Cuaternario y Geomorfología
ISSN: 0214-1744
ISSNe: 2695-8589

www.rediris.es/CuaternarioyGeomorfologia/

Geoarqueología del Bronce medio: laderas y actividad humana en el curso medio del río Segre (Alòs de Balaguer, La Noguera, Lleida)

Middle Bronze Age geoarchaeology: slopes and human activity in the middle course of the River Segre (La Noguera, Lleida)

Bergadà, M. M.[(1,2)]; Roca, N.[(2,3)]; Peña Monné, J. L.[(4)]; López Cachero, F. J.[(1,2)]; Nadal, J.[(1,2)]; Mangado, X.[(1,2)]

(1) Seminari d'Estudis i Recerques Prehistòriques (SERP). Departament d'Història i Arqueologia. Universitat de Barcelona. C/Montalegre 6-8, 08001, Barcelona. bergada@ub.edu
(2) Institut d'Arqueologia de la Universitat de Barcelona (IAUB). C/Montalegre 6-8, 08001, Barcelona.
(3) Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals. Universitat de Barcelona. Avda. Diagonal, 643, 08028 Barcelona
(4) Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza y Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas, Químicas y Naturales de Zaragoza, C/Pedro Cerbuna, 50009 Zaragoza.

Resumen

Los estudios geoarqueológicos centrados en la dinámica de laderas en el curso medio del río Segre son relativamente escasos debido a la pobre conservación de los depósitos, frecuentemente alterados por la actividad humana o por los procesos erosivos de sus vertientes. Este trabajo presenta un análisis sedimentario, edáfico y micromorfológico del yacimiento de la Coma del Poll, situado en la ladera del Serrat del Poll (Alòs de Balaguer, Lleida), donde se localizan evidencias de ocupación durante el Bronce medio, datadas por radiocarbono entre *c.* 1616 y 1446 cal BC.

Los resultados evidencian fases de acumulación coluvial que regularizaron las laderas, que se alternaron con el desarrollo de horizontes superficiales, asociados a una cubierta vegetal y a condiciones ambientales más húmedas y frescas, que fueron posteriormente enterrados por otra fase de deposición (horizontes Ab). Estos episodios de estabilidad indican una tendencia hacia la biostasia en el territorio y se correlacionan con una intensificación de la actividad humana, lo que sugiere un entorno favorable para prácticas agrícolas y ganaderas durante este periodo en el valle medio del Segre.

Palabras clave: Sierras Exteriores Pirenaicas; Coma del Poll; Paleoambiente; Coluvión; Suelos enterrados; Micromorfología.

https://doi.org/10.17735/cyg.v40i3-4.122522

Derechos de reproducción bajo licencia Creative Commons 3.0.
Se permite su inclusión en repositorios sin ánimo de lucro.

En prensa
In press

Abstract

Geoarchaeological studies focusing on slope dynamics in the middle course of the River Segre are relatively scarce due to the poor preservation of deposits, which are frequently altered by human activity or by erosion processes on their slopes. This paper presents a sedimentary, pedological and micromorphological analysis of the Coma del Poll site, located on the slope of Serrat del Poll (Alòs de Balaguer, Lleida), where evidence of occupation during the Middle Bronze Age has been found, dated by radiocarbon to between *c*. 1616 and 1446 cal BC.

The results show phases of colluvial accumulation that regularized the slopes, alternating with the development of surface horizons associated with vegetation cover and wetter, cooler environmental conditions, which were subsequently buried by another phase of deposition (Ab horizons). These episodes of stability indicate a trend towards biostasis in the territory and correlate with an intensification of human activity, suggesting a favorable environment for farming and livestock practices during this period in the middle Segre valley.

Key words: External Pyrenean Ranges; Coma del Poll; Palaeoenvironment; Colluvion; Buried soils; Micromorphology.

En prensa

1. Introducción

El análisis geoarqueológico del territorio se articula a partir de diversas aproximaciones, entre las que se encuentra el estudio del relieve en relación con los asentamientos arqueológicos, mediante el análisis de registros cuaternarios identificados a través de técnicas geomorfológicas, sedimentológicas y edáficas. Este enfoque permite relacionar la evolución del territorio-paisaje con los patrones de ocupación de las comunidades humanas, contribuyendo también a la reconstrucción de las condiciones paleoambientales. Asímismo, constituye una herramienta fundamental para la identificación y localización de nuevos asentamientos arqueológicos (Bergadà *et al*., 2005).

El presente estudio se ha centrado en el curso medio del río Segre, concretamente en el sector de Alòs de Balaguer (La Noguera, Lleida) (Fig. 1). La elección de esta zona responde a la intensa actividad arqueológica desarrollada en la cercana Cova del Parco desde 1987, aún en curso, que ha revelado una amplia secuencia cronocultural que abarca desde el Magdaleniense medio hasta la Edad del Bronce, con ocupaciones esporádicas en época histórica (Bergadà, 1998; Mangado *et al*., 2009; Mangado *et al*., 2018; Sánchez de la Torre *et al*., 2025b). A raíz de estas investigaciones se llevaron a cabo diversas prospecciones geoarqueológicas en el entorno inmediato. El objetivo principal fue estudiar la evolución del relieve, localizar nuevos asentamientos y depósitos cuaternarios, con el fin de profundizar en el conocimiento de la evolución paleoambiental y humana del área analizada.

Las investigaciones permitieron identificar varios registros de relevancia geoarqueológica y arqueológica, que ofrecen valiosa información sobre la evolución del territorio y el paleoambiente de la zona. Entre ellos destacan (Bergadà *et al*., 2005):

- El abrigo del Xicotó, situado en la Sierra de Sant Mamet, con vestigios correspondientes al Neolítico, Mesolítico y Epipaleolítico (Sánchez de la Torre *et al*., 2025a).
- Carbonera I, una terraza baja del río Segre con presencia de industria lítica del Paleolítico superior.
- Carbonera II, en el margen izquierdo del barranco de la Carbonera, donde se halló un hacha tubular de bronce, atribuible a un periodo comprendido entre el final de

In press

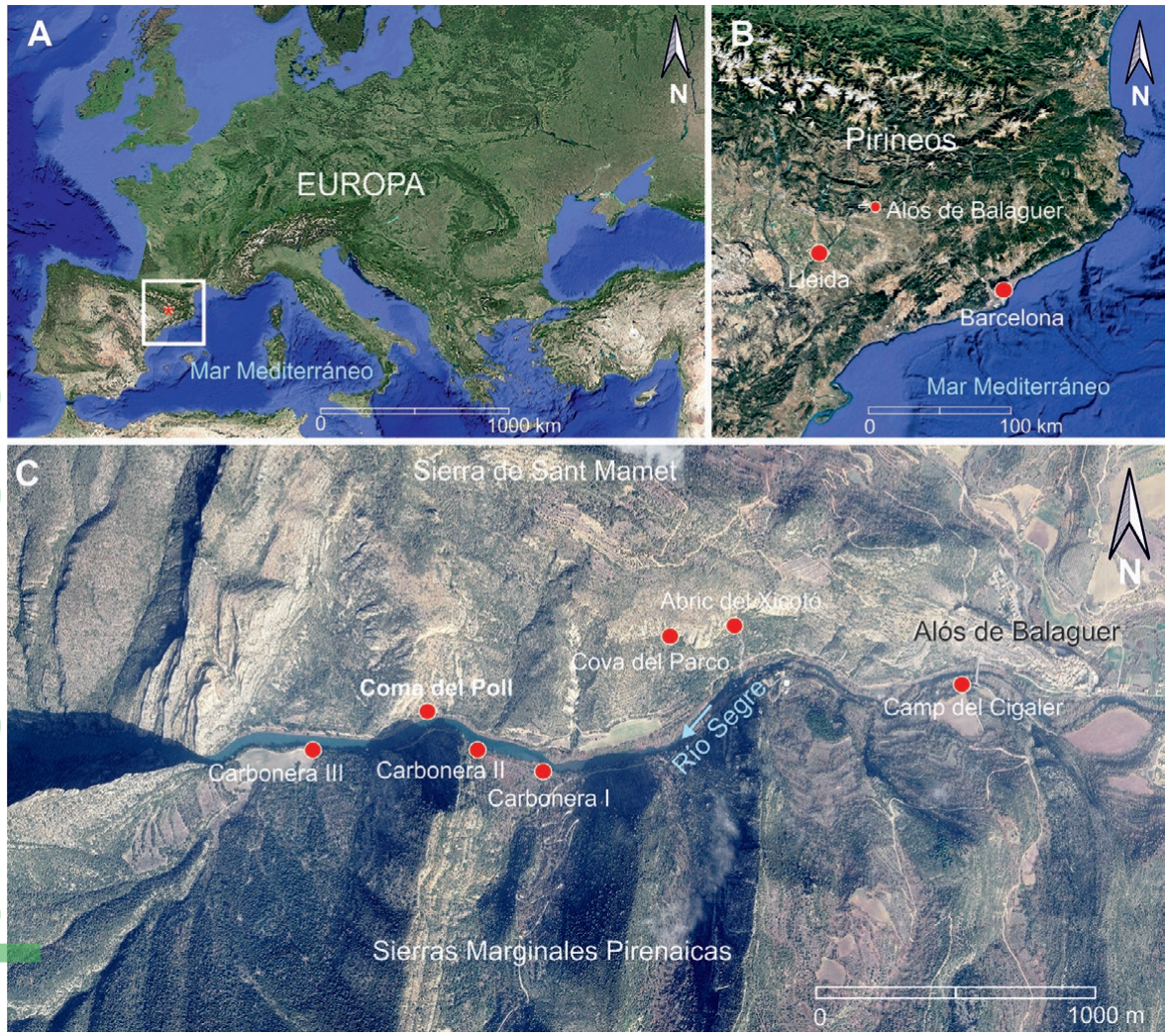


Figura 1. Ubicación geográfica. A. Área de referencia delimitada mediante un recuadro blanco. B. Situación de la zona de estudio. C. Localización de la Coma del Poll y los registros geoarqueológicos de Alòs de Balaguer (La Noguera, Lleida) citados en el texto.

Figure 1. Geographical location. A. Reference area outlined by a white box. B. Location of the study area. C. Location of Coma del Poll and the geoarchaeological sites at Alòs de Balaguer (La Noguera, Lleida) cited in the text.

la Edad del Bronce y los inicios de la Edad del Hierro.

- Coma del Poll, registro objeto de análisis de este estudio.

- Carbonera III, un abrigo que conserva parcialmente depósitos coluviales de ladera con cerámicas hechas a mano, los cuales recubren parcialmente la llanura de inundación.

Este artículo se centra en el análisis de uno de los enclaves identificados: la Coma del Poll, un asentamiento situado en una ladera del Serrat del Poll (Fig. 2A). El emplazamiento se encuentra en el inicio del desfiladero de Alòs de Balaguer, que se prolonga hasta la confluencia del río Segre con el río Noguera Pallaresa. El yacimiento presenta alteraciones parciales en su extensión ocasionadas por la construcción de una pista de senderismo contigua al río.

En prensa

In press

Desde una perspectiva geoarqueológica, el interés del registro radica en su localización sobre un depósito de ladera con evidencias arqueológicas a lo largo de su secuencia. Dada su relevancia, se llevó a cabo un sondeo de 2 × 1 m con el fin de establecer la secuencia arqueoestratigráfica y precisar la adscripción cultural y cronológica del registro (Fig. 2B).

Los objetivos específicos de este estudio son:

1. Analizar la dinámica de la ladera en la Coma del Poll.
2. Caracterizar este tipo de depósito y evaluar su significado paleoambiental.
3. Detectar la presencia y el impacto de la actividad humana en el registro sedimentario.
4. Contextualizar los datos obtenidos con otros registros de ladera de la Edad del Bronce en el Noreste peninsular.

De este modo, se pretende integrar la interpretación geoarqueológica y paleoambiental para ofrecer una visión más sólida de la interacción entre los procesos geogénicos y la intervención antrópica en este entorno.

2. Contexto geográfico y geológico

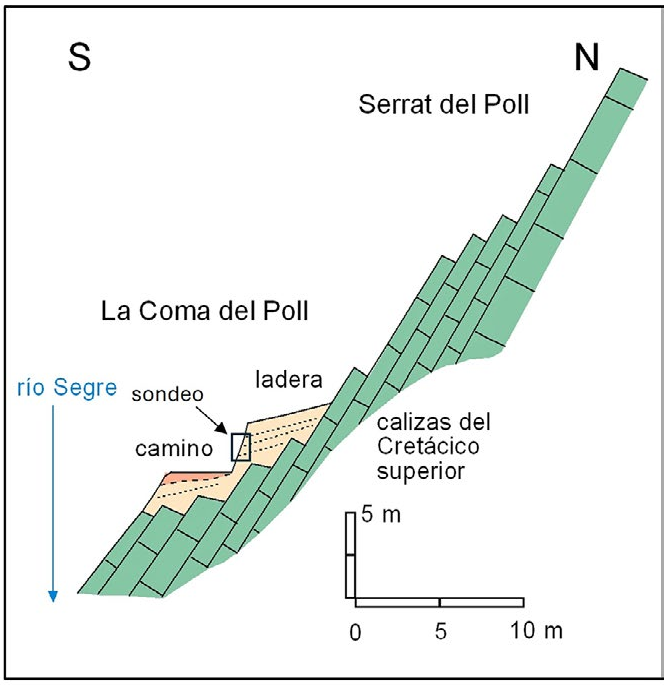
Desde el punto de vista geográfico, este enclave forma parte del sector meridional de las Sierras Exteriores del Prepirineo, concretamente del flanco occidental del sinclinal de Sant Jordi. Las litologías predominantes son las calizas, calcarenitas y margas del Cretácico superior (Campaniense-Maastrichtiense), que



A



B



C

Figura 2. Detalle del sector de la Coma del Poll. A. Vista general del emplazamiento (flecha). B. Ubicación del sondeo y localización del perfil norte (flecha). C. Perfil longitudinal del depósito y localización del sondeo, señalada con un recuadro negro.

