

CARACTERIZACION MINERALOGICA DE SEDIMENTOS ARENOSOS EN LA CUENCA DEL RIO ARA (Huesca)

V. RUBIO (1), R. VIGIL (2), R. GARCÍA (2)
&
J.A. GONZALEZ MARTÍN (1)

(1) Dpto. Geografía. Fac. Filosofía y Letras. Universidad Autónoma. Madrid 28049

(2) Dpto. Geología y Geoquímica. Fac. Ciencias. Univ. Autónoma. 28049 Madrid.

Resumen. Este trabajo está dedicado a la caracterización mineralógica de sedimentos arenosos de la cuenca del río Ara (Pirineo Aragonés) ya que por primera vez se presentan datos mineralógicos de una manera elaborada de esta zona del Pirineo. El estudio pretende, además, relacionar los datos mineralógicos con los procesos morfológicos que tuvieron lugar.

Todos los perfiles estudiados se caracterizan por pH básicos y conductividades bajas o moderadas. Textualmente y salvo algunas excepciones, son muestras predominantemente arenosas. La fracción pesada de la arena suele presentar la asociación típica de turmalina-circón-rutilo-biotita. En cuanto a la fracción ligera casi todas las muestras son ricas en carbonatos y cuarzos situándose en menor medida la moscovita y el feldespato.

Palabras clave: Pirineo Central, río Ara, mineralogía de arenas.

Abstract. This work is dedicated to the study and mineralogical characterization of sandy sediments of the river Ara Basin (Central Pyrenees). Is the first time area shown mineralogical data from this pyrenees area.

The study wish also look for a relationship of the mineralogical data with the morphological processes that had happened.

All cross sections are characterized by a basic pH and low or medium conductivities. The heavy fraction of the sand usually presents the turmaline-zircon-rutile-biotite typical association. And the light fraction in almost all the samples are rich in carbonate and quartz, being less abundant muscovite and feldspar.

Key words: Central Pyrenees, Ara River, sand mineralogic

1. Introducción

La cuenca del río Ara se sitúa al Norte de la provincia de Huesca, constituyendo el área de contacto entre los valles occidentales y los orientales del Pirineo Aragonés.

Se instala en la vertiente meridional del Pirineo Central desde la zona Axil hasta la Depresión Media (Fig. 1). En su recorrido el río atraviesa las principales unidades, estructurales y litológicas del Pirineo,

así el Paleozoico aparece con calizas, cuarcitas y granitos; el Mesozoico con calizas, areniscas y calizas margosas de la Sierra de Tendeñera, los relieves del Valle de Ordesa y el Macizo de Monte Perdido y el Cenozoico, compuesto por flysch cada vez mas margosos, hasta llegar a las margas del Sur de la depresión. Conviene precisar, no obstante, que esta última queda interrumpida por el gran accidente tectónico del Anticlinal de Boltaña.

