiales. No tuvieron gran recorrido, y la característica más importante es la aparición de bloques de calcarenitas removilizados a media ladera, tanto ladera arriba como ladera abajo, del trazado de la autovía. El efecto se incluye dentro de los procesos de ladera que ocurrieron en el entorno del Castillo de Lorca y Peña Rubia. El posterior saneamiento de la zona hace difícil la evaluación del material movilizado durante el terremoto, ya que posteriores lluvias (2012) también afectaron la zona.

Cuantificación: Aunque el área afectada es de unos 400 m², el volumen total de material movilizado no supera los 150-200 m³. Estas dimensiones indican una intensidad mínima de VI ESI-07, aunque lo incluimos dentro del contexto de los múltiples procesos de ladera que ocurrieron en el Cerro del Castillo donde se registra intensidad VII ESI-07, que es la intensidad que se asigna a este efecto.





Desprendimientos en la salida sur del Túnel de Lorca (Arriba) y detalle de bloques de calcarenitas partidos ladera abajo de la autovía (abajo).

EVALUACIÓN INTENSIDAD LOCAL ESI-07	VII	Calidad de los datos (Qg)	I	*Efectos geológicos y/o ambientales correspondientes a eventos instrumentales (> 1962 AD), de los que se poseen datos constatados a cerca de su localización epicentral e intensidades y cuyos efectos sobre el terreno han sido documentados.*

Referencias bibliográficas:

Alfaro, P., Delgado, J., García-Tortosa, F.J., Lenti, L., López, J.A., López-Casado, C., Martino. S. (2012a): Widespread landslides induced by the Mw 5.1 earthquake of 11 May 2011 in Lorca, SE Spain. Engineering Geology 137-138, 40–52.

Martínez Solares, J.M., Cantavella Nadal, J.V., Cabañas Rodríguez, L., Valero Zomosa, J.F. (2012): El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Física de la Tierra, 24. 17-40.

Silva, P.G., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Giner, J.L., Huerta, P., Bardají, T., Martín-González F. (2013): Earthquake Environmental Effects (EEEs) triggered by the 2011 Lorca earthquake (Mw 5.2), Betic Cordillera, SE Spain): Application of the ESI-07 Macroseismic Scale. INQUA Proceedings, 4. 237-240.

Información Recopilada	*Pablo G. Silva y Beatriz Gómez Díaz, Departamento de Geología (USAL).*		
Ficha Publicada	*Catálogo de los Efectos Geológicos de los Terremotos en España*	Número (Vol.): 2	Año: 2017

10

Bibliografía general

10. BIBLIOGRAFÍA GENERAL

En este apéndice se lista la bibliografía general contenida en los apartados 1 al 6 del presente catálogo, diferenciándose la bibliografía original correspondiente a la Escala ESI-07 (Guerrieri y Vittori, 2007) que se ha transcrito, del resto de la bibliografía utilizada. Las referencias bibliográficas de los eventos catalogados se pueden encontrar en sus "Fichas EVENT" del apartado de información macrosísmica y las referencias particulares a los efectos catalogados en las "Fichas EEE" que se incluyen en el Apéndice I.

10.1 Referencias Bibliográficas Originales ESI-07

Trabajo Original: GUERRIERI, L. & VITTORI, E. (Eds.) 2007 – ENVIRONMENTAL SEISMIC INTENSITY SCALE ESI-2007.
Mem. Descr. Carta Geologica d'Italia, 74. Servizio Geológico d'Italia – Dipartamento Difensa del Suolo. APAT, Roma, Italia

Autores**:** *MICHETTI A.M.*- Università dell'Insubria, Como, Italy. *ESPOSITO E.*- Istituto per l'Ambiente Marino Costiero, CNR, Napoli, Italy. *GUERRIERI L.* - Geological Survey of Italy, APAT, Roma, Italy. *PORFIDO S.* - Istituto per l'Ambiente Marino Costiero, CNR, Napoli, Italy. *SERVA L.* - Geological Survey of Italy, APAT, Roma, Italy. *TATEVOSSIAN R.* - Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia. *VITTORI E.* - Geological Survey of Italy, APAT, Roma, Italy. *AUDEMARD F.* - FUNVISIS, Caracas, Venezuela. *AZUMA T.* - National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tokyo, Japan. *CLAGUE J.* - Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia, Canada. *COMERCI V.* - Geological Survey of Italy, APAT, Roma, Italy. *GÜRPINAR A.* - IAEA, Vienna, Austria. *Mc CALPIN J.* - GEO-HAZ Consulting, Crestone, Colorado, USA. *MOHAMMADIOUN B.* - Robinswood Consultant, Saint Martin de Nigelles, France. *MÖRNER N.A.* - Institute for Paleogeodynamics & Paleogeophysics, Stockolm, Sweden. *OTA Y.* Emeritous of Yokohama National University, Japan. *ROGHOZIN E.* Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.

Colaboradores: *R. AMIT* - Geological Survey of Israel. *G. BESANA* – Nagoya University, Furo-cho Chi-

kusa-ku, Nagoya, Aichi, Japan. *K. CHUNGA* – Università dell'Insubria, Como, Italy. *A. FOKAEFS* - Institute of Geodynamics, National Observatory of Athens, Greece. *L.E. FRANCO* - INGEOMINAS, Bogotá, Colombia. *C.P. LALINDE PULIDO* - Universidad EAFIT, Departamento de Ciencias de la Tierra, Medellín, Colombia. *E. KHAGAN* - Geological Survey of Israel. *N. LIN YUNONG* - National Taiwan University, Taiwan. *S. MARCO* - Department of Geophysics and Planetary Sciences, Tel Aviv, Israel. *A. NELSON* - US Geological Survey, Denver, USA. *I. PAPANIKOLAOU* - University College London, Department of Earth Sciences, BHRC, London, UK. *G. PAPATHANASSIOU* - Aristotle University of Thessaloniki, Greece. *S. PAVLIDES* - Aristotle University of Thessaloniki, Greece. *K. REICHERTER* – RWTH Aachen University, Germany. *A. SALAMON* - Geological Survey of Israel. *C. SPERNANZONI* - University of Roma Tre, Italy. *P.G. SILVA* - Departamento de Geología, Universidad de Salamanca, Spain. J. ZAMUDIO – Instituto Geofísico del Perú, Lima.

Amoruso A., Crescentini L. (1999) - Coseismic and aseismic strain offsets recorded by the Gran Sasso Strainmeter. Phys. Chem. Earth (A), 24, 2, 101-104.

Azzaro R. (1999) - Earthquake surface faulting at Mount Etna Volcano (Sicily) and implications for active tectonics. Journal of Geodynamics, 28 (2-3), 193 – 213.

Davison, C. (1921) - On scales of seismic intensity and on the construction of isoseismal lines. Bull. Seis. Soc. Am., 11, 95-129.

Dengler L., McPherson R. (1993) - The 17 August 1991 Honeydew earthquake north coast California: a case for revising the Modified Mercalli Scale in sparsely populated areas. Bull. Seis. Soc. Am. 83, 4 1081-1094.

Dowrick D.J. (1996) - The Modified Mercalli earthquake intensity scale- Revisions arising from recent studies of New Zealand earthquakes. Bull. Of new Zeal. Nat. Soc. For earthquake Engineering, vol 29, n.2, 92-106.

Espinosa, A.F., R. Husid, S.T. Algermissen, J. de las Casas (1976a) – The Lima earthquake of October 3, 1974, intensity distribution. Bulletin of the Seismological Society of America, 67, 1429–1440.

Espinosa, A.F., R. Husid, A. Quesada (1976b) - Intensity distribution and source parameters from field observations of the February 4, 1976, Guatemalan earthquake. In "The Guatemalan Earthquake of February 4, 1976, a Preliminary Report", A.F. Espinosa, ed., U.S. Geological Survey Professional Paper 1002, 52–66.

Esposito E., Porfido S., Mastrolorenzo G., Nikonov A.A., Serva L., (1997) - Brief rewiew and preliminary proposal for the use of ground effects in the macroseismic intensity assesment. Proc. 30th International Geological Congress, Beijing, China, vol 5. Contemporary lithospheric motion seismic geology, the Netherlands, VSP ed., ISBN: 90-6764-269-X, 233-243.

Grunthal G. (1998) - European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98). European Seismological Commission, Subcommission on Engineering Seismology, Working Group Macroseismic Scales. Conseil de l'Europe, Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, 15, Luxembourg, 99 pp.

Hancox G.T., Perrin N.D., Dellow G.D. (2002) – Recent studies of historical earthquake-induced landsliding, ground damage, and MM intensity in New Zealand. Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering, 35 (2), 59-95, ISSN 1174-9857.

INQUA Scale Project (2007) – Available online at http://www.apat.gov.it/site/en-GB/Projects/INQUA_Scale

Krinitzsky, E.L., Chang, F.K. (1988) - Intensity-related earthquake ground motions. Bulletin of the Association of Engineering Geologists, 25, 425-435.

Lander J.F., Whiteside L.S., Lockridge P.A. (2003) - Two Decades of Global Tsunamis 1982-2002. The International Journal of The Tsunami Society (21) 1, NOAA - NGDC, Boulder, Colorado USA, 73 pp.

Michetti A.M., E. Esposito, J. Gürpinar, B. Mohammadioun, A. Mohammadioun, S. Porfido, E. Rogozhin, L. Serva, R. Tatevossian, E. Vittori, F. Audemard, V. Comerci, S. Marco, J. McCalpin, N.A. Mörner. (2004) - The INQUA Scale. An innovative approach for assessing earthquake intensities based on seismically-induced ground effects in natural environment. Special paper APAT, Mem. Descr. Carta geol. d'Italia, Vol LXVII. (E. Vittori & V. Comerci, Eds.), 115 pp.