Figure 2. Detail of the Coma del Poll sector. A. General view of the site (arrow). B. Location of the test pit and position of the northen profile (arrow). C. Longitudinal profile of the deposit and location of the test pit, indicated by a black box.

En prensa

In press

estructuran tanto los escarpes como el núcleo de las sierras de Montroig, Boada y Sant Jordi.

La Coma del Poll se localiza en la base de la vertiente del Serrat del Poll, orientada de norte a sur, a una altitud aproximada de 315 m s.n.m. y unos 18 m por encima del cauce del río Segre. La ladera se apoya en las calizas, que se disponen en capas de fuerte buzamiento hacia el río Segre (Fig. 2C). El área está compuesta por depósitos coluviales y derrumbes calizos, con un espesor estimado de 2,10 m, y se sitúa junto al camino de acceso, en el margen derecho del río. La vegetación actual está dominada por un bosque poco denso de *Quercus coccifera*, en el cual todavía se conservan restos de antiguos márgenes de piedra seca.

En términos geomorfológicos, los principales depósitos del entorno son las acumulaciones fluviales del río Segre y sus barrancos afluentes y las laderas. El sistema de terrazas del Segre medio se compone de dos niveles intermedios a 40-60 y 18-20 m sobre el cauce, localizados en la depresión de Alòs antes de iniciarse el cañón del Segre, y una terraza baja, a 10-12 m de altura. El nivel más reciente queda a unos 2 m del fondo aluvial (Peña Monné, 1983; Bergadà *et al*., 2005). Las terrazas bajas son muy frecuentes y prácticamente aparecen en cada confluencia fluvial junto con abanicos de los torrentes laterales. Los depósitos de inundación de gran potencia constituidos por fracciones finas, principalmente limosas, se han relacionado con retenciones del agua, represamientos (Rico, 2004), en episodios de avenida, dada la estrechez del cañón. Se han localizado en la confluencia del Segre-Barranc del Mu, en la zona del Castillo de Alòs, en Carbonera I y III. Las vertientes debido a la fuerte pendiente y a la intensa presión ganadera aparecen degradadas (Bergadà *et al*., 2005). Sin embargo, aún se conservan sectores del valle, donde es posible identificar registros sedimentarios que testimonian este tipo de dinámica. Un ejemplo destacado de ello son las laderas del Serrat del Poll que se desarrollan principalmente a lo largo de unos 20 a 25 m en dirección Este desde el propio yacimiento de la Coma del Poll.

3. Metodología

El presente estudio se desarrolló mediante una intervención arqueoestratigráfica que incluyó la descripción estratigráfica y sedimentológica de campo, el análisis micromorfológico, la caracterización de suelos y el estudio del material arqueológico recuperado. Asimismo, la interpretación de la morfogénesis del depósito se vio facilitada por el estudio geomorfológico previo realizado en la zona de Alòs de Balaguer por uno de los autores (Peña Monné, 1983).

Las descripciones estratigráficas, sedimentarias y edafogénicas macroscópicas se realizaron en el perfil norte del área estudiada, considerando principalmente el color, la textura al tacto, la geometría y los tipos de límites entre niveles y/o horizontes.

Para la caracterización fisicoquímica se extrajeron 6 muestras (Fig. 3) y se realizaron los siguientes análisis: la granulometría, el pH y el contenido de carbono orgánico (CO). Para la determinación granulométrica, se usaron tamices para separar los fragmentos gruesos (>2 mm). En la fracción inferior a 2 mm se eliminó la materia orgánica mediante oxidación con peróxido de hidrógeno y se realizó la dispersión química con ortofosfato de sodio (Na_3PO_4). La fracción arena se tamizó por vía húmeda con agua destilada hasta conseguir una separación de la fracción arena gruesa (0,2-2 mm) y arena fina (0,05-0,2 mm). Las fracciones finas, limo grueso (0,02-0,05 mm), limo fino (0,002-0,02 mm) y arcilla (<0,002 mm), se obtuvieron por sedimentación a diferentes profundidades y tiempo de sedimentación (Burt, 2004). Para medir el pH, se utilizó un pH-metro (Crison micropH 2002) en una suspensión de 10 g de muestra de suelo en 25 mL de agua destilada (Van Reeuwijk, 2002). El carbono orgánico se cuantificó en la fracción < 2mm por oxidación via húmeda con dicromato de potasio en un medio ácido y posterior valoración con sal de Mohr (sulfato amónico férrico) mediante una bureta digital utilizando ortofenantrolina ferrosa como indicador, según el método de Walkley-Black modificado per Mebius (1960).

En prensa

In press

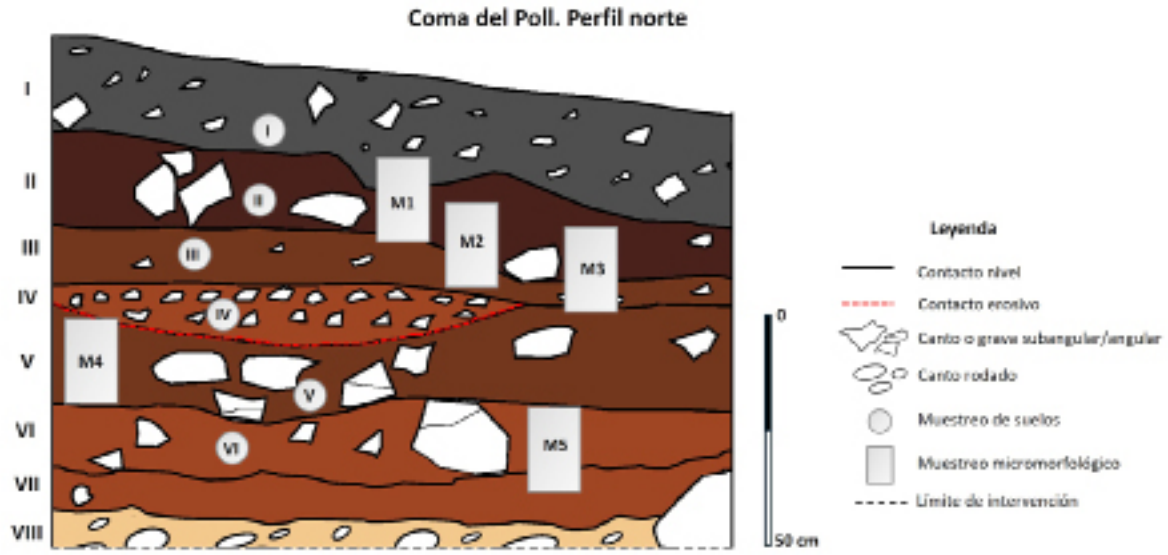


Figura 3. Coma del Poll. Perfil norte. Secuencia estratigráfica y localización del muestreo de suelos y micromofológico.

Figure 3. Coma del Poll. North profile. Stratigraphic sequence and location of the soil and micromorphological sampling.

En cuanto al análisis micromorfológico, el protocolo de muestreo consistió en la obtención de cinco bloques de sedimento (véase Fig. 3) previamente rebajados y delimitados, directamente del perfil, empleando moldes de cartón multicapa previamente recubiertos con escayola, lo que permitió su extracción sin alterar la estructura ni la disposición del relleno sedimentario (Bergadà, 1998).

El único nivel que no pudo ser muestreado fue el nivel IV, debido a la elevada concentración de cantos, que impedía extraer un bloque sin modificar su estructura. Los bloques de sedimento fueron secados al aire y posteriormente en estufa a 40 °C durante 48 horas, con el fin de evitar recristalizaciones. Luego, se impregnaron con resina de poliestireno y se cortaron en tablillas de unos pocos centímetros de espesor. A partir de estas se elaboraron un total de siete láminas delgadas, de 13,3 × 5,5 cm y 30 µm de grosor, siguiendo el protocolo establecido por Benyarku y Stoops (2005). Las láminas delgadas fueron elaboradas en el Servicio de Micromorfología y Análisis de Imágenes de la Universitat de Lleida. El estudio se llevó a cabo en el Seminari d'Estudis i Recerques Prehistòriques (SERP), empleando un estereomicroscopio y un microscopio petrográfico con luz polarizada paralela (LPP), luz polarizada cruzada (LPX) y luz oblicua incidente (LOI). Para la descripción micromorfológica se siguieron los criterios metodológicos propuestos por Bullock *et al*. (1985), Nicosia y Stoops (2017), Stoops (2021) y Stoops *et al*. (2018).

4. Resultados

4.1. Contexto arqueoestratigráfico

Durante la intervención en la Coma del Poll se identificaron ocho niveles estratigráficos, numerados desde el techo hacia la base del registro (véase Fig. 3). El nivel VIII, que constituye la base del depósito, está compuesto principalmente por cantos rodados de origen fluvial. Se trata de un nivel arqueológicamente estéril y queda fuera del objeto de estudio de este artículo. Por encima de este, el nivel VII constituye el inicio del registro arqueológico y se caracteriza principalmente por la presencia de industria lítica en sílex, junto a algu-

En prensa

In press

nos fragmentos cerámicos (Fig. 4A). La mayor parte del sílex presente en este nivel —y a lo largo de toda la secuencia— proviene de los sedimentos de origen continental o salobre de la facies Garumniense con abundante presencia de óxidos de hierro y de geodas rellenas de recristalizaciones de cuarzo. Asimismo, se ha identificado sílex procedente de Castelló de Farfanya, a unos 45 km de Alòs de Balaguer, el cual se distingue por presentar tonalidades más oscuras y secciones bioclásticas de tallos de algas carófitas visibles a simple vista. Entre los materiales recuperados destaca también un fragmento de brazalete elaborado a partir de concha del género *Glycymeris* (Fig. 4A), un tipo de ornamento característico del Neolítico, pero que puede perdurar hasta el Calcolítico y la Edad del Bronce.

Por encima, se sitúan los niveles VI y V, siendo especialmente significativo este último, donde se concentra una mayor cantidad de restos de cultura material. Destacan, en particular, los abundantes fragmentos de cerámica. En ambos niveles se documentan vasos de tamaños diversos, entre los que se reconocen ejemplares grandes, con pequeñas lengüetas o mamelones y base plana, así como recipientes pequeños y medianos con bordes exvasados (Figs. 4B, 4C). No obstante, el material cerámico es considerablemente más abundante en el nivel V que en el VI. En el sector excavado no se han identificado evidencias claras de estructuras, aunque el nivel V presenta señales de haber sido retrabajado por procesos sedimentarios. Como resultado, se han conservado residuos cenicientos adheridos a algunos bordes de gravas, lo que sugiere la posible existencia de hogares o zonas de combustión en las inmediaciones del área intervenida.

En estos niveles también se han documentado elementos líticos muy concrecionados, entre los que destacan cantos rodados de rocas metamórficas, procedentes del río Segre, así como un machacador (Fig. 4C). La fauna recuperada evidencia una actividad ganadera basada en caprinos, bovinos, junto con una notable presencia de conejo, cuya recurrencia se observa a lo largo de la secuencia. Asimismo, se ha identificado un componente malacológico representado por *Cepaea nemoralis*.

En el nivel IV prácticamente no se registraron evidencias de ocupación, salvo la presencia de algún fragmento cerámico (Fig. 4D).

El nivel III revela diversas estructuras y materiales, como molinos de mano, lo que indica un asentamiento más consolidado en el lugar (Figs. 5A, 5B). Asimismo, se encontraron fragmentos de tierra cruda con trazas de termoalteración que podrían corresponder a posibles soleras de hornos, además de un área de combustión *in situ*. En cuanto al material cerámico, se identificaron algunos vasos carenados y otros de tamaño mediano con bordes exvasados o decorados con pezones (Fig. 5C), junto con algunos elementos líticos de sílex retocado (Fig. 5D). El conjunto faunístico indica igualmente una economía ganadera centrada en caprinos y bovinos, a la que se suma un hallazgo aislado de *Equus caballus*, representado por un fragmento dental. También se evidencia el aprovechamiento de recursos de origen animal, mediante la incorporación de excrementos como desgrasante en la masa de tierra cruda empleada en la elaboración de las soleras. Este nivel está fechado por radiocarbono en *c*. 1616-1497 cal BC (Tabla 1).