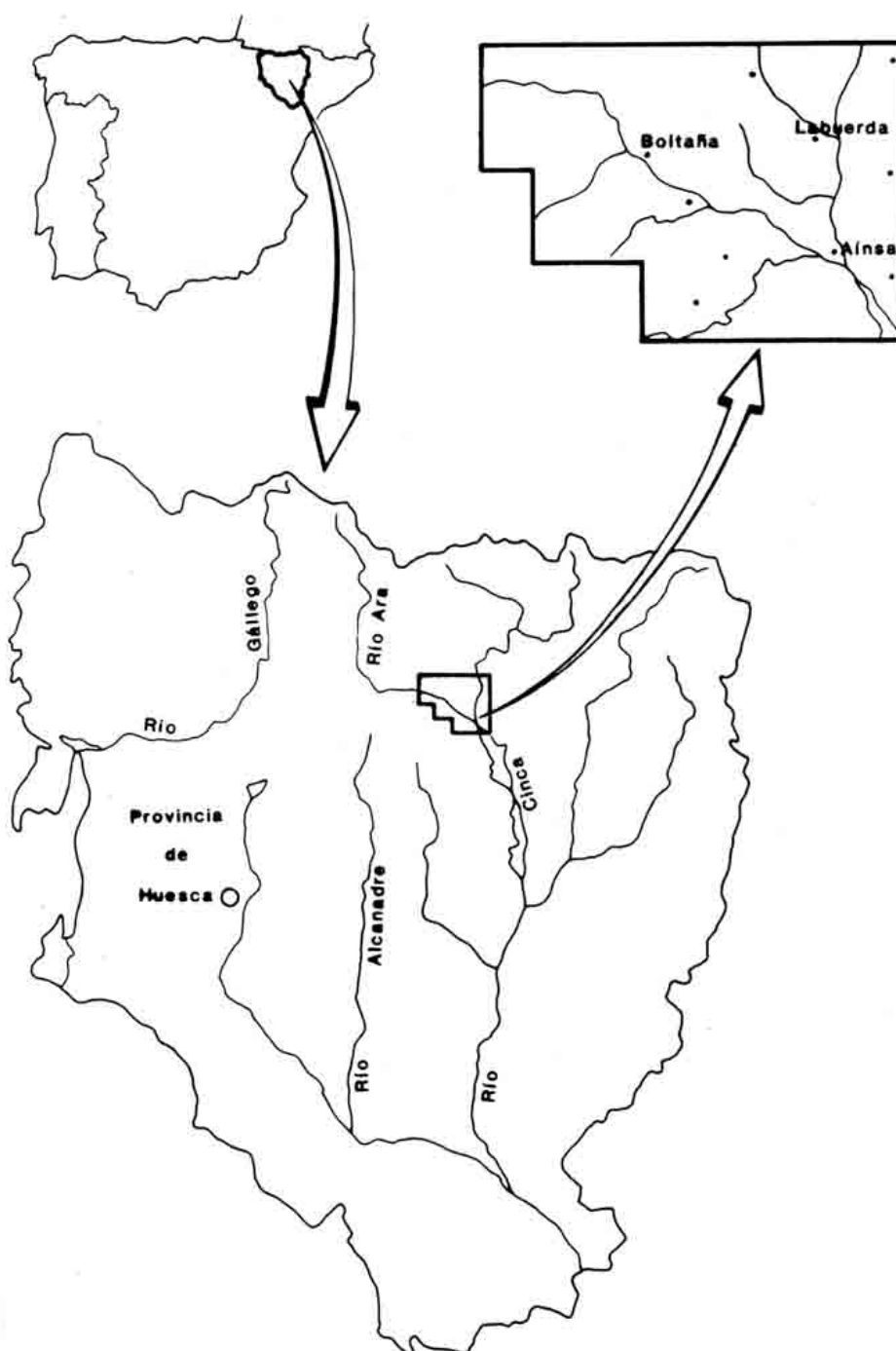


Fig. 1.- Mapa de situación. (Situation map)