Montgomery D.R. & Manga M. (2003) -Streamflow and Water Well Responses to Earthquakes. Science, 300, 27 June 2003, 2047-2049.
Panza G.F. (2004) - Correlation among intensity scales. Downloadable from http://www.apat.gov.it/site/en-GB/Projects/INQUA_Scale/Documents/, 15 p., Trieste.
Papadopoulos, G.A., F. Imamura (2001) - Proposal for a new tsunami intensity scale. Proc. Internat. Tsunami Conference, Seattle, 7 – 9 August 2001, 569 – 577.
Postpischl D. (1985) – Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980. CNR-PFG 114-. 2B: 238 pp.
Reiter L. (1990) - Earthquake Hazard Analysis. Issues and insights. Columbia University Press, New York, 254 pp.
Richter C.F. (1958) – Elementary Seismology, 768 p., W H Freeman & Co, San Francisco.
Serva L. (1994) - Ground effects in intensity scales. Terra Nova 6, 414-416.
Wang J. (2004) - Historical earthquake investigation and research in China. Annals of Geophysics, 47 (2/3), 831-838.
Xie Y. (1957) - A new scale of seismic intensity adapted to the conditions in Chinese territories. Acta Geophysica Sinica, 6-1, 35-47. (in Chinese).

10.2 Referencias Bibliográficas de la Obra

Ambraseys, N.N., Jackson, J.A. (1998) -Faulting associated with historical and recent earthquakes in the Eastern Mediterranean region. Geophys. J. Int. 133: 390-406.
Boore, D.M., Joyner, W., Fumal, T. (1997) - Equations for estimating horizontal response spectra and peak acceleration from Western North American earthquakes: a Summary of recent Work. Seismological Research Letters, 68 (1), 128e153.
Castilla, R.A., Audemard, F.A. (2007) - Sand blows as a potential tool for magnitude estimation of pre-instrumental earthquakes: Journal of Seismology, v. 11 (4), p.473-487.
Elez, J., Silva, P.G., Giner-Robles, J.L., Rodríguez-Pascua, M.A, Pérez-López, R., Roquero, E., Bardají, T., Huerta, P., Mártinez-Graña, A. (2015) - ESI-07 ShakeMaps for Instrumental and historical events in the Betic Cordillera (SE Spain): a preliminary approach applied to seismic hazard based on geological data. Miscellanea INGV, 27, 132 – 137.
Ferrater, M.; Silva, P.G.; Ortuño, M.; Rodríguez-Pascua, M.A.; Masana, E. (2015) - Archaeoseismologic analysis of a Late Bronze Age site on the Alhama de Murcia Fault: Tira del Lienzo (Murcia, SE Spain). Geoarchaeology, 30, 151-165.
García-Mayordomo, J., Insua-Arévalo, J.M., Martínez-Díaz, J.J., Jiménez-Díaz, A., Martín-Banda, R., Martín-Alfageme, S., Álvarez-Gómez, J.A., Rodríguez-Peces, M., Pérez-Lopez, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Masana, E., Perea, H., Martín-González, F., Giner-Robles, J., Nemser, E.S., Cabral, J., QAFI compilers (2012) - The Quaternary active faults database of Iberia (QAFI v.2.0.). Journal of Iberian Geology, 38 (1), 285 - 302.
García Sanjuán, L. y Lozano Rodríguez, J.A. (2016) - Menga (Andalusia, Spain): biography of an exceptional megalithic monument. En: The Megalithic Architectures of Europe (Laporte, L., Scarre, C. Eds). Oxbow Books. Oxford, England. pp. 2-19.
Giner-Robles, J.L., Rodríguez-Pascua, M.A., Pérez-López, R., Silva, P.G., Bardají, T., Grützner, C. and Reicherter, K. (2009) -Structural Analysis of Earthquake Archaeological Effects (EAE): *Baelo Claudia* Examples (Cádiz, South Spain). Instituto Geológico y Minero de España. 130 pp.
Giner-Robles, J.L., Silva Barroso, P.G., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Bardají Azcárate, T., Garduño-Monroy, V.H., Lario Gómez, J. (2011) - Evaluación del daño sísmico en edificios históricos y yacimientos arqueológicos. Aplicación al estudio del riesgo sísmico. Proyecto EDASI. Serie Investigación. Fundación MAPFRE, 96 pp.
Giner-Robles, J.L., Pérez-López, R., Silva, P.G., Rodríguez-Pascua, M.A., Martín-González, F., Cabañas, L. (2012) - Análisis estructural de daños orientados en el terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011. Aplicaciones en Arqueosismología. Boletín Geológico y Minero de España, 123 (4), 503-513.

Grünthal, G. (1998) - European Macroseismic Scale 1998: EMS98. Ed. Musée National d Histoire Naturelle. Luxembourg. 99pp.

Grützner, C. Ruano, P., Jabaloy, A., Galindo-Zaldívar, J., Becker-Heidmann, P., Sanz de Galdeano, C., Rudersdorf, A., Reicherter, K. (2013) - Late Holocene rupture history of the Ventas de Zafarraya Fault (Southern Spain). Cuaternario y Geomorfología, 27 (3-4), 51-61.

Lario, J., Zazo, C., Goy, J.L., Silva, P.G., Bardají, T., Cabero, A., Dabrio, C.J. (2011). Holocene palaeotsunami catalogue of SW Iberia. Quaternary International, 242(1), 40-47.

Lario, J., Bardají, T., Silva, P.G., Zazo, C., Goy, J.L. (2016) - Improving the coastal record of tsunamis in the ESI-07 Scale: Tsunami Environmental Effects Scale (TEE-16 scale). Geologica Acta, 14 (2), 179-193.

Luque, L., Lario, J., Zazo, C., Goy, J.L., Dabrio, C.J., Silva, P.G. (2001) -Tsunami deposits as palaeoseismic indicators: examples from the Spanish coast. Acta Geologica Hispanica 36, 197-211

Martínez Solares, J.M., Mezcua, J. (2002) - Catálogo Sísmico de la Península Ibérica (880 a.C. – 1900). Monografías IGN, 18. IGN, Madrid (Spain), 253 pp.

McCalpin, J.P. (2009) - Paleoseismology.2nd Edition: Academic Press, San Diego. 613pp.

Mezcua, J. (1982) - Catálogo General de isosistas de la Península Ibérica. Instituto Geográfico Nacional (IGN). Publicación 202. Madrid. 301 pp.

Mezcua, J., Martínez Solares, J.M. (1985) - Sismicidad del área Ibero-Mogrebí. Instituto Geográfico Nacional (IGN). Publicación 203. Madrid. 301 pp.

Mezcua, J., Rueda, J., García Blanco, R.M. (2013) - Iberian Peninsula Historical Seismicity Revisited: An Intensity Data Bank. Seismological Research Letters, 84(1), 9-18.

Michetti, A.M., Audemard, F.A., Marco, S. (Eds.), (2005) - Paleoseismology: Integrated study of the Quaternary geological record for earthquake deformation and faulting. Tectonophysics, 408 (1–4), 308 pp.

Michetti, A.M., Esposito, E., Guerrieri, L., Porfido, S., Serva, L., Tatevossian, R., Vittori, E., Audemard, F., Azuma, T., Clague, J., Comerci, V., Gurpinar, A., McCalpin, J., Mohammadioun, B., Morner, N.A., Ota, Y. and Roghozin, E. (2007) – Intensity Scale ESI 2007. In: Guerrieri L. & Vittori E. (Eds.): Memorie Descrittive Carta Geologica d'Italia, 74, Servizio Geologico d'Italia – Dipartimento Difesa del Suolo, APAT, Roma, 53 pp.

Reicherter, K., Michetti, A.M., Silva, P.G. (Eds.), (2009) - Palaeoseismology: Historical and Prehistorical Records of Earthquake Ground Effects for Seismic Hazard Assessment, Special Publication Geol. Soc. London, 316. The Geological Society, London, 121 pp.

Pérez-López, R., Martín-González, F., Martínez-Díaz, J.J., Rodríguez-Pascua, M.A. (2012) - Datación mediante liquenometría de los desprendimientos rocosos asociados a la sismicidad histórica en Lorca (Murcia, SE de España). Boletín Geológico y Minero, 123 (4), 473-485

Ota, Y., Azuma, T. y Lin, N. (2009) - Application of INQUA Environmental Seismic Intensity Scale to recent earthquakes in Japan and Taiwan, Geol. Soc. London Spec. Publ. 316, 55-71.

Rodríguez-Pascua, M.A., Bischoff, J., Garduño-Monroy, V.H., Pérez-López, R., Giner-Robles, J.L., Israde-Alcántara, I., Calvo, J.P., Williams, R.W. (2009) - Estimation of the tectonic slip-rate from Quaternary lacustrine facies within the intraplate Albacete province (SE of Spain). Sedimentary Geology, 222, 89-97.

Rodríguez-Pascua, M.A., Abad Casal, L., Pérez-López, R., Gamo Parra, B., Silva, P.G., Garduño-Monroy, V.H., Giner-Robles, J.L., Perucha, M.A., Israde-Alcántara, I., Bischoff, J., Calvo, J.P. (2013) - Roman, Visigothic and Islamic evidence of earthquakes recorded in the archaeological site of "El Tolmo de Minateda" (Prebetic Zone, southeast of Spain). Cuaternario y Geomorfología, 27 (3-4), 83-90.

Rodríguez-Pascua, M.A., Pérez-López, R., Silva, P.G., Giner-Robles, J.L., Garduño-Monroy, V.H., Reicherter, K. (2011) - A Comprehensive Classification of Earthquake Archaeological Effects (EAE) for Archaeoseismology. Quaternary International, 242(1), 20-30.

Rodríguez-Pascua, M.A., Pérez-López, R., Martín-González, F., Giner-Robles, J.L., Silva, P.G. (2012) - Efectos arquitectónicos del terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011. Neoformación y reactivación de efectos en su Patrimonio Cultural. Boletín Geológico y Minero de España, 123 (4), 487-502.