A continuación, se identifica el nivel II donde también se encuentran indicios de ocupación, con alguna área de combustión. Sin embargo, los restos de cultura material en este nivel presentan, en ocasiones, trazas de alteración debido a la actividad biológica del suelo y a posibles vertidos humanos. Este es el nivel que concentra la mayor cantidad de material arqueológico, especialmente cerámico muy fragmentado. Entre los hallazgos más destacados figuran vasos carenados de tamaño pequeño a mediano, asas de sección circular asociadas a vasos grandes, y decoraciones unguladas. Asimismo, se localizó un vaso grande con cordón impreso y una lengüeta integrada en el mismo (Fig. 6A). Al igual que en el nivel anterior, la fauna recuperada evidencia actividad ganadera, y además destaca un fragmen-

En prensa
In press

En prensa

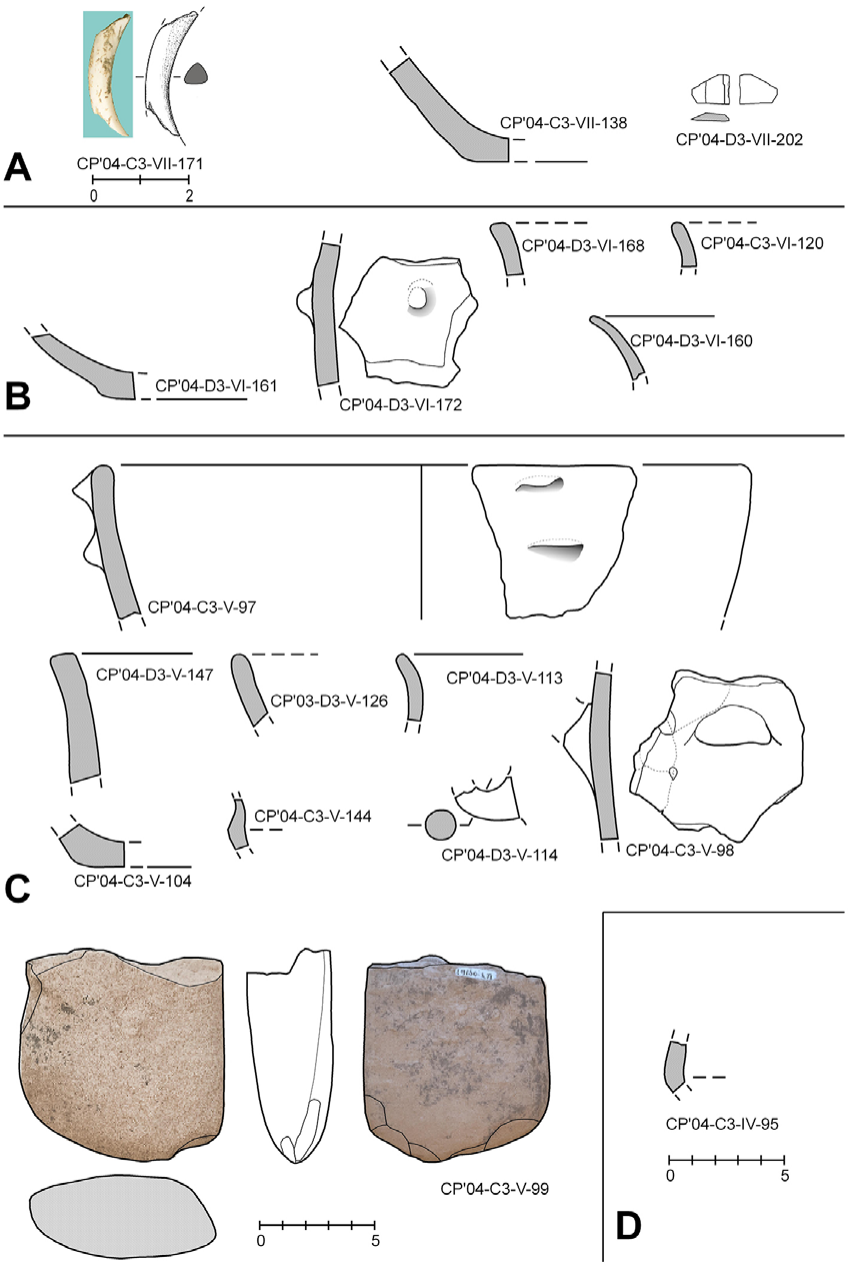


Figura 4. Coma del Poll. A. Materiales procedentes del nivel VII: fragmento de *Glycymeris*, base cerámica y fragmento de lámina. B. Materiales cerámicos procedentes del nivel VI. C. Materiales procedentes del nivel V: cerámicas y machacador lítico con fuerte concreción. D. Fragmento cerámico del nivel IV. (Fotografía y dibujo del *Glycymeris*: R.A, Fotografías del machacador: M.M.B. Dibujos de cerámicas e industria lítica: F.J.L.C.).

Figure 4. Coma del Poll. A. Materials from Level VII: Glycymeris fragment, pottery base, and blade fragment. B. Pottery materials from Level VI. C. Materials from Level V: potteries and lithic hammerstone with strong concretion. D. Pottery fragment from Level IV. (Photograph and drawing of Glycymeris: R.A.; photographs of the hammerstone: M.M.B.; drawings of potteries and lithic industry: F.J.L.C.).

In press

En prensa

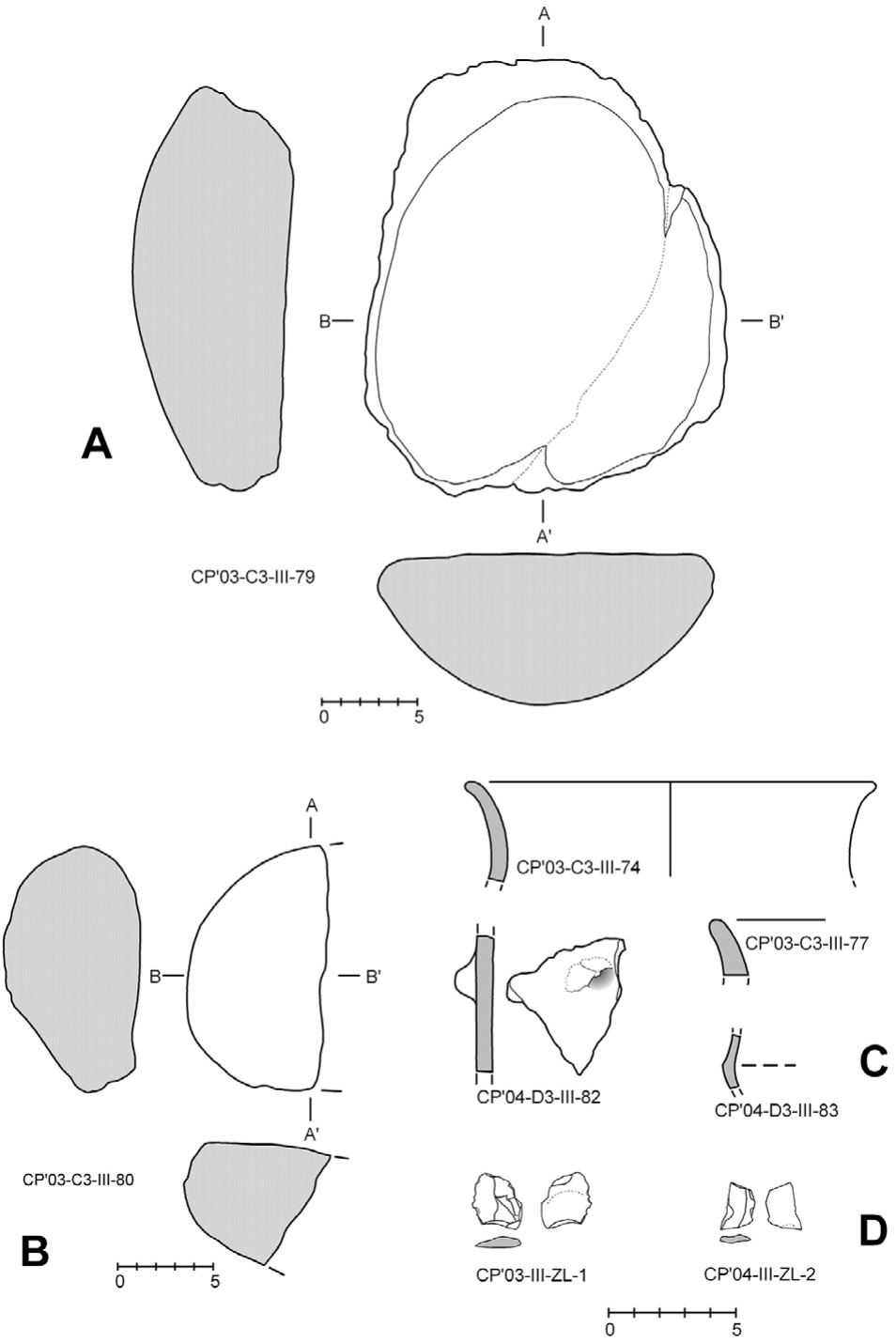


Figura 5. Coma del Poll. Materiales procedentes del nivel III. A. Molino barquiforme. B. Posible mano de molino. C. Material cerámico. D. sílex retocado (Dibujos: F.J.L.C.).

Figure 5. Coma del Poll. Materials from Level III. A. Boat-shaped quern. B. Possible grinding handstone. C. Pottery materials. D. Retouched flint (Drawings: F.J.L.C.).

In press

to de asta de corzo (*Capreolus capreolus*).

También merece mención la presencia de fragmentos de tierra cruda, posiblemente *torchis*, que podrían haber sido aplicados sobre un entramado vegetal para construir paredes o techos de alguna estancia del asentamiento. Este nivel está datado en *c*. 1563-1446 cal BC (véase Tabla. 1). En base a todos estos datos, podemos sugerir que las ocupaciones más significativas de la Coma del Poll se ubican en los niveles III y II.

El nivel I tiene poca representación arqueológica, destaca por la presencia de vasos grandes y fragmentos informes con cordones cerámicos y, de nuevo, pezones (Fig. 6B).

En cualquier caso, el conjunto de materiales arqueológicos recuperados en la Coma del Poll permite situar sin duda el yacimiento en el Bronce medio, coherente con las fechas radiocarbónicas obtenidas. La presencia de cerámicas con cordones impresos, vasos carenados, decoraciones unguladas y bases planas se corresponde plenamente con las producciones características de este periodo. Al mismo tiempo, se identifican elementos de tradición más arcaica, como las lengüetas superpuestas o los pezones, que todavía perviven en estas fases avanzadas del Bronce Inicial, lo que refuerza la idea de una continuidad tipológica dentro de este contexto arqueoestratigráfico.

De este modo, se configura un horizonte coherente y bien representado en el entorno más inmediato, con yacimientos como la Cova del Parco (Petit, 1996), el Forat de l'Espluga Negra, en Vilanova de Meià (Pàmies, 2017), el Forat de Conqueta, en Santa Linya (González, 2010), Llirians del Mas, en Salàs de Pallars (Piera *et al*., 2013), la Cova dels Muricecs, en Llimiana (inédito), e incluso Minferri en Juneda (Equip Minferri, 1997) y Cantorella, en Maldà (Escala *et al*., 2015), entre muchos otros (De la Vega, 1981; Mora, 2019).

4.2. Análisis geoarqueológico

4.2.1. Caracterización macroscópica y fisicoquímica

En la tabla 2 se muestra la descripción estratigráfica, sedimentaria y edáfica, que incluye las características observadas en campo y la identificación de los horizontes. Los resultados de los análisis realizados, que abarcan únicamente los niveles VI al I, se presentan en la tabla 3 e incluyen el pH, el contenido de carbono orgánico y la distribución granulométrica. Los niveles estudiados se caracterizan por un pH básico típico de zonas con climas mediterráneos y presencia de carbonatos en el suelo. El contenido de fracción gruesa es relevante en todo el perfil con un mayor incremento en los niveles VI, V, IV y I. El valor mínimo de los fragmentos gruesos se encuentra en el nivel III (21%) mientras que los valores máximos están en el nivel IV (83%) aunque los cantos de mayores dimensiones se observan en los niveles VI y V. La clase textural es franca en los niveles superiores (II y I) y franca arenosa en el resto de los niveles. En general, los valores de carbo-

Tabla 1. Dataciones radiocarbónicas de la Coma del Poll. Las dos dataciones se han calibrado a 2 sigmas en BC y BP mediante el software OxCal 4.4. (Bronk Ramsey, 2025).

Table 1. Radiocarbon dates from Coma del Poll. Both dates were calibrated at 2 sigma in BC and BP using OxCal 4.4 software (Bronk Ramsey, 2025).

Nivel	Muestra	Especie	Ref. Lab.	Data BP	SD	Método	Calibración BP a 2s (cal BP)	Calibración BC a 2s (cal BC)	$\delta^{13}C$
II	Hueso	*Bos taurus*	OxA-16422	3245	31	AMS	(8.9%) 3557 - 3524 (86.5%) 3512 - 3395	(8.9%) 1608 - 1575 (86.5%) 1563 - 1446	-20.1
III	Hueso	*Bos taurus*	OxA-16423	3282	30	AMS	(94%) 3565 - 3446 (1.5%) 3421 - 3413	(94%) 1616 - 1497 (1.5%) 1472 - 1464	-20.8

En prensa

In press

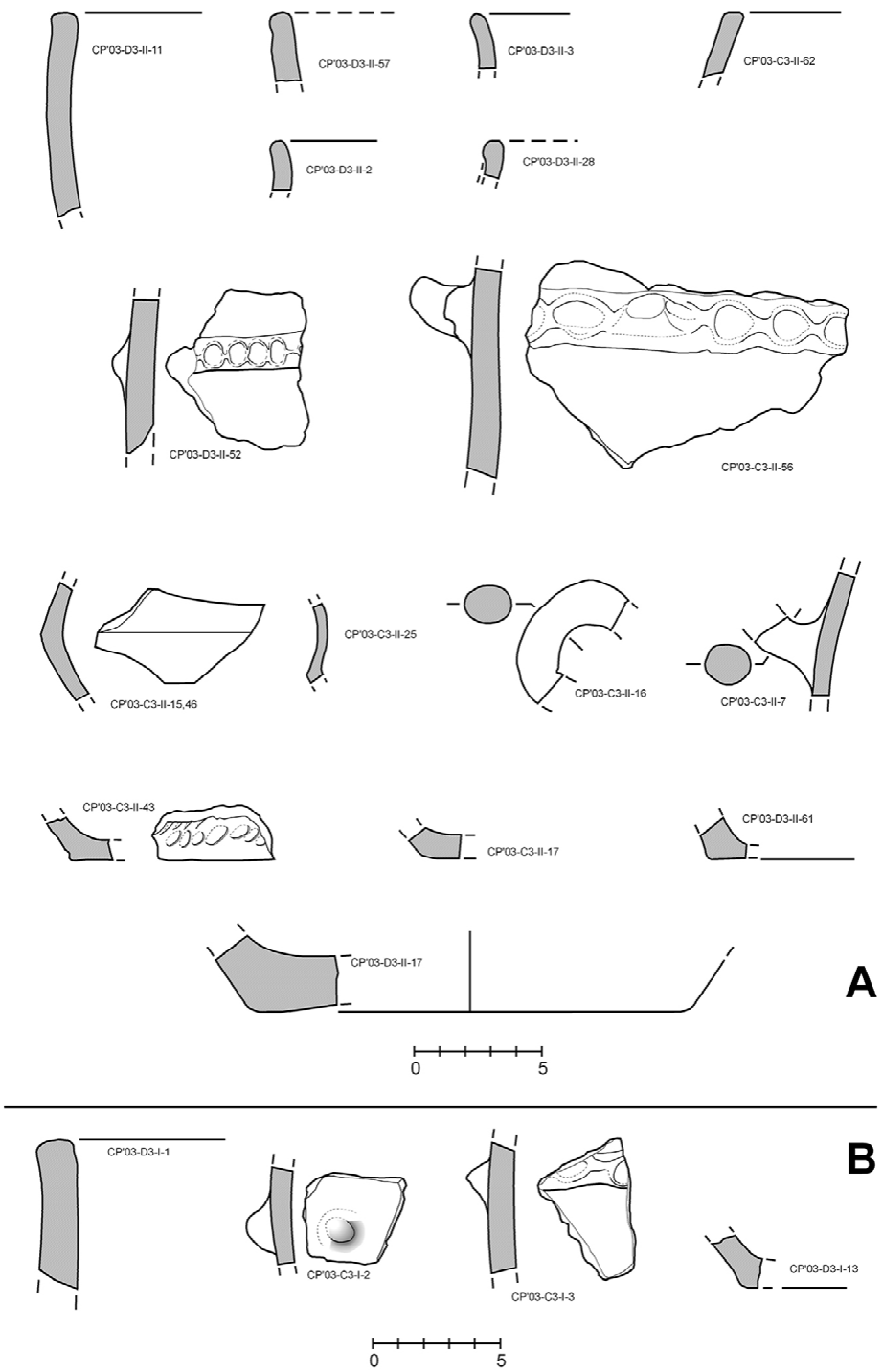


Figura 6. Coma del Poll. A. Materiales cerámicos procedentes del nivel II; B. Materiales cerámicos procedentes del nivel I (Dibujos: F.J.L.C.).