MUESTRAS		pH	Cond. $\mu\text{s/cm}$	Arcill %	Limo %	Arena %
A3	T(55-65m) M.I.	8,8	297,0	1	6	93
A7	T(55-65m) S.R.	7,3	91,7	13	17	70
A5	T(15-18m) M.I.	8,9	108,9	5	4	91
A1	T(4-6m) M.I.	8,6	163,5	40	1	59
A9	Llan. Inundación	8,9	160,4	28	36	36
A6	Barra Actual	8,0	160,5	12	7	81
A8	T(8-12m) M.D.	8,6	110,2	26	5	69
A10	T(20-23m) S.R.	8,3	117,6	33	16	51
A2	T(55-65m) M.D.	8,7	155,4	18	4	78
A4	Cono +10m. M.D.	8,5	116,6	10	19	71
A11	Cono +10m. S.R.	8,3	120,5	26	13	61
C1	T(30-40m) M.D.	8,5	152,7	15	15	70
B7	Glacis +75 M.D.	9,2	80,2	3	5	92
B5	T(55-60m) M.D.	8,7	144,8	5	2	93
B4	T(55-60m) S.R.	8,5	121,5	16	15	69
B6	T(8-10m) M.D.	8,6	151,9	5	6	89
B8	Llan. Inundación	8,8	167,4	16	3	81
B2	Barra Actual	9,6	76,7	2	1	97
B1	T(65-72m) M.I.	9,1	109,5	9	3	88
B3	T(65-72m) S.R.	8,6	137,9	31	8	61
J1	T(58-64m) S.R.	8,5	175,5	18	3	79
J4	T(55-60m) M.I.	8,4	258,0	23	1	76
J6	Grezes Litées	8,4	227,8	28	15	57
J5	Barra Actual	8,2	139,8	17	9	74
J2	T(55-60m) M.D.	8,6	152,8	43	1	56
J3	T(55-60m) S.R.	7,1	91,8	28	3	69
P4	Gla-Cono 84m M.I.	8,0	194,7	24	14	62
P3	T-Cono 8-12m M.I.	7,7	198,6	28	13	59
P1	Barra Actual	6,3	1258,2	17	3	80
P6	T(8-10m) M.D.	7,6	210,1	26	18	56
P5	T-Cono 55-60m M.D.	6,7	130,0	29	15	56
P8	Cono 110-115 S.R.	8,3	69,0	40	10	50
P10	Cono 110-115 M.D.	8,4	177,7	44	16	40
L1	Barra Actual	9,1	69,5	14	6	80
L2	Llan. Inundación	8,1	173,2	10	3	87
L3	T(8-10m) M.I.	8,1	244,6	22	12	66
F1	Cono 50-60m M.D.	8,8	167,8	25	6	69
F2	T(35-40m) M.D.	8,2	350,0	23	27	51
F3	Barra Actual	9,3	78,2	10	1	88
F4	T(8-12m) M.I.	8,5	229,0	21	15	64
F5	Cono 12-15m M.I.	8,7	134,5	20	9	71
Br1	Barra Actual	8,8	96,0	14	1	85
Br2	Morrena Buesa	8,8	92,1	18	7	75
Br3	Llan. Inundación	8,5	83,5	20	5	75

T: terraza. M.I.: margen izquierda. S.R.: suelo rojo. M.D.: margen derecha

Fig. 2. Características físico-químicas de los sedimentos del río Ara
(Physico-Chemical characteristics of the Ara river sediments)

	TUR	CIR	RUT	BIO	CLO	EST	EPI	HIP	HOR	SIL	ANA	FLU	DIS	BRO
	Fracción pesada													
A3	9	31	17	22	4	10	7	--	--	--	--	--	--	--
A7	22	49	19	--	--	10	--	--	--	--	--	--	--	--
A5	25	32	11	10	4	11	7	--	--	--	--	--	--	--
A1	31	38	11	20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
A9	28	26	12	14	--	--	--	20	--	--	--	--	--	--
A6	27	38	5	13	6	--	--	7	4	--	--	--	--	--
A8	32	37	--	23	--	--	2	6	--	--	--	--	--	--
A10	20	40	6	8	12	--	--	--	--	6	8	--	--	--
A2	22	34	6	13	4	10	11	--	--	--	--	--	--	--
A4	21	43	4	27	--	5	--	--	--	--	--	--	--	--
A11	21	35	6	24	9	--	--	--	--	--	5	--	--	--
C1	33	29	15	12	2	2	5	--	--	--	--	2	--	--
B7	54	15	--	31	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
B5	33	21	10	19	10	3	--	--	--	4	--	--	--	--
B4	27	31	15	5	9	13	--	--	--	--	--	--	--	--
B6	25	33	13	16	--	--	13	--	--	--	--	--	--	--
B8	23	14	--	16	11	20	--	--	--	--	--	--	16	--
B2	21	22	--	48	3	--	--	6	--	--	--	--	--	--
B1	26	33	--	13	16	--	6	--	6	--	--	--	--	--
B3	36	33	5	11	6	9	--	--	--	--	--	--	--	--
J1	37	16	12	21	14	--	--	--	--	--	--	--	--	--
J4	28	29	9	20	--	5	--	--	--	7	--	--	--	2
J6	22	49	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
J5	31	22	9	--	--	--	--	--	38	--	--	--	--	--
J2	21	24	23	--	--	16	--	--	--	--	--	16	--	--
J3	24	26	7	16	--	15	--	--	--	--	--	2	10	--
P4	23	28	12	9	--	19	--	--	--	--	--	9	--	--
P3	28	19	--	16	--	16	--	--	--	12	--	9	--	--
P1	27	20	--	18	15	--	--	--	--	5	--	--	7	--
P6	16	20	--	17	--	15	9	--	12	--	--	--	11	--
P5	13	10	13	30	--	--	12	--	10	9	--	3	--	--
P8	28	23	10	18	--	9	7	--	--	--	--	--	5	--
P10	14	38	24	--	--	24	--	--	--	--	--	--	--	--
L1	46	28	24	--	--	--	--	--	--	--	--	2	--	--
L2	30	28	--	26	--	--	--	--	--	--	--	--	16	--
L3	23	29	13	22	--	6	--	--	--	--	--	--	7	--
F1	26	35	22	--	--	--	--	--	17	--	--	--	--	--
F2	18	38	14	15	5	3	--	--	5	--	--	--	2	--
F3	22	19	--	20	8	--	--	--	3	--	--	--	--	--
F4	31	48	5	16	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
F5	25	42	--	21	12	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Br1	26	10	--	64	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Br2	19	10	--	45	22	--	--	--	--	--	--	4	--	--
Br3	23	12	--	41	--	--	--	--	--	12	--	6	--	--