Rodríguez-Pascua, M.A., Silva, P.G., Pérez-López, R., Giner-Robles, J.L., Martín-González, F., Perucha,

M.A. (2013) - Preliminary intensity correlation between macroseismic scales (ESI07 and EMS98) and Earthquake Archaeological Effects (EAEs). In: Proceedings 4th INQUA-IGCP 567 Workshop, Aachen, Germany. 217-221.

Rodríguez-Pascua, M.A., Silva, P.G., Perucha, M.A., Giner-Robles, J.L., Heras, C., Bastida, A.B., Carrasco, P., Roquero, E., Bardají, T., Lario, J., Pérez López, R., Elez, J. (2016) - Seismically induced liquefaction structures in La Magdalena archaeological site, the 4th century AD Roman Complutum (Madrid, Spain). Sedimentary Geology, 344. 34–46.

Rodríguez-Vidal, J. Ruiz, F., Cáceres, L. M., Abad, M., González-Regalado, M. L., Pozo, M., Carretero, M. I., Monge Soares, A. M., Gómez, F. (2011) - Geomarkers of the 218-209 BC Atlantic tsunami in the Roman Lacus Ligustinus (SW Spain): A palaeogeographical approach. Quaternary International, 242, 201-212.

Serva, L., Blumetti, A.M., Esposito, E., Guerrieri, L., Michetti, A.M., Okomura, K., Porfido, S., Reicherter, K., Silva, P.G., Vittori, E. (2015) -Earthquake Environmental Effects, intensity and seismic hazard assessment: the lesson of some recent large earthquakes. En: Guerrieri, L. (Ed.), Earthquake Environmental Effects for Seismic Hazard Assessment: the ESI Intensity Scale and the EEE Catalogue. Memorie Descriptiva Della Carta Geologica D'Italia 47, ISPRA, Italy, pp. 5 - 8.

Silva, P.G., M.A. Rodríguez Pascua, R. Pérez-López, T. Bardají, J. Lario, P. Alfaro, J.J. Martínez-Díaz, K. Reicherter, J. Giménez García, J. Giner, J.M. Azañón, J.L. Goy, C. Zazo (2008) - Catalogación de los efectos geológicos y ambientales de los terremotos en España en la Escala ESI 2007 y su aplicación a los estudios paleosismológicos. Geotemas 6, 1063-1066.

Silva, P.G., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Giner, J.L., Huerta, P., Bardají, T., Martín-González, F. (2012) - Earthquake Environmental Effects (EEEs) triggered by the 2011 Lorca earthquake (Mw 5.2, Betic Cordillera, SE Spain): Application of the ESI-07 Macroseismic Scale. In: Proceedings 4th INQUA-IGCP 567 Workshop, Aachen, Germany. 141-144.

Silva, P.G., Rodríguez-Pascua, M.A., Giner-Robles, J.L., Pérez-López, R., Lario, J., Perucha, M.A., Bardají, T., Huerta, P., Roquero, E., Bautista Davila, M.B. (2014) - Catálogo de los efectos geológicos de los terremotos de España (1ª Edición). En: Silva, P.G. y Rodríguez-Pascua, M.A. (Eds.), Riesgos Geológicos y Geotecnia 4. IGME, Madrid, 352 pp.

Silva, P.G., Guerrieri, L., Michetti, A.M. (2015a) - Intensity scale ESI 2007 for assessing earthquake intensities. In: Beer, M., Kougioumtzoglou, I.A., Patelli, E., Au, S.K. (Eds.), Encyclopedia of Earthquake Engineering. Springer-Verlag, Berlin, Germany, pp. 1219 - 1237.

Silva, P.G., Bardají, T., Roquero, E., Martínez-Graña, A., Perucha, M.A., Huerta, P., Lario, J., Giner-Robles, J.L., Rodríguez-Pascua, M.A., Pérez-López, R., Cabero, A., Goy, J.L., Zazo, C. (2015b) - Seismic palaeogeography of coastal zones in the Iberian Peninsula: Understanding ancient and historic earthquakes in Spain. Cuaternario y Geomorfología, 29. 31 – 56.

Silva, P.G., Giner-Robles, J.L., Reicherter, K., Rodríguez-Pascua, M.A., Grüztner, C., Garcia-Jiménez, I., Carrasco, P., Bardají, T., Santos, G., Roquero, E., Röth, J., Perucha, M.A., Pérez-López, R., Fernández Macarro, B., Martínez-Graña, A.M., Goy, J.L., Zazo., C. (2016) - Los terremotos antiguos del conjunto arqueológico romano de Baelo Claudia (Cádiz, Sur de España): Quince años de investigación arqueosismológica. Estudios Geológicos, 72 (1), e050.

Silva, P.G., Elez, J., Giner-Robles,J.L., Rodríguez-Pascua, M.A., Pérez-López, R., Roquero, E., Bardají, T., Martínez-Graña, A.M. (2017) - ESI-07 ShakeMaps for instrumental and historical events in the Betic Cordillera (SE Spain): An approach based on geological data and applied to seismic hazard. Quaternary international, 451, 185-208.

Stirling, M., Rhoades, D., and Berryman, K. (2002) - Comparison of earthquake scaling relations derived from data of the instrumental and pre-instrumental era. Bulletin of the Seismological Society of America, 92 (2), 812-830.

Wald, D.J., Allen, T.I. (2007) - Topographic slope as a proxy for seismic site conditions and amplification. Bulletin Seismological Society of America, 97, 1379 - 1395.

Wald, D.J., Worden, B.C., Quitoriano, V., Pankow, K.L. (2005) - ShakeMap Manual: Technical Manual, User's Guide, and Software Guide. U.S. Geological Survey, p. 132.

Wells D. L. and K. J. Coppersmith (1994) - New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area and surface displacement, Bulletin of the Seismological Society of America 84, pp. 974-1002.

Yasuda, S., Harada, K., Ishikawa, K. and Kanemaru, Y. (2012) - Characteristics of liquefaction in Tokyo Bay Area by the Great East Japan Earthquake: Soils and Foundations, v.52 (5), p. 793-810.

11

Apéndice I: Escala ESI-07: Definición de los grados de intensidad

11. APÉNDICE I: ESCALA ESI-07: DEFINICIÓN DE LOS GRADOS DE INTENSIDAD

El nombre asignado a cada uno de los grados de intensidad de la escala refleja la fuerza del terremoto correspondiente acompañado de un resumen sobre el papel de los efectos ambientales en su evaluación.

En la descripción, se indica en primer lugar las características, dimensiones o tamaño de los efectos primarios asociados a cada uno de los niveles de intensidad. Los efectos secundarios se describen: i) en términos de su distribución espacial total (área afectada por EEEs secundarios) para la evaluación de intensidad epicentral en eventos de intensidad ≥ VII; ii) agrupados en distintas categorías (ver Tabla 3) ordenados por su grado inicial de ocurrencia, e identificados con las siglas adoptadas para este catálogo propuestas en la clasificación de Silva *et al.* (2013a) seguidas por su grado de intensidad (GK/9; SM/7; SR/10; etc.).

Los textos en *cursiva (itálica)* y *"entre comillas"* han sido utilizados para resaltar aquellos efectos que pueden ser usados como diagnósticos para un grado de intensidad determinado. Estos se encuentran también resaltados por sus siglas correspondientes en negrita y cursiva (***GK/10***; ***LQ/7***; ***SR11***, etc.). Al igual que en la descripción de la Escala ESI-07, en este apartado sobre la definición de los grados de intensidad se han introducido una serie de notas a pie de página con el objeto de dar una serie de aclaraciones e indicaciones sobre el análisis y las características de los efectos geológicos considerados en la ESI-07 en el estudio propiamente paleosismológico de los terremotos, introducidas por los autores del presente catálogo en función de la experiencia adquirida y datos recogidos en publicaciones más recientes a la publicación de la Escala (2007). De esta forma se ha querido diferenciar el texto original de la Escala, transcrito de la publicación original (Michetti *et al.*, 2007) de las indicaciones realizadas en el presente catálogo. En parte, estas se encuentran basadas en las sugerencias para la aplicación de la ESI-07 en paleosismología realizadas en la *"Springer Enciclopedia of Earthquake Enginering"* por Silva *et al.*, (2015) o en el Documento Técnico sobre la *"Contribución de la Paleosismología en la evaluación de la Peligrosidad Sísmica para Instalaciones Nucleares"* (IAEA, 2015), editado por la IAEA en apoyo de la Seismic Safety Guide SSG-9 (IAEA, 2010).

I a III – EFECTOS NO PERCEPTIBLES EN EL AMBIENTE que puedan ser usados como diagnósticos.

IV – AMPLIAMENTE OBSERVADO: Primeros efectos inequívocos sobre el Ambiente.

Efectos primarios: Ausentes.

Efectos secundarios[1]:

a) ***HA/4 y HD/4[2]:*** En raras ocasiones suceden pequeñas variaciones locales del nivel de agua en pozos y/o en el caudal de manantiales y fuentes. En muy raras ocasiones ocurren pequeñas variaciones de las propiedades físicas - químicas del agua y de la turbidez del agua en los lagos, manantiales, fuentes y pozos, especialmente dentro de grandes acuíferos kársticos que son los más propensos a este fenómeno.

b) ***WA/4 y TS/4:*** En cuencas cerradas (lagos e incluso mares) se pueden formar pequeños seiches centimétricos que comúnmente solo son detectados por los mareógrafos, aunque excepcionalmente pueden ser observados. Característicos en el campo lejano de fuertes terremotos. Oleaje anómalo es percibido por todo el mundo en pequeñas embarcaciones, por algunas personas en barcos y por la mayoría en la costa. El agua de piscinas y estanques se agita y algunas veces puede desbordarse.

c) ***GK/4:*** Ocasionalmente, muy pocos casos de grietas muy finas (mm) en zonas donde la litología (ej. depósitos aluviales poco compactados, suelos saturados) y/o la topografía (laderas escarpadas o cimas de colinas) son más propensos a este fenómeno.

d) ***SM/4:*** Excepcionalmente pueden ocurrir caídas de rocas, y pequeños deslizamientos existentes pueden reactivarse. Fundamentalmente en laderas donde el equilibrio es ya muy inestable (ej. laderas o cuestas, escarpadas y cortadas, desarrolladas sobre suelos saturados o material coluvial poco compactado), y especialmente en cortes y taludes artificiales de caminos, carreteras, ferrocarriles y canteras o areneros a cielo abierto.