Figure 6. Coma del Poll. A. Pottery materials from Level II; B. Pottery materials from Level I (Drawings: F.J.L.C.).

En prensa

In press

Tabla 2. Descripción estratigráfica y edafosedimentaria de campo de la Coma del Poll con la correspondiente interpretación de sus horizontes de suelo.

Table 2. Field stratigraphic and pedosedimentary description of Coma del Poll with the corresponding interpretation of its soil horizons.

Nivel	Descripción de campo	Horizonte
I	Potencia media: 40 cm. Gravas y cantos subangulosos a subredondeados con una matriz franca (10YR 4/2). Geometría tabular y contacto neto. Hacia el límite con el nivel II aparece material cerámico.	A
II	Potencia media: 20 cm. Matriz franca (10YR 5/2) con un descenso acusado de la fracción de gravas y cantos. Geometría con tendencia tabular y contacto neto. Muestra una pendiente acusada que va de W-E y de N-S. Abundancia de material cerámico y óseo	2Ab
III	Potencia media: 12 cm. Matriz franca arenosa (10YR 5/3) con algunas gravas y en algún caso con trazas de termoalteración. Geometría con tendencia a tabular y contacto neto. Disminuye el material arqueológico, aunque se localizan áreas con combustión.	3BAb
IV	Potencia media: 10 cm. Cantos de morfología subangulosa con una matriz franca arenosa (10YR 6/3). Contacto erosivo. Practicamente no contiene material arqueológico.	4C
V	Potencia media: 20 cm. Cantos y algún bloque con una matriz franca arenosa (10YR 5/3). Geometría con tendencia a tabular y contacto difuso. Contiene material arqueológico, especialmente cerámico y restos óseos. Algunos con una disposición vertical.	5Ab
VI	Potencia media: 15 cm. Matriz franca arenosa (10YR 6/3) con algunos cantos. Geometría con tendencia a tabular y contacto neto. Disminuye el material cerámico.	5AC
VII	Potencia media: 10 cm. Matriz franca arenosa (10YR 6/3) con fracción de grava subredondeada de caliza y de esquisto. Contacto neto. Aparece algún material arqueológico principalmente lítico (sílex) y cerámico.	5C
VIII	Potencia vista: 5 cm. Cantos rodados y algun bloque procedente de la ladera. Sin la presencia de material arqueológico.	6C

En prensa

Tabla 3. Coma del Poll. Caracterización edáfica (CO=carbono orgánico, AG= arena gruesa, AF= arena fina, LG= limo grueso, LF= limo fino, Arc= arcilla, LT=suma de las dos fracciones de limos o limos totales y AT= suma de las dos fracciones de arenas o arenas totales).

Table 3. Coma del Poll. Soil *characterization (CO = organic carbon, AG= coarse sand, AF= fine sand, LG = coarse silt, LF = fine silt, Arc = clay, LT = sum of the two silt fractions or total silt, and AT = sum of the two sand fractions or total sand).*

Nivel	pH	% CO	Distribución granulométrica								Clase Textural
			% > 2 mm	% AG	% AF	% LG	% LF	% Arc	% LT	% AT	
N I	8,1	1,7	75,9	32,2	19,6	8,6	20,4	19,2	28,9	51,9	Franca
N II	8,2	1,7	34,1	22,1	24,2	8,7	23,7	21,3	32,3	46,3	Franca
N III	8,3	1,2	20,8	19,3	36,6	9,9	22,7	11,5	32,6	55,9	Franca arenosa
N IV	8,2	1,2	82,9	27,1	26	7,6	23	16,3	30,6	53,1	Franca arenosa
N V	8,2	1,3	65,6	46,3	33,8	6,0	6,7	7,1	12,8	80,1	Franca arenosa
N VI	8,3	1,3	45,9	36,6	20,8	7,3	20,5	14,8	27,8	57,4	Franca arenosa

In press

no orgánico son relativamente altos en todos los niveles estudiados, destacando los niveles II y I con las texturas más finas y mayor presencia de arcillas, que facilita la conservación de la materia orgánica.

El nivel VI, al igual que el nivel V, tiene los porcentajes de arenas más elevados en la matriz, siendo la fracción de arena gruesa la de mayor porcentaje. Los valores relativamente altos de carbono orgánico (>1 %) favorecen la microestructura granular observada, descrita en el apartado 4.2.2. Micromorfología. El nivel V tiene valores similares de carbono orgánico, aunque la fracción arena es mayor, superando el 80%, con los valores más bajos de arcilla (7,1%) y de limos (12,8%).

El nivel IV se distingue por un episodio marcado de acumulación de cantos y gravas superiores al 80% y por un contacto erosivo con respecto al nivel inferior (nivel V). La clase textural es franca arenosa con contenido en arenas superior al 50%. Los valores relativamente altos de arcillas en este nivel con gran proporción de fragmentos gruesos, permite la conservación del carbono orgánico en la fracción fina del nivel, con valores similares a los niveles VI y V.

El nivel III, superpuesto al anterior, presenta una matriz fina con menor presencia de gravas (20,8%) y algunos cantos. Este nivel de textura franca arenosa presenta los porcentajes más bajos de arcillas de todo el registro (11,5%). Los contenidos de carbono orgánico analizados, aunque inferiores a los niveles superiores, se pueden considerar altos con valores superiores al 1%.

El nivel II está constituido por una matriz franca con arenas finas y gruesas en una proporción bastante equitativa, entre el 22 y 24 % y con el contenido en arcillas más alto de todos los niveles estudiados (21%). Los fragmentos gruesos se caracterizan por cantos y gravas (34,1%) con trazas de disolución. El contenido en carbono orgánico de la fracción fina es elevado, reafirmando la importante actividad biológica del nivel.

Finalmente, el nivel I se caracteriza por un aumento relativo de cantos y gravas con casi un 42% con respecto al nivel II y arenas gruesas. La matriz fina del nivel tiene una clase textural franca con contenidos similares de arcillas a los del nivel II, pero más altos que los niveles más profundos estudiados en el presente trabajo. La textura franca favorece una microestructura migajosa, y un incremento tanto de la porosidad como de los restos de materia orgánica amorfa con un contenido alto de carbono orgánico (1,7 %).

4.2.2. Micromorfología

En lo que respecta a la descripción microestratigráfica, esta se presenta en la tabla 4, la cual resume los principales rasgos por nivel. Las características micromorfológicas, como la composición de la fracción gruesa y de la micromasa, muestran una notable homogeneidad a lo largo del registro. A continuación, se destacan los aspectos más relevantes: la fracción gruesa presenta una composición litológica y mineralógica dominada por caliza (bioclástica y micrítica), mayoritariamente subangular a subredondeada, junto a cuarzo, feldespato y calcita, con presencia de moscovita en el nivel VII. Entre los elementos de origen antrópico, se han identificado fragmentos cerámicos en los niveles VI, III y II, y restos de sílex en los niveles V y II. También se han reconocido componentes biogénicos, como fragmentos óseos y dentales, algunos con evidencias de termoalteración a lo largo de toda la secuencia. Los restos malacológicos y fragmentos de cáscaras de huevo de ave se concentran principalmente en los niveles VI, III, II y especialmente en el I; igualmente, algún fragmento de coprolito posiblemente de oveja o cabra en el nivel III. Asimismo, fragmentos carbonizados y cenicientos son predominantes en los niveles V y III. Se han identificado fitolitos de sílice y esporas, particularmente en los niveles V, III y II. La materia orgánica amorfa está presente en los niveles V, III, II y I. En cuanto a la micromasa, esta es predominantemente cristalítica calcítica, aunque en el nivel II y I aparece también indife-

En prensa

In press

Tabla 4. Descripción del análisis micromorfológico de la Coma del Poll. Abreviaciones: g/f 50 µm= límite entre fracción gruesa (g) y micromasa o fracción fina (f) y su relación, Dist. relacionada= distribución relacionada entre fracción gruesa y micromasa, FG = fracción gruesa, Org/Inorg= componentes orgánicos e inorgánicos, Fab.Birref.= fábrica de birrefringencia de la micromasa. Clasificación de frecuencias (Bullock *et al*., 1985; Stoops, 2021): * muy poco (< 5%); ** poco (5-15%); *** presente (15-30%); **** frecuente (30-50%);***** dominante (50-70%); ****** muy dominante (> 70%). Clasificación de abundancia de edaforrasgos (Bullock *et al*., 1985):+ raro (< 2%); ++ ocasional (2-5%); +++ muchos (5-10%); ++++ abundante (10-20%); +++++ muy abundante (> 20%).

*Table 4. Description of the micromorphological analysis of Coma del Poll. Abbreviations: g/f 50 µm = boundary between the coarse fraction (g) and micromass or fine fraction (f), and their relationship; Dist.related = related distribution between the coarse fraction and the micromass; FG = coarse fraction; Org/Inorg = organic and inorganic components; Fab.Birref = birefringence fabric of the micromass. Class frequencies (after Bullock et al., 1985; Stoops, 2021): * very few (<5%); ** few (5-15%); *** frequent(15-30%); **** common (30-50%); ***** dominant (50-70%); ****** very dominant (>70%).* Class abundance of pedofeatures (after Bullock et al., 1985): + rare (<2%); ++ occasional (2–5%); +++ many (5–10%); ++++ abundant (10–20%); +++++ very abundant (>20%).

Niveles (muestras)	Microestructura	Masa basal	Dist. relacionada	FG		Micromasa	Edaforrasgos
				Rocas	Org/Inorg.	Fab. Birref.	
I (M1, techo)	Migajosa. Porosidad 35%. Canales, huecos de empaquetamiento compuesto.	g/f 50 µm 3/1	Mónica fina/ Porfírica.	Caliza bioclástica (subredondeada).	Materia orgánica amorfa (*****), restos malacológicos (***) y cáscara de huevo (*).	Marrón oscuro en LPP. Indiferenciada.	Trazas de disolución material calizo.
II (M1, M2 y M3)	Migajosa/granular. Porosidad 25%. Huecos de empaquetamiento compuesto y canales.	g/f 50 µm 2/1	Porfírica con espaciado simple.	Caliza bioclástica (subangulosa/ subredondeada).	Cáscara de huevo (*), restos malacológicos (*), huesos de color pálido en LPP (*), cerámica (*), sílex (*), esporas (*), fitolitos de sílice, algún carbón leñoso y materia orgánica amorfa (****).	Marrón en LPP. Cristalítica calcítica/ Indiferenciada.	Calcita biogénica (++), algún revestimiento de material fino en el material detrítico, rellenos calcíticos discontinuos -filamentos - en poros de huesos (+) y raíces (++).
IIIa (M2 y M3)	Migajosa/Granular. Porosidad 15%. Huecos de empaquetamiento compuesto y complejo.	g/f 50 µm 1/2	Porfírica con espaciado simple.	Caliza bioclástica (subangulosa/ subredondeada).	Materia orgánica amorfa (***), esporas (*), carbones leñosos (**), huesos (**) de color amarillo pálido y rojizos-anaranjados (LPP), restos malacológicos (***) y alguna cerámica.	Marrón en LPP. Cristalítica calcítica.	Relleno de calcita acicular (+), calcita biogénica (+++) y algún nódulo órtico de $CaCO_3$.
IIIb (M3)	Granular. Porosidad: 10-15%. Huecos de empaquetamiento compuesto.	g/f 50 µm 1/2	Porfírica abierta.	Caliza bioclástica y micrítica (subredondeada).	Cenizas -pseudomorfos calcíticos prismáticos- (**) entorno a agregados de tierra cruda termoalterada, fitolitos de sílice (**), carbones estructura leñosa (*), huesos de color amarillo pálido en LPP (*), cáscara de huevo (*) termoalterada y algún coprolito posiblemente de oveja/cabra.	Marrón en LPP. Cristalítica calcítica.	Rellenos de calcita citomórfica - queras- (++), rellenos de calcita acicular (+), colgantes de $CaCO_3$ en el mat. detrítico, nódulos órticos de óxidos e hidrox. de Fe (+) y calcita biogénica (++).
V (M4)	Granular y localmente migajosa. Porosidad 5-10%. Huecos de empaquetamiento compuesto y canales.	g/f 50 µm 1/2. Costras sedimentarias de 195 a 270 µm	Porfírica abierta.	Caliza bioclástica y micrítica (subangular).	Materia orgánica amorfa (***), esporas (*), cenizas -pseudomorfos calcíticos prismáticos- (*), fitolitos de sílice (*), algún hueso de color amarillo pálido en LPP y con trazas de termoalteración y sílex.	Marrón en LPP. Cristalítica calcítica.	Rellenos de calcita acicular (++), colgantes de $CaCO_3$ en el mat. detrítico (+), hipo-revestimientos calcíticos en huecos y cenicientos en cantos (++) y nódulos órticos de óxidos e hidróx. (+).
VI (M5)	Granular/Vesicular. Porosidad 10%. Huecos de empaquetamiento compuesto, canales y vesículas.	g/f 50 µm 1/2	Porfírica abierta.	Caliza bioclástica (subredondeada).	Huesos (*), cerámica (*), restos malacológicos, algún sílex, cáscara de huevo y residuos carbonosos.	Marrón en LPP. Cristalítica calcítica.	Revestimientos de material fino en el material detrítico, cerámico de 150 a 240 µm y en agregados (+++), actividad de la fauna del suelo (bioporos y pellets fecales) y rellenos discontinuos de calcita acicular.
VII (M5 base)	Masiva. Porosidad (1-5%). Alguna fisura.	g/f 50 µm 1/3. Aumento fracción arenosa	Porfírica abierta.	Caliza bioclástica (subredondeada) y algún esquisto (subredondeado).		Marrón en LPP. Cristalítica calcítica.	