TUR:turmalina, CIR:circón, RUT:rutilo, BIO:biotita, CLO:clorita, EST:estauroлита
 EPI:epidota, HIP:hiperestena, HOR:hornblenda, SIL:silimanita, ANA:anatasa,
 FLU:fluorita, DIS:distena, BRO:brookita.

Fig. 3. Recuento de materiales pesados correspondientes al curso del río Ara
 (Recount of the heavy materials corresponding to the Ara river)

Estableciendo una relación morfoestructural se podría decir que los únicos sectores autóctonos corresponden a los bloques graníticos de cabecera. El resto está formado por varios mantos de corrimiento hacia el Sur, situándose en cabecera varios pliegues cabalgantes superpuestos.

Este trabajo tiene como objeto caracterizar la mineralogía de los aluviones actuales y pretéritos y de otras acumulaciones insertas en el valle Pirenaico del río Ara. Ciertamente, mientras que en la vertiente francesa de esta cordillera son numerosos los trabajos dedicados a este fin, en las cuencas fluviales modeladas en el lado español, existe una ausencia casi total de datos. Es por ello que el objeto de este trabajo es establecer las principales asociaciones mineralógicas en este valle y de paso aproximarnos, a través de su evolución, a las condiciones que han reinado en la morfogénesis de esta región pirenaica, según ha estudiado Rubio (1995).

El área de estudio se sitúa en el curso medio y bajo del río Ara, entre las localidades de Broto y Aínsa. Geomorfológicamente se han distinguido seis niveles de aterrazamiento; los más altos corresponden a los perfiles de Aínsa, Boltaña, Jánovas y Fiscal encontrándose entre 55-65 m y 35-40 m. Un segundo conjunto de terrazas se localizan entre 20-23 m y 15-18 m y por último, los niveles más bajos se sitúan a 8-10 m y 4-6 m. Este último sólo se encuentra representado en las inmediaciones de la localidad de Aínsa. La edad de estos niveles pleistocenos es sólo aproximada en tanto en cuanto no haya dataciones precisas.