V – FUERTE: Efectos marginales sobre el ambiente. *(Los efectos naturales afectan marginalmente al terreno y solo en ocasiones excepcionales dejan evidencia en el registro geológico -procesos de licuefacción-y en ningún caso afectan al registro geomorfológico permanente del paisaje afectado).*

Efectos primarios: Ausentes.

Efectos secundarios:

a) ***HA/5 y HD/5:*** En raras ocasiones ocurren variaciones apreciables en el nivel de agua en pozos y/o caudal en manantiales y fuentes, así como pequeñas variaciones en las propiedades físico-químicas y turbidez del agua de lagos, manantiales, fuentes y pozos.

b) ***WA/5 y TS/5:*** En cuencas cerradas (lagos e incluso mares) se pueden formar pequeños **seiches decimétricos** que comúnmente pueden ser observados. Característicos en el campo lejano de fuertes terremotos. Oleaje anómalo de pocas decenas de centímetros es percibido por todo el mundo en todo tipo de embarcaciones, así como en la costa. Piscinas y estanques comúnmente se desbordan.

---

[1] *Ninguno de los EEEs contemplados para este grado de intensidad (IV) posee potencial de preservación a largo plazo en el registro geológico y geomorfológico. Solo pueden utilizarse para terremotos históricos en los que se encuentren documentados y o terremotos muy recientes (o futuros) apoyados por datos macrosísmicos de otras escalas basadas en daños.*

[2] *Anomalías hidrológicas e hidrogeológicas incluso de mayores dimensiones (significativas) pueden registrarse en el campo lejano de grandes terremotos de zonas de subducción para intensidades ≤ III (Michetti* et al.*, 2004).*

c) ***GK/5:*** Localmente se desarrollan finas grietas de anchura milimétrica, y longitud decimétrica a métrica, en zonas donde la litología (ej. depósitos aluviales poco compactados, suelos saturados) y/o morfología (laderas o escarpes de colinas) son más propensos a este fenómeno.

d) ***SM/5:*** En raras ocasiones ocurren caídas de rocas, deslizamientos rotacionales y flujos de tierras, a pequeña escala (muy locales), especialmente a lo largo de pendientes donde el equilibrio es inestable (ej. laderas o cuestas escarpadas sobre materiales sedimentarios poco compactados o suelos saturados, así como en cortes y taludes artificiales de caminos, carreteras, ferrocarriles y canteras o areneros a cielo abierto).Ocasionalmente se pueden generar pequeños deslizamientos submarinos que dan lugar a oleajes anómalos transitorios en zonas litorales.

e) ***LQ/5:*** Extremadamente raros casos de licuefacción (volcanes de arena) de pequeño tamaño (cm) en áreas propensas a este tipo de fenómeno (llanuras costeras y fondos aluviales recientes de carácter arenoso, con nivel freático muy somero)[3].

f) ***OT/5:*** Las ramas de los árboles y arbustos se sacuden ligeramente y en muy raros casos pueden caer ramas muertas o frutos.

VI – LIGERAMENTE DAÑINO: Efectos moderados sobre el Ambiente. *(Los efectos naturales pueden dejar alguna traza significativa en el terreno, pero por lo general con un grado de supervivencia en el paisaje muy corto, de semanas o pocos meses. El registro geológico de procesos de licuefacción y deslizamientos comienza a ser significativo).*

Efectos primarios: Ausentes.

Efectos secundarios: El área afectada es generalmente inferior a los **10 km²**.

a) ***HA/6 y HD/6:*** Registro común de variaciones significativas en el **nivel de agua en pozos** y/o **caudal en manantiales y fuentes**, así como pequeñas variaciones en las propiedades físico-químicas y turbidez del agua de lagos, manantiales, fuentes y pozos.

b) ***WA/6 y TS/6:*** Oleaje anómalo de varias decenas de centímetros producen inundaciones limitadas en zonas de costa y ribera. Piscinas, estanques y pequeñas lagunas comúnmente se desbordan.

c) ***GK/6:*** *"Ocasionalmente se observan* ***fracturas*** *de anchura mili a centimétrica y longitud métrica en depósitos aluviales poco compactados y/o suelos saturados. Especialmente a lo largo de pendientes escarpadas y márgenes (orillas) de ríos, donde pueden alcanzar de 1 a 2 cm de anchura. Algunos agrietamientos milimétricos pueden desarrollarse en carreteras pavimentadas (asfaltos / empedrados)". EFECTO DIAGNÓSTICO PARA ESTE GRADO.*

d) ***SM/6:*** Ocasionalmente pueden ocurrir **caídas de rocas** y **deslizamientos** de hasta c.**10^3 m³**, especial-

---

[3] *El registro de procesos de licuefacción para estos niveles de intensidad (V y VI) raramente se conservan en superficie durante un periodo de tiempo prolongado. No obstante, su registro es característico en sedimentos varvados o laminados lacustres como "niveles deformados" de limos y/o arenas finas de algunos mm o cm de potencia, a partir de los cuales se pueden establecer empíricamente intensidades y magnitudes (e.g. Rodríguez-Pascua* et al.*, 2009). También pueden registrarse en niveles de materiales finos en zonas de llanuras de inundación de los ríos (e.g., Ambraseys, 1988; Castilla and Audemard, 2007). Comúnmente estos niveles de deformación cosísmicos reciben el nombre genérico de "sismitas" y son adecuados para la caracterización y datación de eventos paleosísmicos.*

mente donde el equilibrio es inestable y existen fuertes pendientes. (ej. laderas o cuestas escarpadas sobre materiales sedimentarios poco compactados, suelos saturados, o rocas fracturadas/meteorizadas). Ocasionalmente pueden suceder eventos de **deslizamientos submarinos o subacuáticos** en zonas costeras y lagos generando **oleaje anómalo** que, por lo general, solo es detectado por registros instrumentales.

e) ***LQ/6***[12]***:*** *"En raras ocasiones pueden ocurrir casos de licuefacción (volcanes de arena), pequeños en tamaño (cm), en áreas propensas a este tipo de fenómeno como llanuras costeras y fondos aluviales recientes con nivel freático muy somero". EFECTO DIAGNÓSTICO PARA ESTE GRADO.*

f) ***OT/6:*** Las ramas de árboles y arbustos son sacudidas visiblemente. Algunas pocas ramas inestables y copas de árboles pueden romperse y caer, dependiendo de la especie y del estado de madurez de los frutos.

VII – DAÑINO: Efectos apreciables sobre el Ambiente. *(Los efectos naturales pueden dejar trazas significativas en el terreno, pero por lo general con un grado de supervivencia en el registro geomorfológico muy corto, de meses o pocos años, muy excepcionalmente permanentes. El registro geológico de procesos de licuefacción, deslizamientos comienza a ser bastante significativo en áreas propicias).*

Efectos primarios: Muy raramente observados, casi exclusivamente en **zonas volcánicamente activas**.

SR/7: *"Pueden generarse **rupturas superficiales de falla limitadas**, con longitud de decenas a centenares de metros y desplazamiento (offset) centimétrico, esencialmente asociadas a **eventos tecto-volcánicos** muy superficiales".*

Efectos secundarios[4]***:*** El área afectada es generalmente del orden de **10 km²**.

a) ***HA/7:*** Localmente se registran variaciones significativas en el nivel de agua en pozos y/o caudal de manantiales y fuentes. Raramente, pequeños manantiales o fuentes pueden temporalmente secarse, y/o aparecer otros nuevos.

b) ***HD/7:*** Localmente se producen pequeñas variaciones en las propiedades físico-químicas y turbidez del agua de lagos, manantiales, fuentes y pozos.

c) ***WA/7 y TS/7:*** Olas anómalas, incluso de más de un metro de altura producen inundaciones limitadas en zonas de costa y ribera, dañando y arrastrando objetos de distintas dimensiones. Se producen desbordamientos en lagunas, estanques e incluso ríos.

d) ***GK/7***[5]***:*** *"Fracturas de hasta 5 - 10 centímetros de ancho y centenares de metros de longitud son comúnmente observadas en depósitos aluviales poco compactados y/o suelos saturados. Raramente*

---

[4] *A partir de estos niveles de intensidad (≥ VII) Las áreas afectadas por EEEs (generalmente GK, SM y LQ) se pueden tomar para determinar la intensidad epicentral máxima como criterio independiente de las dimensiones propiamente dichas de los efectos catalogados.*

[5] *Efectos tales como GK, SM y LQ, tienen ya un potencial de preservación geológico importante y pueden usarse en estudios paleosísmicos para identificar y datar paleoterremotos. En los fenómenos de licuefacción el desarrollo de contactos horizontales deformados (con convolutas) y de diques verticales y/o subverticales de arenas (conductos de alimentación) pueden identificar eventos de intensidad ≥VII. En deslizamientos submarinos de márgenes lacustres los "niveles contorsionados" o "slumps" indican estos niveles mínimos de intensidad (e.g. Becker* et al.*, 2005; Rodríguez-Pascua* et al.*, 2009).*

también se observan fracturas de hasta 1 centímetro de ancho en materiales arenosos secos y suelos arcillosos. Son comunes las grietas de anchura centimétrica en caminos pavimentados (asfalto o empedrados)". EFECTO DIAGNÓSTICO PARA ESTE GRADO.

e) ***SM/7[14]:*** Comúnmente ocurren deslizamientos o desprendimientos aislados y dispersos en áreas especialmente propensas donde el equilibrio es inestable (p.ej. laderas o cuestas de alta pendiente sobre materiales sedimentarios poco compactados, suelos saturados o rocas fracturadas/meteorizadas). Caída de rocas apreciable en desfiladeros y gargantas escarpadas o acantilados costeros[6]. Su tamaño es a veces considerable ($10^3 – 10^5$ m^3). En materiales arenosos secos, areno-arcillosos y suelos arcillosos los volúmenes son normalmente hasta 100 m^3. Rupturas, derrumbes y caídas (rocas) pueden afectar las orillas de los ríos y terraplenes o taludes artificiales (ej. cortes de caminos, canteras, etc.) desarrollados en materiales sedimentarios poco compactados o rocas fracturadas/meteorizadas. Se pueden generar deslizamientos submarinos o subacuáticos significativos que provocan oleajes anómalos en zonas costeras de mares y lagos observados por la mayoría de las personas en embarcaciones y puertos.

f) ***LQ/7[14]:*** *"Raros casos de licuefacción (volcanes de arena) de hasta 50 cm de diámetro pueden desarrollarse en áreas propensas a este tipo de fenómeno como (llanuras costeras y fondos aluviales recientes con nivel freático muy somero". EFECTO DIAGNÓSTICO PARA ESTE GRADO.*

g) ***OT/7:*** Árboles y arbustos vibran vigorosamente, especialmente en zonas de bosque densamente arboladas. Muchas ramas y copas de árboles rompen y caen.