En prensa

In press

renciada, lo cual podría deberse a una mayor concentración de materia orgánica amorfa. El resto de las características micromorfológicas varía significativamente entre los diferentes niveles, lo que refleja distintos procesos de formación y transformación del depósito.

El nivel basal de la secuencia (nivel VII), poco representado en el registro microestratigráfico analizado, se caracteriza por una micromasa compuesta principalmente por limos arcillosos con una fracción gruesa de arenas finas con gravas dispersas, algunas ligeramente orientadas y de origen metamórfico (esquistos), de morfología subredondeada.

El nivel VI, en contacto difuso con el anterior, se distingue por la presencia de revestimientos limoarcillosos en torno al material detrítico (Fig. 7A) y en algunos componentes de origen antropogénico, así como agregados limoarcillosos (Fig. 7B) formados por procesos que denotan un deslizamiento del depósito. Se identifican también huecos vesiculares (Fig. 7C),

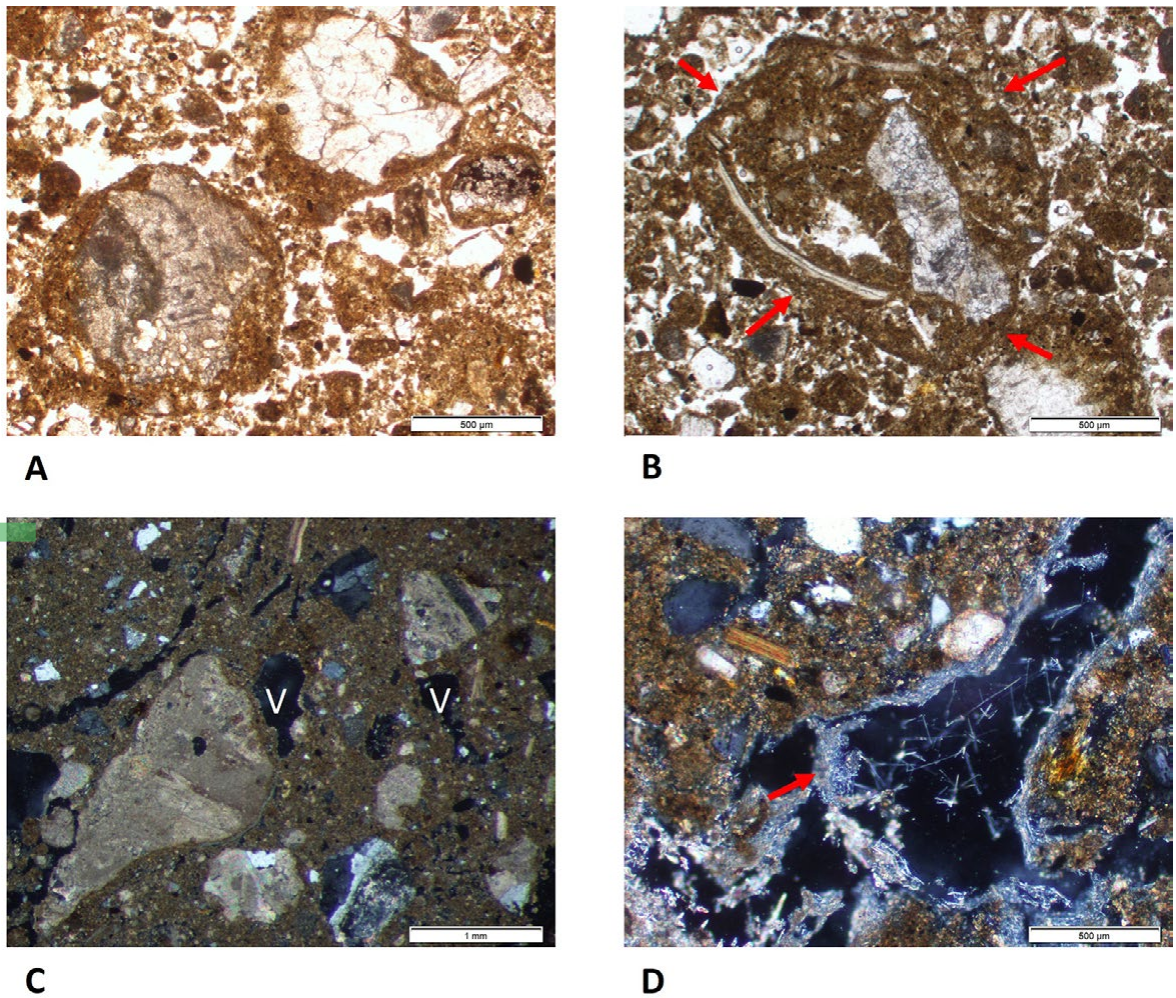


Figura 7. Coma del Poll. Micrografías del nivel VI. A. Revestimientos de material fino alrededor del material detrítico. LPP. B. Agregado de material fino que contiene algún fragmento malacológico y alguna partícula de arena, señalado con flechas. LPP. C. Huecos vesiculares (V). LPX. D. Relleno discontinuo de calcita acicular, flecha. LPX.

Figure 7. Coma del Poll. Micrographs of Level VI. A. Fine material coatings around detrital material. PPL. B. Aggregate of fine material containing some malacological fragments and some sand particles, indicated by arrows. PPL. C. Vesicular voids (V). XPL. D. Discontinuous infilling of acicular calcite, arrow. XPL.

En prensa

In press

comunes en contextos con matrices de limos y arcillas, formados bajo condiciones de saturación hídrica en las que el aire queda atrapado en el suelo y que han sufrido movimientos de masa o coluviones (Bertran y Texier, 1999; Karkanas y Goldberg, 2013). Además, se observa una notable actividad biológica de la fauna del suelo, evidenciada por la microestructura de tipo granular y los rellenos discontinuos de calcita acicular (Fig. 7D) resultado de la biomineralización fúngica (Durand *et al*. 2018).

El nivel V se caracteriza también por una microestructura granular, aunque hacia el techo es de tipo migajoso (Fig. 8A), común en horizontes edáficos superficiales. Se observa materia orgánica amorfa dispersa en forma de puntuaciones, así como fitolitos de sílice (Fig. 8B). Entre los rasgos edáficos más relevantes se encuentran los hipo-revestimientos calcíticos en huecos (Fig. 8C), asociados al metabolismo de las raíces, y colgantes de carbonato cálcico -*pendants*- en la parte inferior de

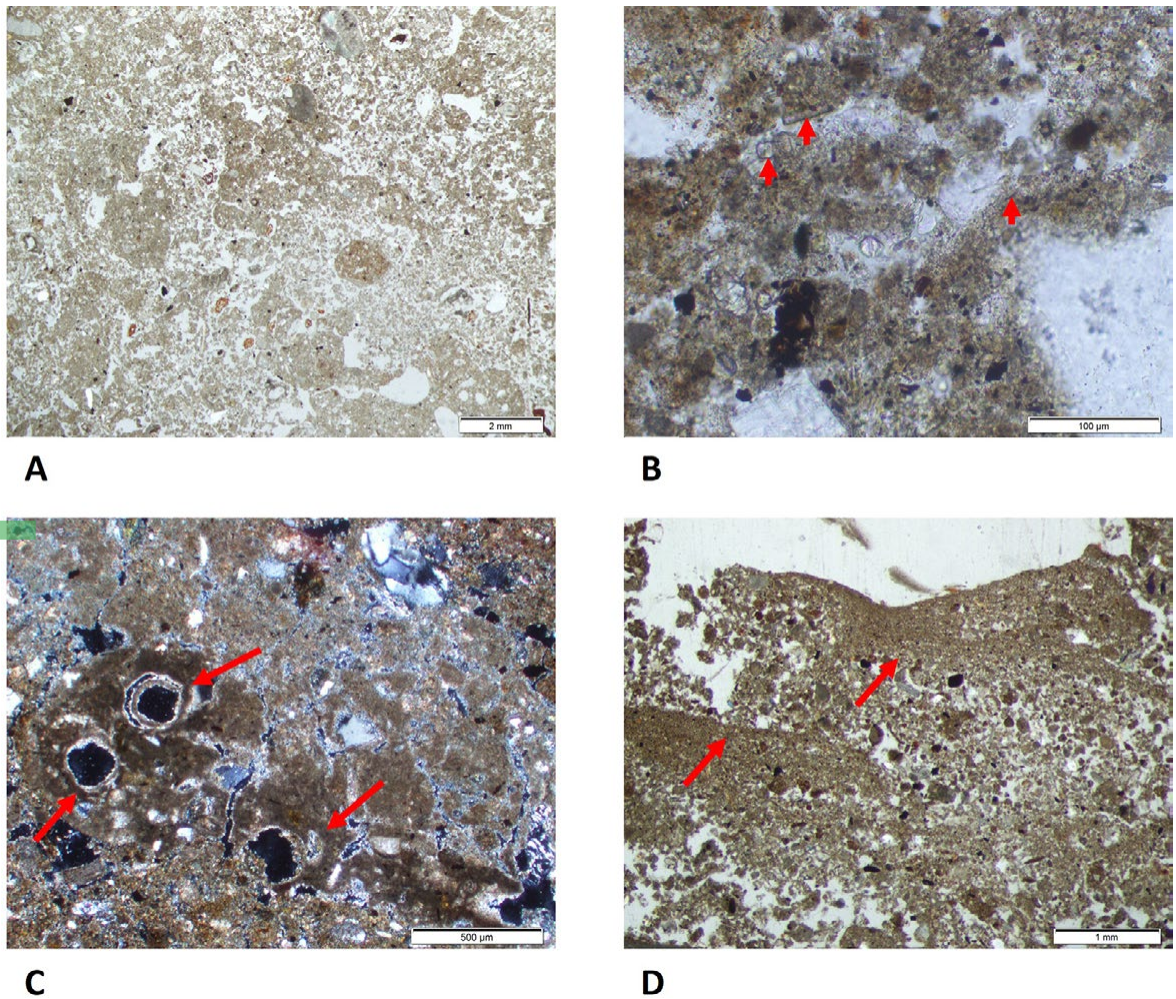


Figura 8. Coma del Poll. Micrografías del nivel V. A. Microestructura migajosa. LPP. B. Fitolitos de sílice (flechas) junto a puntuaciones de materia orgánica amorfa. LPP. C. Hipo-revestimientos calcíticos en huecos. LPX. D. Costras sedimentarias constituidas por una fracción limoarcillosa (flechas). LPP.

Figure 8. Coma del Poll. Micrographs of Level V. A. Crumb microstructure. PPL. B. Silica phytoliths (arrows) alongside amorphous organic matter punctuations. PPL. C. Hypocoatings of calcite in voids. XPL. D. Sedimentary crusts composed of a silty-clayey fraction (arrows). PPL.

En prensa

In press

gravas y cantos, generados por procesos de precipitación del carbonato en condiciones de humedad acumulada que se acentúa en la parte inferior del material detrítico (Durand *et al*., 2018). Estas formaciones carbonatadas han preservado puntualmente residuos cenicientos de vegetales leñosos. También se observan costras sedimentarias de poco grosor (Fig. 8D) formadas por limos y arcillas, asociadas a circulaciones de agua de muy baja energía (Williams *et al*., 2018).

El nivel IV se distingue por un episodio marcado por acumulación de cantos, que imposibilitó su muestreo y su análisis micromorfológico, tal como se ha señalado en el apartado *3. Metodología*.

Desde el punto de vista microestratigráfico, el nivel III se divide en dos microunidades que se distinguen por su microestructura, textura, componentes y rasgos edáficos. La microunidad IIIb (inferior) presenta una microestructura granular que destaca por el incremento de restos óseos, fragmentos de carbón leñoso, fitolitos de sílice y algún agregado excremental de oveja o cabra; así como, residuos cenicientos derivados de vegetales leñosos en torno a fragmentos de tierra cruda termoalterada. Entre los rasgos edáficos más destacados —más abundantes que en el nivel V— se encuentra la presencia de canales vinculados a tejidos radiculares rellenos por calcita citomórfica (queras) (Figs. 9A, 9B), formada por procesos de calcificación-descalcificación, típicos de suelos calcáreos semiáridos (Herrero y Porta, 1988; Durand *et al*., 2018). También se identifican gránulos de calcita biogénica excretada por lombrices, organizados en patrones radiales (Canti y Piearce, 2003; Canti, 2007).

La microunidad IIIa (superior) se caracteriza por una microestructura migajosa y por el contenido de materia orgánica amorfa en forma de puntuaciones. Destacan algunos fragmentos óseos con disolución marginal y tonalidad amarillo pálido bajo luz polarizada plana (LPP), así como pérdida de birrefringencia en luz polarizada cruzada (LPX) (Fig. 10A), probablemente relacionado con la acumulación de materia orgánica en la masa basal (Villagrán *et al.*, 2017). Se registra también una mayor actividad de fauna del suelo, especialmente de lumbrícidos, evidenciada por la presencia de gránulos de calcita biogénica, rasgo que denota la estabilidad del medio y su exposición en superficie durante un periodo de tiempo (Durand *et al*., 2018).