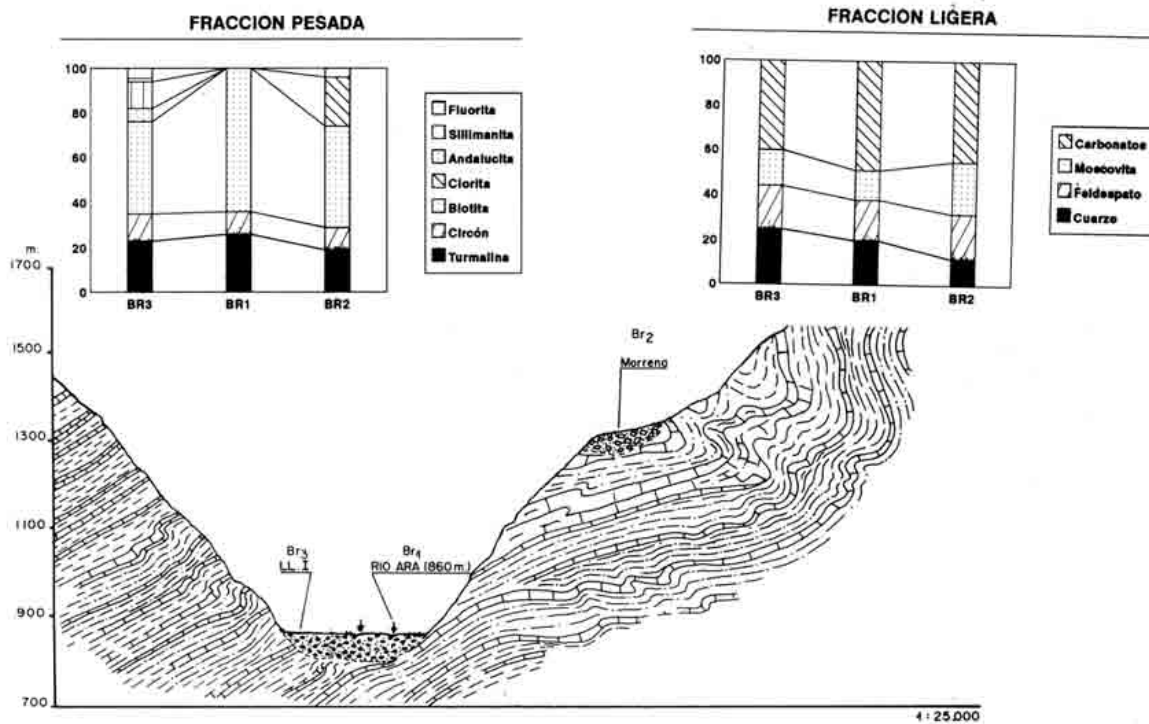


Fig. 4.- Análisis mineralógico de la fracción pesada y ligera en el perfil de Broto
(Mineralogical analysis of the heavy and light fraction from the Broto cross section)

2. Métodos

En todas las muestras tomadas se ha estudiado la fracción arena de los sedimentos, reconociendo dicha fracción por microscopio petrográfico de polarización en el tamaño correspondiente a 0.06 mm. previa separación de fracciones ligera y pesada con bromoformo, contando cien granos en cada muestreo e identificando el comportamiento óptico de cada uno, según Pérez Mateos (1965), Jones & Fleming (1965) y Parfenoff et al. (1970). Además se han medido el pH con pH-metro Orion SA 720, la conductividad con conductímetro Hanna HI-8733; se ha realizado análisis mecánico mediante el método de la pipeta Robinson, que tiene en cuenta tiempos de sedimentación según la ley de Stokes. Los resultados se proporcionan en la figura 2 y figura 3.

3. Discusión de resultados

Se han estudiado ocho perfiles, colocados a lo largo del cauce del río Ara, que van a ser identificados por la localidad más próxima a su recogida. Únicamente se ha realizado un perfil en la cuenca del río Cinca (próxima a la confluencia con el río Ara) justificándolo por la comparación de resultados en zonas próximas. En todos los casos, se ha efectuado un corte perpendicular al río que recoja el mayor número posible de sedimentos diferentes, tanto en el cauce como en ambas márgenes; si el sedimento aparece en ambas márgenes sólo se analiza una muestra.

PERFIL DE BROTO

Sólo tres muestras han sido analizadas en este perfil (fig. 4), y pertenecen a una barra actual (BR1), a la llanura de inundación (BR3) y a una morrena pleistocena (BR2). Son materiales de pH básicos, con conductividades bajas.

Texturalmente son muestras predominantemente arenosas, presentando en la fracción pesada de la arena, la asociación típica de turmalina-circón-biotita, alterándose ésta a clorita en la morrena. La llanura de inundación tiene fluorita, sillimanita y andalucita, apareciendo la fluorita también en la morrena.