VIII – MUY DAÑINO: Efectos considerables sobre el Ambiente. *(Los efectos naturales dejan trazas significativas y en algunas ocasiones permanentes en el terreno. El registro geomorfológico comienza a ser algo significativo y el registro geológico de excepcional de rupturas de falla, pero ya significativo de procesos de licuefacción y deslizamiento ya toma un cuerpo notable).*

Efectos primarios[7]: *Raramente observados.*

SR/8: *"Las **rupturas de falla** pueden alcanzar hasta varios **centenares de metros de longitud**, **con desplazamientos (offset) de pocos centímetros (< 5 cm)**, particularmente durante terremotos muy superficiales, como ocurre en eventos tecto-volcánicos. **Subsidencia o elevación tectónica** de la superficie del terreno puede presentar **valores máximos de orden centimétrico**". EFECTO DIAGNÓSTICO PARA ESTE GRADO.*

Efectos secundarios: El área afectada es generalmente inferior o del orden de **100 km^2**.

a) ***HA/8:*** Los manantiales y fuentes pueden cambiar, generalmente de forma temporal, tanto su caudal

---

[6] *Caídas de rocas con volúmenes totales similares se pueden producir también en cantiles escarpados asociados a los frentes de relieves estructurales (tipo mesa, meseta o cuesta). Si la densidad de estos tipos de procesos de ladera y deslizamientos es apreciable, puede procederse al estudio de la distribución de intensidades mediante el método de mallado regular (box-counting) mencionado en el apartado 3.2.1 del presente catálogo. A partir de este nivel de intensidad también puede producirse la removilización de grandes bloques, superiores a 1-2 m de diámetro situados a media ladera en zonas de elevada pendiente.*

[7] *Intensidad VIII constituye el umbral mínimo a partir del cual las rupturas superficiales del terreno pueden identificarse a partir de estudios paleosísmicos convencionales de "trincheras de falla". Por debajo de este nivel de intensidad, muy raramente (solo zonas volcánicas) paleoterremotos de este tamaño son visibles en esta clase de estudios y han de caracterizarse por el análisis del conjunto de EEEs secundarios que se han listado para intensidades iguales o inferiores a VII.*

y/o posición altimétrica (sobrepresión). Algunos manantiales y fuentes pequeñas pueden incluso secarse. Las variaciones en el nivel del agua en los pozos son comunes y significativas.

HD/8: Las propiedades físico-químicas, y más comúnmente la temperatura, cambian en manantiales y/o pozos. El agua de lagos, ríos y manantiales frecuentemente puede volverse turbia, incluso ligeramente fangosa. Localmente se pueden producir emisiones de gases normalmente sulfurosos.

b) ***WA/8:*** Olas anómalas de entre 1-2 m de altura producen inundaciones en zonas de ribera de lagos y ríos, dañando y arrastrando objetos de distintas dimensiones. Se producen desbordamientos violentos en lagunas, estanques y ríos[8].

TS/8[9]: Olas anómalas (pequeños tsunamis) de entre 1-2 m de altura producen inundaciones en zonas de costa, dañando y arrastrando objetos de distintas dimensiones. Erosión y acumulación de restos flotantes en las playas, donde los arbustos e incluso árboles débilmente enraizados pueden ser arrancados y arrastrados hacia el interior.

c) ***GK/8:*** *"Fracturas de hasta 50 centímetros de anchura y centenares de metros de longitud son comúnmente observadas en depósitos aluviales poco compactados y/o suelos saturados. En raros casos pueden desarrollarse fracturas de hasta 1 cm de anchura en rocas competentes o firmes. Son comunes grietas decimétricas y pequeñas ondulaciones de presión en caminos y zonas pavimentadas (asfaltadas, enlosadas o empedradas)".EFECTO DIAGNÓSTICO PARA ESTE GRADO.*

d) ***SM/8[10]:*** Deslizamientos pequeños a moderados (10^3 – 10^5 m^3) pueden ocurrir extensamente en áreas propensas. Raramente pueden también ocurrir en laderas de poca pendiente donde el equilibrio es inestable (ej. pendientes o laderas sobre materiales sedimentarios poco compactados, suelos saturados o rocas fracturadas/meteorizadas). Caída de rocas en desfiladeros escarpados y acantilados costeros. Su tamaño es a veces grande (10^5 - 10^6 m^3). Algunos deslizamientos pueden ocasionalmente obturar valles estrechos causando lagos temporales e incluso permanentes. Rupturas, derrumbes y caídas (rocas) pueden afectar las márgenes (orillas) de los ríos, los terraplenes y taludes artificiales (p.ej. cortes de caminos, canteras, etc.) desarrollados en materiales sedimentarios poco compactados o rocas fracturadas/meteorizadas. Es común la generación de deslizamientos submarinos en zonas costeras y riberas lacustres.

e) ***LQ/8:*** *"Los Procesos de Licuefacción pueden ser frecuentes en el área epicentral, dependiendo de las condiciones locales. Los efectos más característicos son volcanes de arenas de hasta c. 1 m de diámetro; chorros de agua verticales o grandes borbotones (Water fountains) pueden ser visibles en aguas tranquilas de lagos someros (lagoons, salinas, zonas pantanosas); procesos de extensión late-*

---

[8] *En las descripciones de terremotos históricos los procesos de oleaje violento de este nivel de intensidad (VIII) pueden relacionarse con las menciones a choques violentos de embarcaciones, desperfectos notables en las mismas, así como a las menciones de mortalidad de peces y otros animales acuáticos.*

[9] *Este nivel de intensidad (VIII) representa en la mayoría de los casos "el umbral mínimo" para el registro geológico de tsunamis en forma de "tsunamitas", en la mayoría de los casos documentados en llanuras costeras, zonas estuarinas o de lagoon como niveles de arenas de espesor centimétrico con restos de fauna (o microfauna) marina característica de ambientes submareales (De Luque* et al.*, 2001; Lario* et al.*, 2011). No obstante, en estos casos un extenso análisis espacial de las mismas es necesario para no confundirlas con "niveles de tormenta" (storm surges) que poseen similares características (Lario* et al.*, 2011).*

[10] *A partir de este nivel de intensidad (≥ VIII) es característica la removilización de rocas situadas a media ladera, incluso en zonas de no muy elevada pendiente, junto con bloques desprendidos por la acción del terremoto. En el caso de terremotos históricos, si la muestra de bloques rocosos caídos es representativa se puede proceder a su identificación, discriminación y datación mediante técnicas liquenométricas (e.g. Pérez-López* et al.*, 2012).*

ral (lateral spreading) y asentamientos locales (subsidencia hasta aprox. 30 cm) con agrietamientos paralelos a los cuerpos de agua (márgenes de ríos, lagos, canales y líneas de costa)". EFECTO DIAGNÓSTICO PARA ESTE GRADO.

f) ***OT/8:*** Los árboles se sacuden fuertemente. Muchas ramas se rompen y caen. Más raramente, troncos en equilibrio pueden desenraizarse y caer, especialmente en laderas con fuerte pendiente.

g) ***OT/8:*** En zonas secas o semiáridas, pueden levantarse nubes de polvo en el área epicentral.

h) ***OT/8:*** Piedras e incluso pequeños cantos y troncos de árboles pueden ser arrojados al aire dejando huellas de caída en suelos blandos.