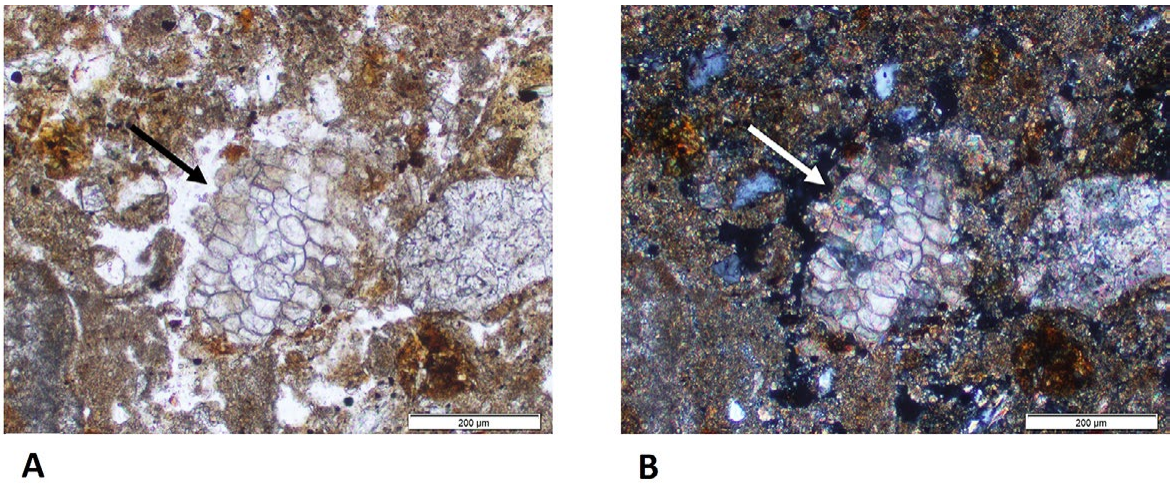


Figura 9. Coma del Poll. Micrografías de la microunidad IIIb. A. Quera compuesta por un relleno de calcita citomórfica (flecha), en LPP. B. La misma área observada en LPX.

Figure 9. Coma del Poll. Micrographs of microunit IIIb. A. Quera composed of infilling with cytomorphic calcite (arrow), in PPL. B. The same area observed under XPL.

En prensa
In press

El nivel II presenta una microestructura migajosa y granular, y destaca por la presencia de materia orgánica amorfa, esporas (Fig. 10B) y componentes derivados de la actividad humana como fragmentos cerámicos y restos óseos, estos últimos con rasgos similares a los del nivel anterior. En los poros de los huesos se identifican filamentos calcificados de probable origen fúngico (Figs, 10C y 10D). La intensa actividad de las raíces queda evidenciada por una porosidad en forma de canales.

En cuanto al nivel I, correspondiente al techo de la secuencia, se encuentra pobremente representado en el registro microestratigráfico. Se caracteriza por una microestructura

En prensa

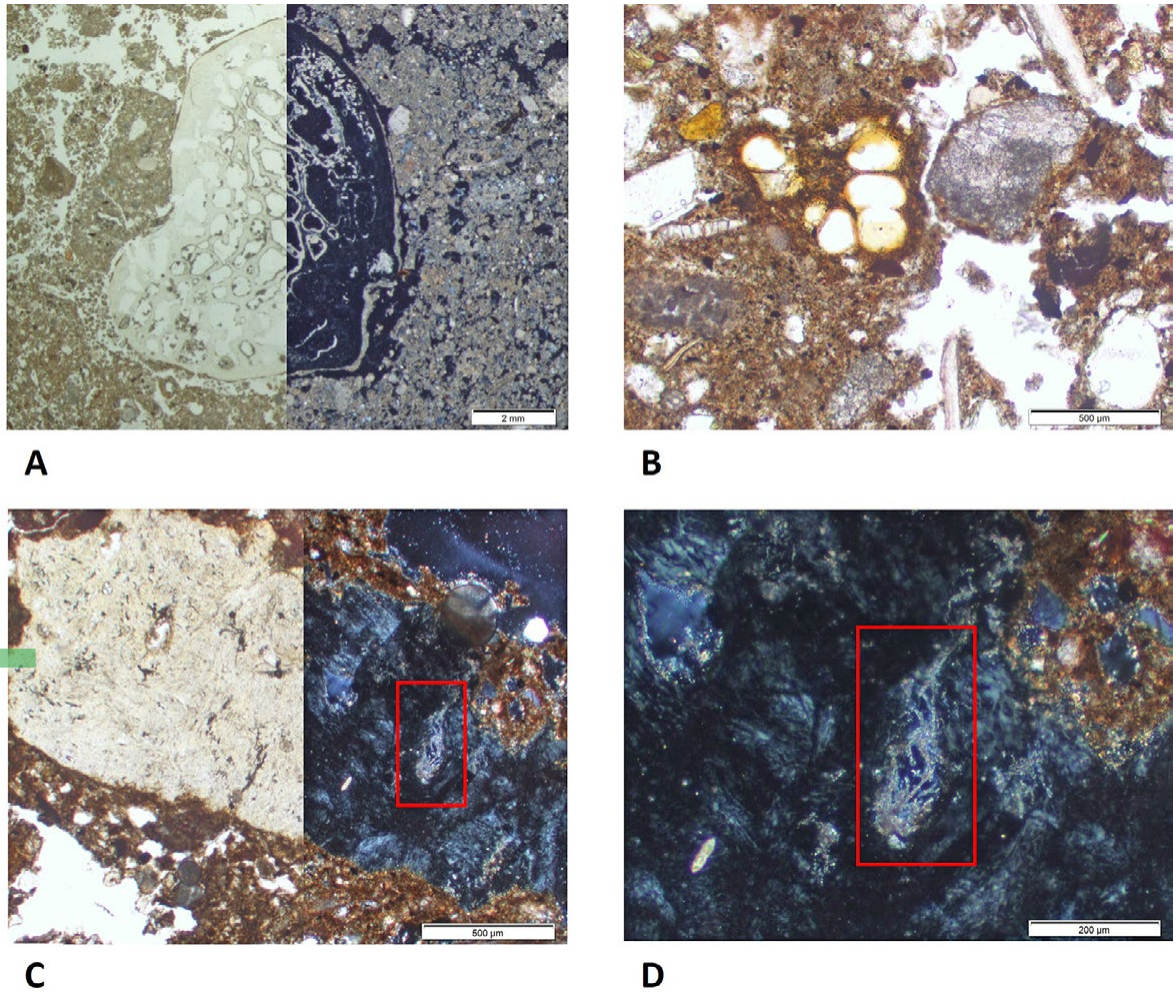


Figura 10. Coma del Poll. Micrografías de la microunidad IIIa y el nivel II. A. Microunidad IIIa. Fragmento óseo con disolución moderada y tonalidad amarillo-pálida en LPP (lado izquierdo), pérdida de birrefringencia en LPX (lado derecho). B. Nivel II. Agrupación de esporas asociadas a puntuaciones de materia orgánica amorfa en LPP. C. Nivel II. Fragmento óseo de tonalidad amarillo pálido con disolución marginal en LPP (lado izquierdo); pérdida de birrefringencia en LPX (lado derecho). El rectángulo indica la presencia de filamentos calcificados. D. Nivel II. Detalle de los filamentos calcificados, de probable origen fúngico, en LPX.

Figure 10. Coma del Poll. Micrographs of microunit IIIa and Level II. A. Microunit IIIa. Bone fragment with moderate dissolution and pale yellow coloration in PPL (left side), loss of birefringence in XPL (right side). B. Level II. Cluster of spores associated with punctuations of amorphous organic matter in PPL. C. Level II. Bone fragment with pale yellow coloration and marginal dissolution in PPL (left side); loss of birefringence in XPL (right side). The rectangle indicates the presence of calcified filaments. D. Level II. Detail of calcified filaments, of probable fungal origin, in XPL.

In press

migajosa, y un incremento tanto de la porosidad como de los restos de materia orgánica amorfa.

5. Discusión

5.1. Evolución de las laderas del Serrat del Poll durante el Holoceno reciente

Los procesos que tienen lugar en los escarpes y en las laderas inciden directamente sobre el valle, dando lugar a fases alternas de acumulación y estabilidad, así como a etapas más inestables dominadas por la erosión. Los depósitos coluviales constituyen una fuente clave de información sobre este tipo de dinámicas, ya que permiten reconstruir dichas fases y comprender mejor los cambios paleoambientales del entorno (Peña-Monné *et al*., 2005a).

En condiciones ambientales húmedas, los procesos de erosión, transporte y sedimentación en una ladera tienden a disminuir o incluso cesan, lo que favorece el desarrollo de una ladera estable o estabilizada. En cambio, ante una transición hacia un ambiente más árido, la erosión se intensifica y la ladera entra en una fase de inestabilidad y degradación activa (Peña Monné, 2025).

A pesar de su potencial, existen pocos estudios geoarqueológicos centrados en este tipo de registros. Esto se debe probablemente a que la pendiente de las laderas favorece la erosión, lo que da lugar, en muchos casos, a depósitos residuales con escasa conservación (Pérez-Lambán *et al*., 2014). Sin embargo, es importante destacar que en estas formas del relieve se localizan numerosos yacimientos arqueológicos, especialmente de la Prehistoria reciente, época ibérica y medieval.

Los primeros estudios geoarqueológicos en el noreste peninsular se realizaron en el cerro del Castillo de Alfambra, en Teruel (Burillo Mozota *et al*., 1981). Posteriormente, se han llevado a cabo numerosos trabajos en la Depresión del Ebro, especialmente en el sector Cinca-Segre (Peña Monné *et al*., 2005b).

En este contexto se enmarca el estudio de la evolución de la Coma del Poll, el cual puede ofrecer una perspectiva sobre cómo evolucionaron estos depósitos durante el Bronce medio en el curso medio del río Segre (Fig. 11). El registro se localiza en contacto con la terraza fluvial correspondiente al nivel VIII, que podría atribuirse al Pleistoceno (Peña Monné, 1983). Posteriormente, las características sedimentarias apuntan a una fase de inundación mezclada con algún aporte de la ladera vinculada al nivel VII, que podría correlacionarse con registros documentados en el sector central de la Depresión del Ebro. Durante el intervalo *c*. 3500–2500 BP, se registra un episodio de agradación en las laderas y fondos de valle, el cual coincide culturalmente con la Edad del Bronce y el inicio de la Edad del Hierro (Peña Monné, 2018).

Con la formación del nivel VI se genera un depósito coluvial propio de ladera. Este se habría originado por episodios de lluvias que provocaron movimientos en masa (Bertran y Texier, 1999; Karkanas y Goldberg, 2013), posiblemente en distintos momentos y en relación con fases de ocupación humana. Posteriormente, el entorno habría experimentado una estabilización que dio inicio a un proceso de edafogénesis bajo condiciones relativamente húmedas.

A continuación, tiene lugar un nuevo episodio de coluvión representado por el nivel V. Se inicia un período de estabilidad más prolongado que el registrado en el nivel subyacente, hecho corroborado por la actividad edáfica desarrollada (microestructura, aumento de materia orgánica amorfa, fitolitos, colgantes de $CaCO_3$ en el material detrítico y actividad biológica – raíces y fauna del suelo-). Todos estos elementos indican que este nivel permaneció durante un tiempo en superficie, permitiendo también el desarrollo de una cobertura vegetal. Además, se han identificado localmente leves aportes de arroyadas difusas, en forma de costras sedimentarias, lo que sugiere que durante ese periodo la cubierta vegetal era todavía incipiente y tenía una capacidad limitada para interceptar y retener el

En prensa
In press

Niveles	Horizontes	Perfil	Fechas Cal BC	Etapas
I	A			**CP.1.** Regularización. Horizonte subactual
II	2Ab (Horizonte enterrado)		1563 - 1446	**CP.2.** Regularización. Más estabilidad ladera (formación de paleosuelo)
III	3BAb (H. de transición subsuperficial)		1616 - 1497	
IV	4C			**CP.3.** Regularización. (Contacto erosivo)
V	5Ab (Horizonte enterrado)			**CP.4.** Estabilización (formación de paleosuelo). Regularización ladera. Inicio aportes coluviales
VI	5AC			
VII	5C			

Figura 11. Síntesis de la Coma del Poll: etapas de regularización y de estabilidad durante el Bronce medio.
Figure 11. Synthesis of Coma del Poll: phases of regularisation and stability during the Middle Bronze Age.

agua de lluvia (Goldberg y Macphail, 2006); dichas arroyadas pudieron contribuir también al retrabajamiento de algunos residuos, entre ellos los cenicientos. Es en este episodio donde la actividad humana se hace más evidente.

La reactivación de un episodio de coluvión en la ladera dio lugar al nivel IV, que no afectó a todo el sector objeto de estudio, pero erosionó al nivel subyacente, caracterizado por cantos de poca envergadura y posiblemente las condiciones ambientales fueran quizás más áridas que en los episodios anteriores.

En los niveles III y II, fechados entre *c.* 1616 y 1446 cal BC, también se identifican episodios coluviales que favorecen la regularización de la ladera, caracterizados por una pendiente más atenuada que la documentada en los niveles anteriores (VI y V). Asimismo, las fases de estabilidad registradas en ambos niveles son significativamente más prolongadas que las observadas en los episodios previos, como evidencian el elevado contenido de materia orgánica (%CO, 1,7–1,2), el mayor desarrollo de la microestructura edáfica (migajosa y granular) y la intensa actividad biológica (rellenos de calcita acicular, rellenos de calcita citomórfica, calcita biogénica, entre otros). Todos estos rasgos constituyen indicadores claros de procesos edáficos activos mientras estos horizontes permanecían expuestos en superficie, posiblemente en relación con una mayor cobertura vegetal.

En este contexto, se constata una ocupación humana más estable en ambos niveles, reflejada por la presencia de hogares, elementos constructivos en tierra cruda y molinos de mano.

Posteriormente, se reactivó un nuevo episodio coluvial, el nivel I, y, evolucionó hasta conformar un horizonte edáfico.

En definitiva, las laderas del Serrat del Poll —y, en especial, el sector donde se encuentra la Coma del Poll— se ajustan al modelo de laderas superpuestas (Peña-Monné, 2025). Este tipo de laderas conservan parte de los horizontes de los suelos originales, los cuales

En prensa
In press

son recubiertos por nuevas acumulaciones de coluvión.