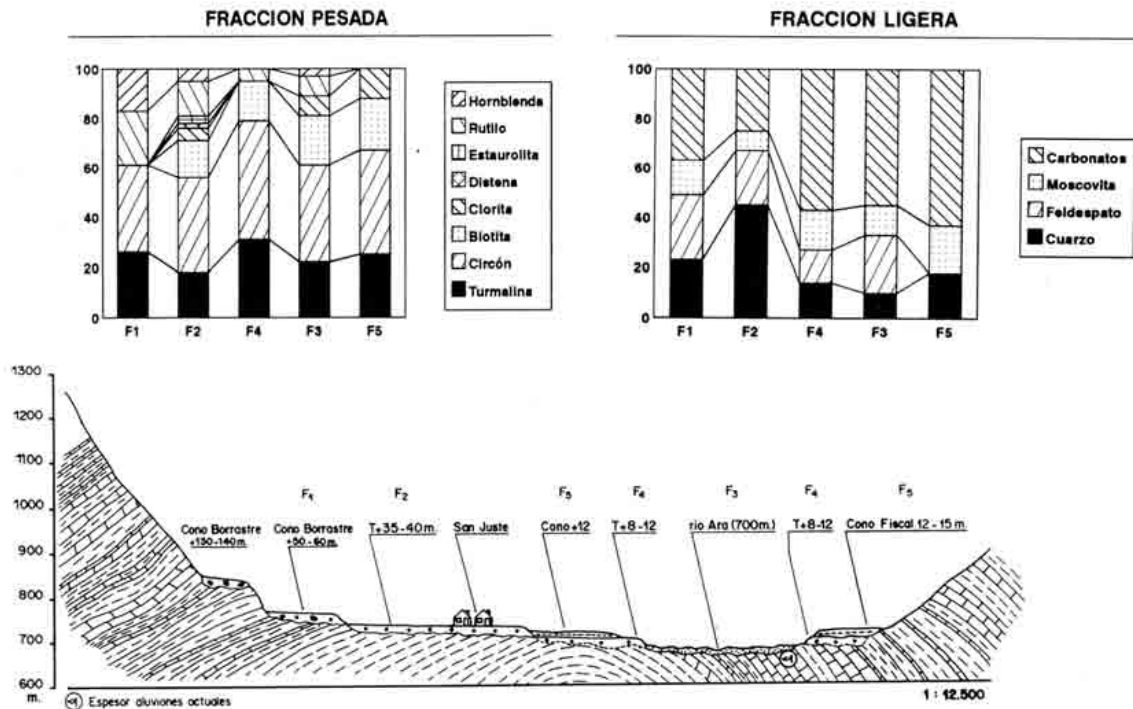


Fig. 5.- Análisis mineralógico de la fracción pesada y ligera en el perfil de Fiscal.
Mineralogical analysis of the heavy and light fraction from the Fiscal cross section.

PERFIL DE FISCAL

En este perfil (fig. 5) se han analizado diversas muestras pertenecientes tanto a conos de distinta edad y posición geomorfológica (F1 a 50-60 m y F5 12-15 m) como a sedimentos fluviales actuales (F3) y pretéritos (F2 35-40 m y F4 8-12 m).

Todos presentan pH similares, excepto la barra actual, que alcanza un valor superior a 9, y baja conductividad.

Texturalmente son todas arenosas, pero con porcentajes de arcilla superiores al 20%, excepto la barra

actual con una textura más gruesa.

La fracción pesada de la arena presenta la asociación característica de turmalina-circón-rutilo, excepto en el cono 12-15 m. de la margen izquierda, en el que falta este último mineral. Este cono, correspondiente a la muestra F5, tiene biotita y clorita. La presencia de abundante cantidad de biotita, dado el carácter poco estable de ella, demuestra la poca alteración que ha sufrido este material, bien por aflorar "in situ", bien por no haber transcurrido el tiempo necesario para su evolución.

La terraza a 35-40 m (F2) de la margen derecha, tiene estaulolita y distena, además de hornblenda, que debe provenir de un nivel altitudinal superior ya que se detecta también en el cono de 50-60 m (F1) y en la barra actual (F3).