IX – DESTRUCTIVO: Los efectos en el ambiente son generalizados, constituyendo una fuente de peligrosidad considerable, y empiezan a ser importantes para la determinación de la intensidad. *(Los efectos naturales dejan trazas considerables y permanentes en el terreno. El registro geomorfológico de este tipo de eventos comienza a ser un dato muy significativo, mientras que en el registro geológico, rupturas de falla, procesos de licuefacción, deslizamiento y, excepcionalmente, tsunamis es una pauta común)***.**

Efectos primarios[11]: *Comúnmente observados.*

SR/9: *"Las rupturas de falla pueden alcanzar una longitud de unos pocos kilómetros, con desplazamientos (offset) de algunas decenas de centímetros (10 – 20 cm). Subsidencia o elevación tectónica de la superficie del terreno con valores máximos de orden decímetro." EFECTO DIAGNÓSTICO PARA ESTE GRADO.*

Efectos secundarios[12]***:****El área afectada es generalmente inferior o del orden de* ***1000 km²***.

a) ***HA/9:*** *"Los manantiales y fuentes pueden cambiar, generalmente de forma temporal, tanto su caudal y/o posición altimétrica (sobrepresión). Algunas manantiales y fuentes pueden incluso secarse. Las variaciones en el nivel del agua en los pozos son comunes y significativas". EFECTO DIAGNÓSTICO PARA ESTE GRADO.*

HD/9: *"Las propiedades físico-químicas y, más comúnmente la temperatura, cambian en manantiales y/o pozos. El agua de lagos, ríos y manantiales frecuentemente puede volverse muy turbia, incluso ligeramente fangosa. Se pueden producir emisiones de gases normalmente sulfurosos y, ocasionalmente, tanto la hierba como los arbustos alrededor de estos puntos de emisión pueden entrar en combustión y arder". EFECTO DIAGNÓSTICO PARA ESTE GRADO.*

b) ***WA/9:*** *"Se producen Olas anómalas de varios metros de altura en cuerpos de agua y cursos fluviales. En zonas de llanura de inundación los cauces de los ríos pueden incluso variar sus cursos, fundamentalmente en respuesta a procesos de subsidencia diferencial del terreno. Pueden aparecer y/o desaparecer pequeñas lagunas. EFECTO DIAGNÓSTICO PARA ESTE GRADO.*

---

[11] *Este nivel de intensidad y superiores (≥ IX) constituye el tamaño adecuado para investigar eventos paleosísmicos a partir de análisis de "trincheras de falla" convencionales.*

[12] *En este nivel de intensidad y superiores (≥ IX) convergen los EEEs primarios con las características diagnósticas de la mayoría de los EEEs secundarios considerados en la Escala ESI-07, por tanto, adecuado para proceder al estudio geológico integral de los terremotos de forma independiente.*

TS/9: *"Dependiendo de la topografía de la línea de costa y el fondo marino, pueden producirse tsunamis peligrosos de algunos metros de runup provocando la inundación de zonas extensas a lo largo del litoral. Erosión generalizada de las zonas de playa, donde los arbustos e incluso árboles pueden ser arrancados y arrastrados hacia el interior". EFECTO DIAGNÓSTICO PARA ESTE GRADO.*

c) ***GK/9:*** *"Fracturas de hasta 100 centímetros de anchura y centenares de metros de longitud son comúnmente observadas en depósitos aluviales poco compactados y/o suelos saturados. En rocas competentes o firmes pueden desarrollarse fracturas de hasta 10 cm de anchura. En caminos y zonas pavimentadas (asfalto o empedrados) es común el desarrollo de grietas decimétricas significativas, así como pequeñas ondulaciones de presión". EFECTO DIAGNÓSTICO PARA ESTE GRADO.*

d) ***SM/9:*** *"Deslizamientos extensos y frecuentes en áreas propensas, incluso en laderas de poca pendiente en condiciones de equilibrio inestable (ej. pendientes o laderas escarpadas sobre materiales sedimentarios poco compactados, suelos saturados o rocas fracturadas/meteorizadas). Caída de rocas en desfiladeros escarpados y acantilados costeros. Su tamaño es frecuentemente grande (**10^5 m^3**) y a veces muy grande (**10^6m^3**). Algunos deslizamientos pueden ocasionalmente obturar valles estrechos, causando lagos temporales e incluso permanentes. Las orillas de los ríos, así como terraplenes y taludes artificiales (ej. cortes de caminos, canteras, etc.), frecuentemente colapsan. Son frecuentes grandes deslizamientos submarinos o subacuáticos en zonas costeras y lagos". EFECTO DIAGNÓSTICO PARA ESTE GRADO.*

e) ***LQ/9:*** *"Los procesos de Licuefacción y eyección de agua son frecuentes. Los efectos más típicos son: Volcanes de arena de hasta 3 m de diámetro; grandes chorros de agua (Water fountains) pueden ser visibles en aguas tranquilas de lagos someros (lagoons, salinas, zonas pantanosas); procesos de extensión lateral (lateral spreading) y asentamientos locales (subsidencia hasta c. 30 cm), con agrietamientos paralelos a los cuerpos de agua (márgenes de ríos, lagos, canales y líneas de costa)". EFECTO DIAGNÓSTICO PARA ESTE GRADO.*

f) ***OT/9:*** *"Los árboles se agitan vigorosamente. Las ramas y troncos de árboles de pequeño diámetro frecuentemente se rompen y caen. Algunos árboles situados en laderas de fuerte pendiente pueden ser desenraizados y colapsar". EFECTO DIAGNÓSTICO PARA ESTE GRADO.*

g) ***OT/9:*** En zonas secas o semiáridas, pueden levantarse nubes de polvo en el área epicentral.

h) ***OT/9:****"Pequeños cantos y troncos de árboles pueden ser arrojados al aire desplazándose varios metros (dependiendo de la pendiente del terreno) dejando huellas de caída en suelos blandos". EFECTO DIAGNÓSTICO PARA ESTE GRADO.*

X – MUY DESTRUCTIVO. Los Efectos Ambientales se convierten en una de las fuentes de peligrosidad dominantes y son esenciales para la evaluación de la intensidad. *(Los efectos ambientales son dominantes sobre otro tipo de criterios en la evaluación de los daños; son relevantes en el registro geomorfológico, y fundamentales en el geológico, incluyendo el registro de tsunamis).*

Efectos primarios[13]: *Comienzan a ser importantes.*

[13] *Registro inequívoco de eventos paleosísmicos en trincheras de falla. En zonas costeras el registro de socaves litorales y niveles de bio-erosión elevados permite cuantificar los fenómenos de elevación. De la misma forma se pueden registrar fenómenos de subsidencia mediante la presencia de bosques hundidos o perfiles edáficos (suelos) enterrados por depósitos de carácter litoral más recientes y proceder a su cuantificación (e.g. McCalpin, 2009).*

SR/10: *"Las rupturas de falla se convierten en un fenómeno característico. Pueden alcanzar una longitud de decenas de kilómetros, con desplazamientos (offset) decimétricos hasta unos pocos metros (c. 1 - 2 m). Desarrollo de micrograbens y depresiones tectónicas alargadas en terremotos con hipocentros muy superficiales. En el caso de eventos tecto-volcánicos, la longitud de las rupturas puede ser muy inferior. Puede ocurrir subsidencia o elevación tectónica del terreno con valores máximos de unos pocos metros". EFECTO DIAGNÓSTICO PARA ESTE GRADO.*

Efectos secundarios: *"El área afectada es generalmente inferior o del orden de* ***5000 km²****".*

a) ***HA/10:*** Los manantiales y fuentes cambian significativamente tanto su caudal como su posición altimétrica (sobrepresión). Algunas manantiales y fuentes pueden secarse, incluso permanentemente. Las variaciones en el nivel del agua en los pozos son comunes y significativas.

   HD/10: Las propiedades físico-químicas de manantiales y/o pozos y, más comúnmente la temperatura en fuentes termales, sufren fuertes variaciones. El agua de manantiales, ríos e incluso grandes lagos, a menudo se vuelve muy fangosa. Las emisiones de gases, normalmente sulfurosos, son comúnmente observadas. La hierba y los arbustos en el entorno de estos puntos de emisión pueden arder.

b) ***WA/10:*** *"Se producen olas anómalas de varios metros de altura en grandes lagos e incluso ríos. En zonas de llanura de inundación los cauces de agua principales pueden sufrir cambios significativos de su curso temporal e incluso permanentemente, debido a la generalización de procesos de subsidencia. Pueden aparecer y/o desaparecer lagunas de entidad por causa de los mismos fenómenos". EFECTO DIAGNÓSTICO PARA ESTE GRADO.*

   TS/10[14]***:*** *"Dependiendo de la topografía de la línea de costa y el fondo marino, pueden producirse tsunamis de hasta 5 m de runup provocando la inundación generalizada de zonas costeras bajas de hasta miles de metros de penetración tierra adentro. Pequeños bloques pueden ser arrastrados hacia el interior. Erosión significativa generalizada de las zonas costeras bajas que producen cambios significativos en la geometría de la línea de costa. La vegetación litoral (arbustos y árboles) es mayoritariamente arrasada y arrastrada hacia el interior". EFECTO DIAGNÓSTICO PARA ESTE GRADO.*

c) ***GK/10:*** *"Son frecuentes grandes grietas en el terreno con aberturas de hasta más de 1 m de anchura, principalmente en depósitos aluviales poco compactados y/o suelos saturados. En rocas competentes pueden alcanzar varios decímetros de anchura. Se desarrollan grietas anchas en caminos pavimentados (asfalto o empedrados), acompañadas por significativas ondulaciones de presión. En suelos enlosados y bordillos de aceras pueden desarrollarse estructuras de tipo pop-up de altura centimétrica y de extensión métrica a decamétrica". EFECTO DIAGNÓSTICO PARA ESTE GRADO.*

d) ***SM/10:*** Grandes deslizamientos y caídas de rocas (> 10^5 - 10^6 m^3) son frecuentes, prácticamente con independencia del estado del equilibrio y pendiente de las laderas, causando lagos de obturación temporales o permanentes. Las márgenes de los ríos, terraplenes, taludes y excavaciones artificiales típicamente colapsan y los cauces de los ríos se desdibujan. Levees, terraplenes y represas de tierra pueden incluso sufrir serios daños. Grandes deslizamientos submarinos o subacuáticos son frecuentes en zonas costeras y lagos.