En este contexto se han definido cuatro etapas correspondientes a la Coma del Poll (CP):

CP.4 (Bronce medio, más antigua): marcada por reactivaciones coluviales, con un predominio de gravas y cantos subangulosos, una menor proporción de fracción fina y una pendiente posiblemente más pronunciada. Esta etapa está representada por los niveles VII, VI y V. El nivel VII marcaría tanto el inicio de los aportes coluviales como el cese de la dinámica fluvial procedente del Segre. Hacia el final de la etapa, principalmente en el nivel V, se inició un período de estabilidad que permitió el desarrollo de un suelo incipiente.

CP.3 (Bronce medio, intermedia): correspondiente al nivel IV, donde se produjo un episodio moderado de regularización de la ladera, probablemente de baja magnitud pero que erosionó en algún sector el nivel V.

CP.2 (Bronce medio, más reciente): incluye los niveles III y II, caracterizados por una pendiente más atenuada y una matriz dominante en las acumulaciones coluviales. Representa la etapa de mayor estabilización del suelo, presumiblemente con mayor cobertura vegetal, aunque con una interrupción entre ambos niveles. Esta etapa es la fase de ocupación humana de mayor envergadura especialmente en el nivel III.

CP.1 (cronología incierta): se identifica en el nivel I. Aunque de adscripción cronológica difícil, parece haber comenzado con la reactivación de materiales propios de CP.2 (Edad del Bronce medio) y, posteriormente, se estabilizó, dando lugar a la formación de un horizonte edáfico.

Estas fases con tendencia a la regularización y a la estabilidad suelen asociarse a condiciones ambientales más húmedas, lo cual pudo favorecer una mayor ocupación humana en el territorio del valle medio del río Segre durante ese periodo.

5.2. Suelos y actividad humana

En el curso medio del río Segre, concretamente en el sector de Alòs de Balaguer, la formación de suelos se evidencia principalmente en los horizontes A enterrados (Ab). Estos horizontes se caracterizan por un color pardo grisáceo oscuro con un aumento de materia orgánica, una alta bioturbación y una estructura granular y migajosa, indicadores de que estuvieron expuestos en superficie durante su formación, en un ambiente propicio para la cobertura vegetal y a un aumento de la humedad relativa.

Los horizontes Ab se han identificado en varios puntos, como el Camp del Cigaler —cercano al núcleo urbano de Alòs (véase Fig. 1B)— y en las laderas del Serrat del Poll. Su potencia varía entre 50 y 70 cm, y se sitúan por debajo de horizontes desarrollados sobre materiales coluviales (Bergadà *et al*., 2005).

En la Coma del Poll se han podido identificar diversos horizontes Ab y un horizonte de transición subsuperficial (BAb) con indicios de procesos de transformación típicos de un horizonte B (véase Fig. 11) coincidentes con los niveles con mayor evidencia de ocupación humana. El nivel V muestra indicios aún incipientes, mientras que en los niveles III y II los horizontes se presentan de forma más desarrollada. Desde el punto de vista micromorfológico, los rasgos más característicos incluyen una microestructura migajosa y granular, biomineralizaciones de carbonato cálcico asociadas a la actividad biológica de raíces y fauna del suelo (como calcita biogénica, calcita acicular en huecos, rellenos de calcita citomórfica —queras—), así como la presencia de esporas, fitolitos de sílice y residuos de materia orgánica amorfa, tal como se describen en el apartado *4.2.2. Micromorfología*.

Desde una perspectiva edáfica, el nivel II presenta un ligero aumento en el contenido de arcillas, lo que favorece la retención de elementos, posiblemente nutrientes esenciales para la vegetación. Esta textura contribuye al desarrollo del suelo y a una mayor protección

En prensa
In press

de los compuestos orgánicos al reducir y retrasar la mineralización de la materia orgánica del suelo.

La localización de horizontes enterrados, paleosuelos, permite identificar discontinuidades entre los diferentes niveles establecidos lo que sugiere una interrupción tanto en los procesos acumulativos de la ladera como en la actividad humana en ese emplazamiento.

Aunque estos horizontes se desarrollan en laderas, la presencia de episodios de estabilidad indica una fase de biostasia en el territorio. Esta situación habría ofrecido ventajas a las comunidades agrícolas y ganaderas establecidas en el lugar, tales como (Brady y Weil, 2008; Kononova, 2013; Ndegwa *et al*., 2023):

- Mayor fertilidad del suelo: gracias al aumento de materia orgánica, a la estructura granular y migajosa que mejora la infiltración del agua y el desarrollo radicular, así como a una intensa actividad biológica que facilita el reciclaje de nutrientes y la formación de humus.

- Regulación hídrica: estos suelos retienen adecuadamente la humedad, lo que puede ser importante para el crecimiento de cultivos.

- Recursos vegetales para el pastoreo: el desarrollo de comunidades vegetales adaptadas a estos suelos habría ofrecido recursos forrajeros importantes para la ganadería.

Todo ello sugiere que, durante el Bronce medio, estas condiciones eran óptimas para el asentamiento de comunidades humanas en estas laderas.

Desde el punto de vista tafonómico, en los horizontes Ab —caracterizados por un mayor contenido de materia orgánica— se observan evidencias de disolución en los restos faunísticos, a pesar de que el pH general del registro es básico. Esta alteración se manifiesta a nivel microscópico mediante contornos redondeados en los fragmentos óseos, una birrefringencia débil bajo luz polarizada cruzada (LPX) y una posible pérdida de masa ósea. La materia orgánica desempeña un papel fundamental en este proceso, ya que su descomposición genera ácidos orgánicos que pueden reducir el pH del suelo (Brady y Weil, 2008; Villagran *et al*., 2017) de forma localizada, favoreciendo microambientes ácidos dentro de un contexto mayoritariamente básico. Esta acidificación puntual explica la presencia de estas alteraciones tafonómicas, destacando la importancia de las condiciones locales en la conservación diferencial de los restos óseos.

Además, la intensa actividad biológica puede contribuir a la fragmentación y dispersión de restos especialmente de los carbonosos por contener nutrientes (Wattez, 1992), así como a una marcada bioturbación de los componentes antropogénicos, y conlleva, también, una notable alteración de la estructura sedimentaria de los niveles (Bergadà, 1996).

5.3. Las laderas de la Coma del Poll en el contexto geoarqueológico de la Edad del Bronce en el Noreste peninsular

Los estudios geoarqueológicos en laderas del Noreste peninsular han permitido identificar diversas morfologías vinculadas tanto a variaciones ambientales como humanas, las cuales influyen significativamente en la estabilidad de la vertiente.

Durante el Holoceno reciente, las fluctuaciones ambientales fueron suficientemente marcadas como para dejar una huella en el relieve de las laderas. No obstante, debido a su corta duración e intensidad limitada, las acumulaciones de ladera no alcanzan espesores significativos ni desarrollan endurecimientos o encostramientos resistentes a la erosión, lo que dificulta su preservación frente a otros depósitos cuaternarios (Peña Monné, 2025).

En el Noreste peninsular y especialmente en la Depresión del Ebro se identifican diversas morfologías de ladera donde afloran asentamientos o materiales arqueológicos de la

En prensa

In press

Edad del Bronce. Entre estas formas destacan las laderas superpuestas y los taludes tipo *flatirons* (facetas triangulares).

Las laderas superpuestas mencionadas en el apartado 5.1 son excepcionales. Muy pocas han perdurado a lo largo del tiempo, debido a inestabilidades derivadas de cambios ambientales o de la intensa antropización en el medio. Un ejemplo significativo, además de la Coma del Poll, es Peña Enroque (Muel, Zaragoza), donde se distinguen dos unidades (Pérez-Lambán *et al*., 2014; Peña Monné, 2025):

- Ladera inferior: contiene cerámicas de la Edad del Bronce y en su techo presenta un paleosuelo formado durante una fase fría y húmeda que abarca desde el bronce medio hasta la Edad del Hierro.

- Ladera superior: se intercalan horizontes más oscuros, y una de las cerámicas datada por termoluminiscencia (TL) corresponde al siglo XVII. Esto indica que esta segunda fase de estabilización se produjo durante la Pequeña Edad del Hielo (PEH).

Las *talus flatirons*, laderas relictas de morfología triangular o trapezoidal, constituyen remanentes de fases anteriores de la evolución de la ladera que no han sido completamente erosionadas. Estas formas se desarrollan principalmente en ambientes áridos y semiáridos (Peña Monné, 2025). En la Depresión del Ebro, estas morfologías se extienden desde el Pleistoceno hasta el Holoceno tardío, con evidencias de fases recientes que abarcan desde el Calcolítico hasta la Edad Media. Ejemplos geoarqueológicos que las incluyen son: las laderas del Castillo de Alfambra (Burillo Mozota *et al*., 1981) y en numerosos cerros del curso bajo de los ríos Cinca-Segre (Peña Monné *et al*., 1988; Peña Monné y González Pérez, 1992; Peña Monné y Rodanés Vicente, 1992; González Pérez *et al*., 2005), así como los cerros del sector de Jubierre (Los Monegros), especialmente en el sector de "Los Pedregales Sur". En esta última área se han identificado varias fases de acumulación de ladera: una más antigua, posiblemente correspondiente al final del Pleistoceno, y una segunda generada durante la Edad del Bronce, caracterizada por la presencia de fragmentos cerámicos, restos de tierra cruda, carbones y huesos. Esta fase ha sido datada mediante radiocarbono entre 1608 y 1446 cal BC (2σ) (Peña Monné *et al*., 2022; Picazo Millán *et al*., 2022), cronología coincidente con la etapa CP.2 de la Coma del Poll. Tras una fase de incisión intermedia se produjo una etapa más reciente durante la Pequeña Edad del Hielo (siglos XIV–XIX), en ocasiones con material reactivado desde la etapa anterior (Pérez Lambán *et al*., 2014; Peña Monné, 2018, 2025).

Todos los datos expuestos permiten deducir que estos episodios de estabilización y regularización de las laderas y vertientes favorecieron una mayor expansión y densidad de los asentamientos humanos en la Depresión del Ebro —y, por extensión, en el valle medio del Segre— durante la Edad del Bronce, bajo condiciones ambientales más húmedas y posiblemente más frescas.

6. Conclusiones

El estudio geoarqueológico del yacimiento de la Coma del Poll ha permitido reconstruir con alta precisión la dinámica de las laderas en el tramo medio del río Segre durante la Edad del Bronce medio. El análisis detenido del registro estratigráfico —incluyendo los aspectos sedimentarios, edáficos y micromorfológicos— revela una serie de episodios de acumulación coluvial, de corta duración y magnitud variable, que representan momentos episódicos de regularización del paisaje. La coincidencia de estos episodios con otros registros documentados en la Depresión del Ebro sugiere, además, que responden a procesos de alcance regional vinculados a determinadas condiciones ambientales.

Se identifican varias fases de estabilidad destacadas que promovieron la formación de horizontes superficiales enterrados (hori-

En prensa

In press

zontes Ab) en distintos niveles del depósito, evidenciando una secuencia de paleosuelos. Estos horizontes, con contenido de materia orgánica, reflejan una vegetación incipiente en el nivel V y una cobertura vegetal más consolidada en los niveles III y II, datados entre aproximadamente *c*. 1616 y 1446 cal BC La progresiva estructuración de estos horizontes edáficos —desde incipientes hasta bien desarrollados— coincide con el aumento de actividad humana registrado en el yacimiento.

En este contexto, la Coma del Poll destaca como un registro excepcional con varios paleosuelos del Bronce medio que representan hasta la fecha testigos singulares dentro del conjunto de depósitos de ladera de la Depresión del Ebro. Estos paleosuelos evidencian episodios diferenciados de estabilidad en el territorio, lo que sugiere que la formación de estos horizontes edáficos pudo haberse desarrollado en distintos intervalos temporales, incluso en lapsos relativamente breves, siempre que las condiciones ambientales fueran favorables.

Además, este estudio reafirma el valor de los paleosuelos como marcadores geoarqueológicos clave. Su tonalidad oscura y posición estratigráfica los hacen fácilmente reconocibles en campo, lo que facilita la detección de asentamientos o vestigios arqueológicos, tal como se ha puesto de manifiesto, en el valle medio del río Segre durante la Edad del Bronce.

Agradecimientos

Este estudio ha sido posible gracias a la financiación del Servei d'Arqueologia de la Generalitat de Catalunya, del Institut d'Estudis Ilerdencs y del grupo de investigación consolidado SGR 2021-00337 de la Generalitat de Catalunya. Los autores desean expresar su agradecimiento a Ramón Álvarez (R.A.), del Departament d'Història i Arqueologia de la Universitat de Barcelona, por la realización de la documentación gráfica correspondiente a la figura 4A, así como al Ayuntamiento de Alòs de Balaguer por su apoyo y colaboración.

Bibliografía

Benyarku, C.A., Stoops, G. (2005). Guidelines for preparation of rock soil thin sections and polished sections. Ed. Departament de medi ambient i ciències del sòl, Universitat de Lleida, Lleida, 84 pp.

Bergada, M.M. (1996). Aproximación experimental a la actividad postdeposicional de los lumbrícidos sobre los niveles arqueológicos. En: Actas 4º Coloquio Internacional de Arqueologia Espacial. Procesos Postdeposicionales. Arqueología Espacial, n.º 16-17, Teruel, 363-369.

Bergadà, M.M. (1998). Estudio geoarqueológico de los asentamientos prehistóricos del Pleistoceno Superior y el Holoceno inicial en Catalunya. *B.A.R. International* Series 742. Archaeopress, Oxford, 268 pp. https://doi.org/10.30861/9780860549734

Bergadà, M.M., Peña, J.L., Poch, R. M., Serrat, D., Fullola, J.M. (2005). Reconstrucción paleoambiental y geoarqueológica del curso medio del segre (Alòs de Balaguer, Lleida) durante el Pleistoceno superior e inicios del Holoceno superior. En: *Geoarqueología y patrimonio en la Península ibèrica y el entorno mediterráneo* (M. Santonja, A. Pérez González, M.J. Machado, eds.). Adema, Soria, 369 – 382.

Bertran, P., Texier, J.P. (1999). Facies and microfacies of slope deposits. *Catena*, 35, 99-121. https://doi.org/10.1016/S0341-8162(98)00096-4

Brady, N.C., Weil, R.R. (2008). *The nature and properties of soils*. Pearson Education Inc., Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey. 975 pp.

Bronk Ramsey, C. (2025). OxCal v4.4. Disponible en: https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcal.html

Bullock, P., Fedoroff, N., Jongerius, A., Stoops, G., Tursina, T. (1985). Handbook for soil thin section description. Waine Research Publ, Wolverhampton, 152 pp.

Burillo Mozota, F., Gutiérrez Elorza, M., Peña Monné, J.L. (1981). El Cerro del castillo de Alfambra (Teruel). Estudio interdisciplinar de geomorfologia y arqueología. *Kalathos. Revista del Seminario de Arqueología y Etnología Turolense*, 1, 7–63.

Burt, R. (2004). Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Laboratory Investigations

En prensa

In press

Report No. 42, USDA-NRCS, National Soil Survey Center, Lincoln, 530 pp.

Canti, M.G. (2007). Deposition and taphonomy of earthworm granules in relation to their interpretative potential in Quaternary stratigraphy. *Journal of Quaternary Science*, 22 (2), 111-118. https://doi.org/10.1002/jqs.1017

Canti, M.G., Piearce, T.G. (2003). Morphology and dynamics of calcium carbonate granules produced by different earthworm species. *Pedobiologia*, 47, 511-521. https://doi.org/10.1078/0031-4056-00221

de la Vega, J. (1981). Aplec de documents arqueològics de les coves del Montsec i llur projecció a les comarques i serres properes. *Butlletí Mediterrània*, 12, 359 pp.

Durand, N., Curtis, H., Canti, M.G., Verrecchia, E.P. (2018). Calcium carbonate features. En: *Interpretation of micromorphological features of Soils and Regoliths* (Stoops, G.,Marcelino, V., Mees, F., eds.). Elsevier, Amsterdan, 206-258. https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63522-8.00009-7

Equip Minferri (1997). Noves dades per a la caracterització dels assentaments a l'aire lliure durant la primera meitat del II mil·lenni cal. BC: primers resultats de les excavacions en el jaciment de Minferri (Juneda, les Garrigues). *Revista d'Arqueologia de Ponent*, 7, 161-271.

Escala, O., Moya, A., Tartera, E., Vidal, A., Armentano, N. (2012). Cantorella (Maldà, Urgell), un nou assentament a l'aire lliure del neolític final-calcolític i del bronze ple a la Vall del Corb. *Tribuna d'Arqueologia* 2011-2012, Generalitat de Catalunya, Barcelona, 129-172.

Goldberg, P., Macphail, R. I. (2006). Practical and theorical geoarcheology. Blackwell, Padstow, 454 pp.

González, P. (2010). El material ceràmic del jaciment de Forat de Conqueta (Santa Linya, Lleida). *Treballs d'Arqueologia*, 16, 97-105. https://doi.org/10.5565/rev/tda.33

González Pérez, J.R., Peña Monné, J.L., Rodríguez Duque, J.I. (2005). El tossal de Moradilla (Lleida) en el marco evolutivo del Holoceno superior de la Depresión del Ebro. En: *Geoarqueología y patrimonio en la Península ibèrica y el entorno mediterráneo* (M. Santonja, A. Pérez González, M.J. Machado, eds.). Adema, Soria, 383–394.

Herrero, J., Porta, J. (1987). Gypsiferous soils in the North-East of Spain. En: *Micromorphologie des Sols, Soil Micromorphology* (Fedoroff, N.; Bresson,L. M. y Courty, M. A. eds.). Afes, Plaisir, 186-192.

Karkanas P., Goldberg P. (2013). Micromorphology of cave sediments. En: *Treatise on Geomorphology* (Shroder, John F., Frumkin, A., eds). Karst Geomorphology, Vol 6, Academic Press, San Diego, 286-297. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374739-6.00120-2

Kononova, M.M. (2013). Soil organic matter: its nature, its role in soil formation and in soil fertility. Elsevier, Amsterdam, 543 pp

Mangado, M., Petit, M.A., Fullola, J.M., Bartrolí, R., Bergadà, M.M., Esteve, X., Calvo, M., Tejero, J.M., Estrada, A. (2009). Els caçadors-recol·lectors de la cova del Parco (Alòs de Balaguer, la Noguera, Lleida): El Magdalenià Superior. En: *Els Pirineus i les àrees circumdants durant el Tardiglacial. Mutacions i filiacions tecnoculturals, evolució paleoambiental (16000-10000BP. XIV Col·loqui Internacional d'Arqueologia de Puigcerdà*. (J.M. Fullola, N. Valdeyron i M. Langlais, eds.). 10-12 novembre 2006. Institut d'Estudis Ceretans, Puigcerdà, 565-578.

Mangado, X., Sánchez de la Torre, M., Tejero J.M., Egüez, N., García-Argüdo, G., Pérez-Parque, O., Fullola, J.M., Petit, M.A., Bartrolí, R. (2018). Darreres aportacions al coneixement del paleolític superior final al vessant sud dels Pirineus occidentals catalans: la transició entre el magdalenià superior i el magdalenià mitjà a la Cova del Parco (Alòs de Balaguer, la Noguera). *Primeres Jornades d'Arqueologia i Paleontologia de Ponent*. Balaguer-Lleida 2015. Departament de Cultura. Generalitat de Catalunya, Lleida, 60-67.

Mebius, J.L. (1960). A rapid method for the determination of organic carbon in soil. *Analytica Chimica Acta*, 22, 120–124. https://doi.org/10.1016/S0003-2670(00)88254-9

Mora, L. (2019). IV-II mil.lenni al Prepirineu i la Plana occidentals del NE peninsular: anàlisi de les datacions, cultura material i territori. Treball Final de Màster, Universitat de Barcelona, Barcelona, 120 pp.

Ndegwa, J.K., Gichimu, B.M., Mugwe, J.N., Mucheru-Muna, M., Njiru, D.M. (2023). Integrated soil fertility and water management practices for enhanced agricultural productivity. *International Journal of Agronomy*, 2023(1), 8890794. https://doi.org/10.1155/2023/8890794

Nicosia, C. y Stoops, G. (eds.) (2017). Archaeological soil and sediment micromorphology. Blackwell Science Ltd., Chichester, 476 pp. https://doi.org/10.1002/9781118941065

En prensa

In press

Pàmies, H. (2017). Estudi de les ceràmiques prehistòriques del Forat de l'Espluga Negra (Vilanova de Meià, La Noguera). Treball final del Grau d'Arqueologia, Universitat de Barcelona, Barcelona, 79 pp.

Peña Monné, J. L. (1983). La Conca de Tremp y Sierras prepirenaicas comprendidas entre los ríos Segre i Noguera Ribagorzana. estudio geomorfológico. Instituto de Estudios Ilerdenses. C.S.I.C., Lleida, 373 pp.

Peña Monné, J.L. (2018). Geoarqueología aplicada a la reconstrucción paleoambiental: La evolución del Holoceno superior en el NE de España. *Boletín Geológico y Minero*, 129(1/2), 285–303. https://doi.org/10.21701/bolgeomin.129.1.011

Peña Monné, J.L. (2025). Laderas, paleoambientes y geoarqueología del Holoceno en Aragón. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas, Químicas y Naturales de Zaragoza, Zaragoza, 68 pp.

Peña Monné, J.L., González Pérez, J.R., Rodríguez Duque, J.L. (1988). Estudi geoarqueológic del Tossal de Moradilla (Lleida). *Recerques Terres de Ponent*, IX, Tàrrega, 31-41.

Peña Monné J.L., González Pérez J.R. (1992). Hipótesis evolutiva de los cambios en la dinámica geomorfológica del Baix Cinca i Segre (Depresión del Ebro) durante el Pleistoceno Superior- Holoceno a partir de los datos geoarqueológicos. En: *Actas de la Reunión Nacional de Geoarqueología* (Bergadà, M. M., Fullola, J.M., Serrat, D. eds.). *Cuaternario y Geomorfología,* 6, 103-110.

Peña Monné, J.L., Rodanés Vicente, J.M. (1992). Evolución geomorfológica y ocupación humana en el cerro de Masada de Ratón (Baix Cinca, prov. de Huesca). En: *Actas de la Reunión Nacional de Geoarqueología* (Bergadà, M. M., Fullola, J.M., Serrat, D. eds.). *Cuaternario y Geomorfología,* 6, 81–89.

Peña Monné, J.L., Rubio, V., González Pérez, J.R. (2005a). Aplicación de modelos geomorfológicos evolutivos al estudio de yacimientos arqueológicos en medios semiáridos (Depresión del Ebro, España). *Actas X Coloquio Ibérico de Geografía*. *A geografia ibérica no contexto europeu*, Universidade de Évora, Évora, 15 pp. Edición CD http://www.apgeo.pt/files/ docs/ CD_X_Coloquio_Iberico_Geografia/pdfs/076.pdf

Peña Monné, J.L., Sancho, C., Rubio, V., Longares, L.A. (2005b). Aportaciones desde la geomorfología y la geoarqueología al conocimiento de los paleoambientes holocenos semiáridos del NE de España. *Actas X Coloquio Ibérico de Geografía*. *A geografia ibérica no contexto europeu*, Universidade de Évora, Évora, 15pp. Edición CD. http://www.apgeo.pt/files/docs/CD_X_Coloquio_Iberico_Geografia/pdfs/077.pdf

Peña Monné, J.L., Sampietro Vattuone, M.M., Picazo Millán, J.V. (2022). Late Quaternary palaeoenvironmental controls on concentric talus evolution in the Central Ebro Basin (NE Spain). *Environmental Earth Sciences*, 81, 422. https://doi.org/10.1007/s12665-022-10547-x

Pérez Lambán, F., Peña Monné, J.L., Fanlo, J., Picazo Millán, J.V., Badia, D., Rubio Fernández, V., García Jiménez, R., Sampietro Vattuone, M.M. (2014). Paleoenvironmental and geoarchaeological reconstruction from late Holocene slope records (Lower Huerva Valley, Ebro Basin, NE Spain). *Quaternary Research*, 8, 1–14. https://doi.org/10.1016/j.yqres.2013.10.011

Petit, M.A. (1996). Ceràmica, En: *El procés de Neolitització a la vall del Segre. La Cova del Parco (Alòs de Balaguer, la Noguera). Estudi de les ocupacions humanes del V al II Mil·lenni aC*. (Petit, M. A.,ed.). Monografies del SERP, 1. Universitat de Barcelona, Barcelona, 37-44.

Picazo Millán, J.V., Sampietro Vattuone, M.M., Peña Monné, J.L., (2022). Evaluando el registro arqueológico a través de la Geoarqueología. Erosión y reconstrucción en yacimientos de la Edad del Bronce en Jubierre (Huesca). En: *Actas IV Congreso de Arqueología y Patrimonio Aragonés (CAPA)*, Zaragoza, 112–125.

Piera, M., Pancorbo, A., Garcés, I., Gallart, J. (2013). Els assentaments de les edats del bronze, ibèrica i romana dels Llirians del Mas i les Torres (Salàs de Pallars, Pallars Jussà). *Revista d'Arqueologia de Ponent*, 23, 163-200.

Rico, M. (2004). Las paleocrecidas en la cuenca media del Río Segre durante el Pleistoceno superior-Holoceno: registros morfosedimentarios y análisis hidrológico. Tesis Doctoral Universidad de Zaragoza, (inéd.), 400 pp.

Sánchez de la Torre, M., González-Olivares, C.B., Fernández-Palacios, E., Égüez, N., Mangado, X (2025a). Una década d'excavacions arqueològiques a l'Abric del Xicotó (Alòs de Balaguer, La Noguera, Lleida). *Segones Jornades d'Arqueologia i Paleontologia de Ponent*. Guissona 2023. Departament de Cultura. Generalitat de Catalunya, Guissona, 54-61.

Sánchez de la Torre, M., González-Olivares, C.B., Jiménez, L.M., Tejero, J.M., Petrovic, A., Mangado, X (2025b). La ocupació del magdalenià mitjà a la Cova del Parco (Alòs de Balaguer,

En prensa

In press

La Noguera, Lleida): resultats de les darreres intervencions arqueològiques. *Segones Jornades d'Arqueologia i Paleontologia de Ponent*. Guissona 2023. Departament de Cultura. Generalitat de Catalunya, Guissona, 12-21.

Stoops, G. (2021). Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin section. Soil Science Society of America, Ionc, Madison, Wisconsin, 240 pp. https://doi.org/10.1002/9780891189763

Stoops, G., Marcelino, V., Mees, F. (2018). Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths. Elsevier, Amsterdam, 917 pp. https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63522-8.00001-2

Van Reeuwijk, L.P. (2002). Procedures for Soil Analysis. *Technical Paper No. 9.* Sixth ed. FAO/ISRIC, Wageningen, 101 pp.

Villagran, X.S., Huisman, D.J., Mentzer, S.M., Miller, C.E., Jans, M.M. (2017). Bone and Other Skeletal Tissues. En: *Archaeological Soil and Sediment Micromorphology*. (Nicosia, G. y Stoops, C. eds). Blackwell Science Ltd., Chichester,11-38. https://doi.org/10.1002/9781118941065.ch1

Wattez, J. (1992). Dynamique de formation des structures de combustion de la fin du paleolithique au neolithique moyen. Approche methodologique et implicqations culturelles. These de Nouveau Doctoral. Universite de Paris I, Paris, 438 pp.

Williams, A.J., Pagliai, M., Stoops, G. (2018). Physical and biological surface crust and seals. En: *Interpretation of micromorphological features of Soils and Regoliths* (Stoops, G.,Marcelino, V., Mees, F., eds.). Elsevier, Amsterdan, 539 – 574. https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63522-8.00019-X

Recibido el 21 de julio de 2026
Aceptado el 6 de octubre de 2026

En prensa

In press

En prensa

In press