---

[14] *Registro inequívoco de tsunamitas incluso a miles de metros de distancia de la línea de costa, tapizando niveles edáficos (con o sin vegetación herbácea conservada) previos (e.g. McCalpin, 2009).*

e) ***LQ/10***[15]***:*** Los Procesos de Licuefacción, eyección de agua y compactación del suelo pueden cambiar el aspecto de extensas zonas, aplanando la topografía de llanuras costeras y localmente de llanuras fluviales y aluviales; volcanes de arenas de hasta aproximadamente 6 m de diámetro. Los procesos de subsidencia > 1m produciendo grandes y largas grietas debido a extensiones laterales son comunes a lo largo de márgenes de ríos, lagos, y canales.

f) ***OT/10:*** *"Los árboles se agitan y oscilan fuertemente. Muchas ramas y troncos de árboles se rompen y caen. Algunos árboles pueden ser desenraizados y colapsar, incluso en laderas de poca pendiente". EFECTO DIAGNÓSTICO PARA ESTE GRADO.*

g) ***OT/10:*** En zonas secas o semiáridas, pueden levantarse nubes de polvo en el área epicentral.

h) ***OT/10:*** *"Cantos y bloques (de hasta 2-3 metros de diámetro) pueden ser arrojados al aire desplazándose centenares de metros, incluso en zonas de suave pendiente, dejando trazas y huellas de caída en suelos blandos". EFECTO DIAGNÓSTICO PARA ESTE GRADO.*

XI – DEVASTADOR. Los Efectos Ambientales se hacen totalmente esenciales para evaluar la intensidad debido a la saturación de los daños estructurales en edificaciones. *(Los efectos Ambientales llegan a ser esenciales para evaluaciones de Intensidad dada la casi total saturación de otro tipo de criterios para estimar los niveles de daños).*

Efectos primarios[16]: *Dominantes.*

SR/11: *"Las* ***rupturas de falla primarias*** *pueden extenderse desde varias decenas de kilómetros hasta unos 100 km, acompañadas por desplazamientos de varios metros (> 2m). Es patente el desarrollo de fosas tectónicas, depresiones alargadas y lomas de presión. Las líneas de drenaje pueden desplazarse ostensiblemente. Puede ocurrir subsidencia o elevación tectónica del terreno con valores de muchos metros". EFECTO DIAGNÓSTICO PARA ESTE GRADO.*

Efectos secundarios: *El área afectada es generalmente inferior o del orden de 10.000 km*^{2}*.*

a) ***HA/11:*** Los manantiales y fuentes cambian significativamente tanto su caudal como su posición altimétrica (sobrepresión). Algunas manantiales y fuentes pueden secarse incluso permanentemente. Las variaciones en el nivel del agua en los pozos son comunes y significativas.

HD/11: Las propiedades físico-químicas de manantiales y/o pozos y, más comúnmente la temperatura en fuentes termales, sufren fuertes variaciones. El agua de manantiales, ríos e incluso grandes

---

[15] *Este nivel de intensidad se encuentra relacionado con las menciones a la "ondulación dinámica del terreno" (tipo oleaje) que provocan conjuntamente la propagación de ondas sísmicas superficiales, los fenómenos de licuefacción y subsidencia diferencial generalizados, fundamentalmente en zonas litorales como se ha documentado en terremotos recientes (Japón 2011; Yasuda* et al.*, 2012). Esto es a lo que se refiere la Escala ESI-07 cuando indica que estos procesos pueden cambiar el aspecto de extensas zonas, aplanando su topografía, que representa el resultado final del "oleaje del terreno".*

[16] *Los EEEs primarios crean paisajes sísmicos inequívocos, con la formación de escarpes de falla de alto grado de preservación en el registro geomorfológico (miles de años) y fácilmente localizables para la realización de análisis paleosísmicos mediante trincheras de falla. En el bloque levantado de las fallas los paisajes sísmicos quedan representados por la aparición de fosas y elevaciones tectónicas secundarias, especialmente en el caso de fallas inversas. En el caso de fallas en dirección las deflecciones de la red de drenaje, cauces decapitados y multitud de formas tectónicas asociadas (lomas de obturación, lomas de presión y lagunas de falla) demuestran el carácter recurrente de estos accidentes a lo largo del cuaternario reciente (Michetti* et al.*, 2005).*

lagos a menudo se vuelve muy fangosa. Las emisiones de gases, normalmente sulfurosos, son comúnmente observadas. La hierba y los arbustos en el entorno de estos puntos de emisión pueden arder.

b) ***WA/11:*** *"Se producen* ***Olas anómalas*** *de* ***varios metros*** *de altura en grandes lagos y ríos. En zonas de llanura de inundación los cauces de agua pueden sufrir cambios significativos de curso de carácter temporal e incluso permanente, debido a la generalización de procesos de subsidencia y desplomes de los márgenes. Pueden aparecer y/o desaparecer lagunas de entidad". EFECTO DIAGNÓSTICO PARA ESTE GRADO.*

TS/11: *"Dependiendo de la topografía de la línea de costa y el fondo marino, pueden producirse* ***tsunamis de hasta 15 m de runup*** *provocando la inundación y devastación de vastas zonas costeras bajas con penetraciones kilométricas tierra adentro. Incluso bloques de diámetro métrico pueden ser arrastrados hacia el interior a lo largo de grandes distancias. Erosión importante generalizada de las zonas costeras bajas que producen cambios muy notorios en la geometría de la línea de costa. La vegetación litoral (arbustos y árboles) es arrasada y arrastrada hacia el interior". EFECTO DIAGNÓSTICO PARA ESTE GRADO.*

c) ***GK/11:*** Son muy frecuentes grandes grietas en el terreno con aberturas de varios metros de anchura, principalmente en depósitos aluviales poco compactados y/o suelos saturados. En rocas competentes pueden alcanzar hasta 1 m de anchura. Grietas muy anchas se desarrollan en caminos pavimentados (asfalto o empedrados), acompañadas por grandes ondulaciones de presión. En suelos enlosados y bordillos de aceras pueden desarrollarse estructuras de tipo pop-up de altura centimétrica y de extensión métrica a decamétrica.

d) ***SM/11:*** Grandes deslizamientos y caídas de rocas (> 10^5 - 10^6 m^3) son frecuentes, independientemente del estado de equilibrio y pendiente de las laderas, causando lagos por obturación temporal o permanente de los valles. Las márgenes (orillas) de los ríos, terraplenes, taludes y excavaciones artificiales típicamente colapsan desdibujándose. Terraplenes y represas de tierra pueden incluso incurrir en serios daños. Deslizamientos considerables pueden tener lugar hasta 200-300 kilómetros de distancia epicentral. Grandes deslizamientos submarinos o subacuáticos son frecuentes en zonas costeras y lagos.

e) ***LQ/11***[17]***:*** Los Procesos de Licuefacción cambian el aspecto de extensas zonas, aplanando la topografía de llanuras costeras y llanuras de inundación, fluviales y aluviales, acompañadas por procesos de subsidencia generalizados que pueden exceder varios metros. Los volcanes de arena de gran tamaño (> 6 m) son numerosos; se producen grandes y largas grietas debido a procesos de extensión lateral(lateral spreading) que afectan severamente a las márgenes de ríos, lagos y canales.

f) ***OT/11:*** *"Los árboles se sacuden violentamente. Muchas ramas se rompen y caen. Árboles enteros pueden desenraizarse del terreno y caer peligrosamente incluso en zonas de poca pendiente". EFECTO DIAGNÓSTICO PARA ESTE GRADO.*

g) ***OT/11:*** En áreas secas, se levantan grandes nubes de polvo.

h) ***OT/11:*** *"Grandes bloques, incluso de varios metros de diámetro pueden ser arrojados al aire desplazándose cientos de metros, incluso en laderas de poca pendiente, dejando impresiones o huellas características en suelos blandos o poco consolidados". EFECTO DIAGNÓSTICO PARA ESTE GRADO.*

---

[17] *Para este nivel de intensidad (XI) los procesos de licuefacción pueden provocar la deformación, plegamiento y combamiento diferencial de niveles de gravas y pequeños canales presentes en el registro geológico superficial (2-3 m) de las llanuras de inundación de los ríos, así como en zonas de llanuras costeras deltaicas.*

XII – COMPLETAMENTE DEVASTADOR. Efectos Ambientales son el único criterio para determinar la intensidad. *(Los efectos Ambientales son ahora la única herramienta disponible para evaluar la intensidad, los demás criterios para estimar el nivel de daños se encuentran saturados por el colapso generalizado de todo tipo de construcciones).*

Efectos primarios: *Dominantes.*

SR/12: *"Las rupturas de falla se extienden como mínimo varios centenares de kilómetro, acompañadas por desplazamientos de hasta decenas de metros. Es patente el desarrollo de grandes fosas tectónicas, depresiones alargadas y lomas de presión. Las líneas de drenaje pueden desplazarse ostensiblemente. Los cambios en el paisaje y en la geomorfología inducidos por estas rupturas primarias pueden alcanzar tamaños y extensiones extraordinarios (ejemplos típicos son la elevación y/o subsidencia de líneas costa de hasta varios metros, la aparición o desaparición de la vista de elementos paisajísticos significativos, los ríos cambian de curso, formación de cascadas, y formación o desaparición de lagos)". EFECTO DIAGNÓSTICO PARA ESTE GRADO.*

Efectos secundarios: *El área afectada es generalmente inferior o del orden de* ***50.000 km²****.*

a) ***HA/12:*** Los manantiales y fuentes cambian significativamente tanto su caudal como su posición altimétrica (sobrepresión). Algunos manantiales y fuentes pueden secarse incluso permanentemente. Las variaciones en el nivel del agua en los pozos son comunes y significativas.

   HD/12: Las propiedades físico-químicas de manantiales y/o pozos y, más comúnmente la temperatura en fuentes termales, sufren fuertes variaciones. El agua de manantiales, ríos e incluso grandes lagos a menudo se vuelve muy fangosa. Las emisiones de gases, normalmente sulfurosos, son comúnmente observadas. La hierba y los arbustos en el entorno de estos puntos de emisión pueden arder.

b) ***WA/12:*** *"Desarrollo de* ***Olas gigantes en*** *lagos y ríos que causan importantes inundaciones en las zonas de ribera. En zonas de llanura de inundación los cauces de agua pueden sufrir cambios significativos permanentes en su cauce principal, e incluso invertirse el sentido de la corriente debido a la generalización de procesos de subsidencia diferencial y desplomes de los márgenes. Pueden aparecer y/o desaparecer lagos de extensión significativa por los mismos procesos. EFECTO DIAGNÓSTICO PARA ESTE GRADO.*

   TS/12: *"Dependiendo de la topografía de la línea de costa y el fondo marino, pueden producirse* ***tsunamis de varias decenas de metros de runup*** *provocando la inundación y devastación de vastas zonas costeras bajas con penetraciones de varios kilómetros tierra adentro. Grandes bloques pueden ser arrastrados hacia el interior a lo largo de grandes distancias. Erosión devastadora y generalizada de las zonas costeras bajas que produce cambios muy notorios en la geometría de la línea de costa. La vegetación litoral (arbustos y árboles) es arrasada y arrastrada hacia el interior". EFECTO DIAGNÓSTICO PARA ESTE GRADO.*

c) ***GK/12:*** Grandes grietas en el terreno con aberturas de varios metros de anchura son muy frecuentes, de hasta más de 1 metro en el sustrato rocoso competente, y de hasta más de 10 metros en depósitos aluviales poco compactados y/o suelos saturados, donde pueden extenderse a lo largo de varios kilómetros de longitud. En suelos enlosados y bordillos de aceras pueden desarrollarse estructuras de tipo pop-up de altura centimétrica y de extensión métrica a decamétrica.

c) ***SM/12:*** Grandes deslizamientos y caídas de rocas (> 10^5 - 10^6 m^3) son frecuentes, independientemente del estado de equilibrio y pendiente de las laderas, causando muchos lagos de obturación tem-

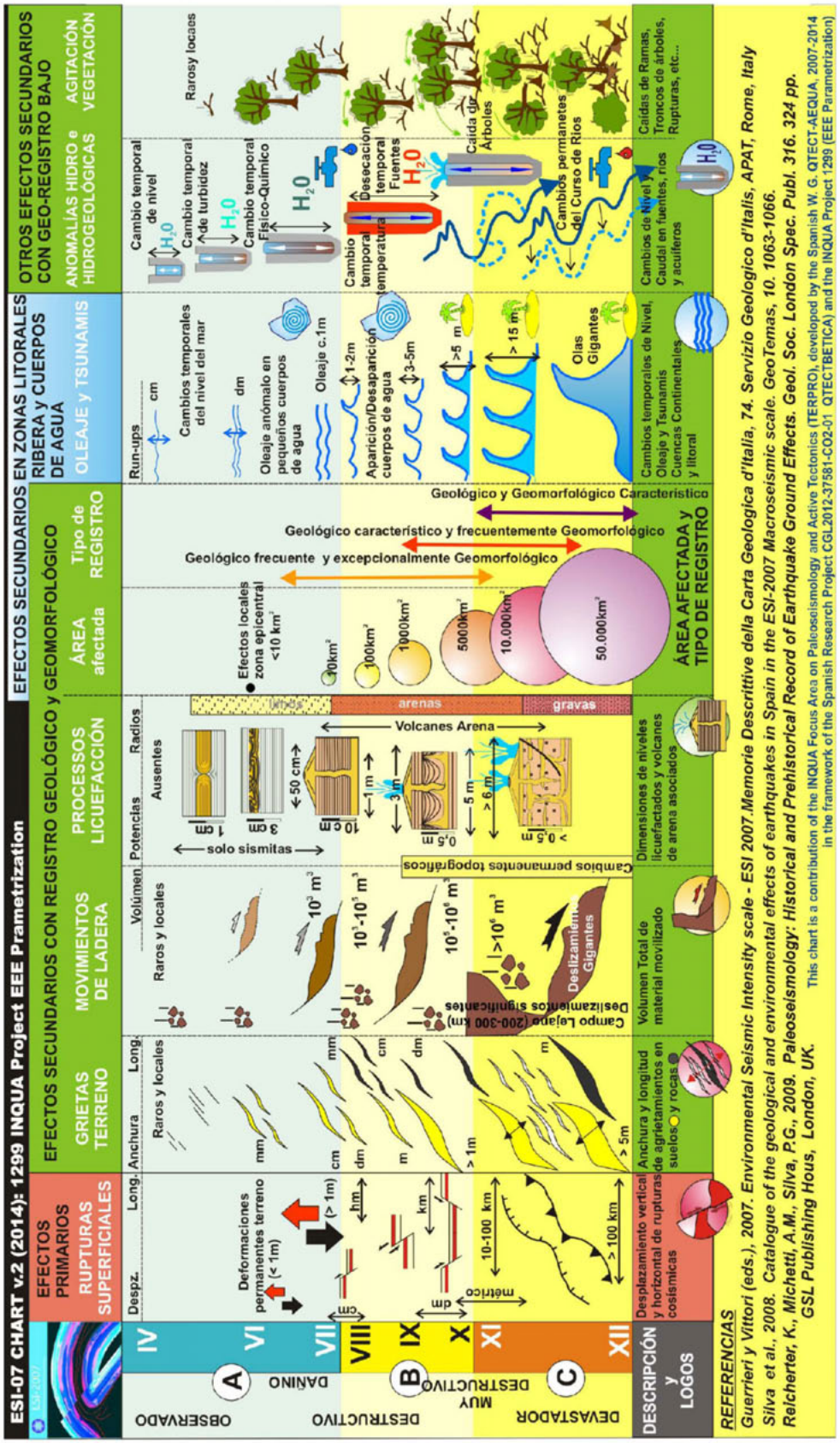
porales o permanentes. Las márgenes (orillas) de los ríos, terraplenes, taludes y excavaciones artificiales típicamente colapsan. Terraplenes y represas de tierra pueden incluso incurrir en serios daños. Deslizamientos considerables pueden tener lugar en hasta 200-300 kilómetros de distancia epicentral. Grandes deslizamientos submarinos o subacuáticos son frecuentes en zonas costeras y lagos.

e) ***LQ/12:*** Los Procesos de Licuefacción cambian el aspecto de extensas zonas, aplanando la topografía de llanuras costeras y llanuras de inundación fluviales y aluviales, acompañadas por procesos de subsidencia generalizados que pueden exceder varios metros. Los volcanes de arena de gran tamaño son muy numerosos; grandes y largas grietas debido a extensiones laterales afectan severamente a las márgenes de ríos, lagos y canales.

f) ***OT/12:*** Los árboles se sacuden violentamente. Muchas ramas se rompen y caen. Incluso árboles enteros pueden desenraizarse del terreno y caer peligrosamente.

g) ***OT/12:*** En áreas secas, se levantan grandes nubes de polvo.

h) ***OT/12:*** *"Bloques de grandes dimensiones pueden ser arrojados al aire desplazándose cientos de metros, incluso en laderas de poca pendiente, dejando impresiones o huellas características en suelos blandos o poco consolidados". EFECTO DIAGNÓSTICO PARA ESTE GRADO.*


ESI-07 CHART v.2 (2014): 1299 INQUA Project EEE Prametrization
EFECTOS PRIMARIOS RUPTURAS SUPERFICIALES
EFECTOS SECUNDARIOS CON REGISTRO GEOLÓGICO y GEOMORFOLÓGICO
GRIETAS TERRENO
MOVIMIENTOS DE LADERA
PROCESOS LICUEFACCIÓN
ÁREA afectada
Tipo de REGISTRO
EFECTOS SECUNDARIOS EN ZONAS LITORALES RIBERA y CUERPOS DE AGUA
OLEAJE y TSUNAMIS
OTROS EFECTOS SECUNDARIOS CON GEO-REGISTRO BAJO
ANOMALÍAS HIDRO e HIDROGEOLÓGICAS
AGITACIÓN VEGETACIÓN
OBSERVADO
DAÑINO
DESTRUCTIVO
MUY DESTRUCTIVO
DEVASTADOR
DESCRIPCIÓN y LOGOS
Despz.
Long.
Anchura
Raros y locales
Volúmen
Potencias
Ausentes
Radios
solo sismitas
arenas
gravas
Run-ups
Cambios temporales del nivel del mar
Oleaje anómalo en pequeños cuerpos de agua
Oleaje c.1m
Aparición/Desaparición cuerpos de agua
Olas Gigantes
Cambio temporal de nivel
Cambio temporal de turbidez
Cambio temporal Físico-Químico
Cambio temporal temperatura
Desecación temporal Fuentes
Caida de Árboles
Cambios permanentes del Curso de Rios
Rarosy locales
Efectos locales zona epicentral <10 km²
Geológico frecuente y excepcionalmente Geomorfológico
Geológico característico y frecuentemente Geomorfológico
Geológico y Geomorfológico Característico
ÁREA AFECTADA y TIPO DE REGISTRO
Deformaciones permanentes terreno (< 1m)
(> 1m)
Cambios permanentes topográficos
Volcanes Arena
Campo Lejano (200-300 km)
Desplazamientos significantes
Desplazamientos Gigantes
Dimensiones de niveles licuefactados y volcanes de arena asociados
Volumen Total de material movilizado
Anchura y longitud de agrietamientos en suelos y rocas
Desplazamiento vertical y horizontal de rupturas cosísmicas
Cambios temporales de Nivel, Oleaje y Tsunamis Cuencas Continentales y litoral
Cambios de Nivel y Caudal en fuentes, rios y acuíferos
Caidas de Ramas, Troncos de árboles, Rupturas, etc...
REFERENCIAS
Guerrieri y Vittori (eds.), 2007. Environmental Seismic Intensity scale - ESI 2007.Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, 74. Servizio Geologico d'Italis, APAT, Rome, Italy
Silva et al., 2008. Catalogue of the geological and environmental effects of earthquakes in Spain in the ESI-2007 Macroseismic scale. GeoTemas, 10. 1063-1066.
Reicherter, K., Michetti, A.M., Silva, P.G., 2009. Paleoseismology: Historical and Prehistorical Record of Earthquake Ground Effects. Geol. Soc. London Spec. Publ. 316. 324 pp.
GSL Publishing Hous, London, UK.
This chart is a contribution of the INQUA Focus Area on Paleoseismology and Active Tectonics (TERPRO), developed by the Spanish W. G. QTECT-AEQUA, 2007-2014 in the framework of the Spanish Research Project CGL2012-37581-C02-01 QTECTBETICA) and the INQUA Project 1299 (EEE Parametrization)

ISBN 978-8-491380-76-4





MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y UNIVERSIDADES



Instituto Geológico
y Minero de España