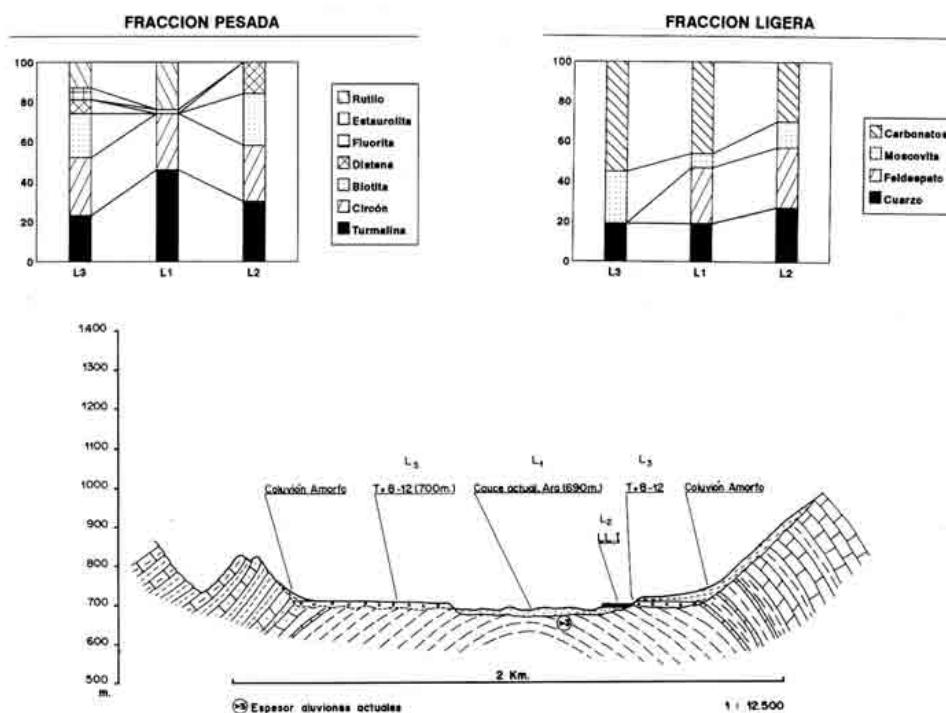


Fig. 6.- Análisis mineralógico de la fracción pesada y ligera en el perfil de Ligéerre de Ara
(Mineralogical analysis of the heavy and light fraction from the Ligéerre de Ara cross section)

PERFIL DE LIGÉERRE DE ARA.

Sólo tres muestras caracterizan este perfil, se trata de la barra actual (L1), la llanura de inundación (L2) y la terraza de 8-10 m, en la margen izquierda (L3) (fig. 6). Todas presentan pH básico destacando sobre todo el valor de la barra actual.

La asociación turmalina-circón es la típica con biotita muy alterada, excepto en la barra actual (L1), que por el contrario presenta fluorita y rutilo. Los sedimentos de la llanura de inundación (L2) presentan distena lo mismo que la terraza 8-12 m (L3) que además tiene estaulolita.

La fracción ligera, presenta poco cuarzo, moscovita y feldespato, este último, inexistente en la terraza L3.

PERFIL DE PLANILLO

Este perfil, con numerosas tomas, presenta conos en su mayoría; así en la margen izquierda se sitúan la muestra P4, asociado a un cono a 84 metros; J4, terraza a 55-60 metros; P3, cono a 8-12 m; J4, terraza alta de 55-60 m; P3, cono a 8-12 m; P6, terraza 8-10 m que tiene su homónima en la margen derecha; P1, barra actual y en la margen derecha, J2, terraza a 55-60 m y J3, su correspondiente suelo rojo; P5, cono a

55-60 m y por último, P10, cono a 110-115 m y P8 su suelo rojo (fig. 7).

En cuanto a las medidas de pH destaca la ligera acidez del cono P5, a 55-60 m y de la barra actual (P1), siendo los valores de pH similares al resto de las muestras estudiadas. La conductividad es baja en los suelos rojos.

La asociación característica de la fracción pesada de la arena es la típica de turmalina-circón, la biotita está presente en todas las muestras excepto en P10 (Cono a 110-115 m.) que en algunos puntos podría extenderse a rutilo. La clorita aparece sólo en la barra actual (P1) que tiene además, andalucita, sillimanita y distena. La terraza alta de la margen derecha (J4) y su correspondiente suelo rojo, así como los conos de la margen izquierda, tienen fluorita y estauroлита. La fluorita también se reconoce en dos conos, apareciendo hornblenda y epidota en el cono de 55-60 m (P5) y en la terraza 8-10 m.

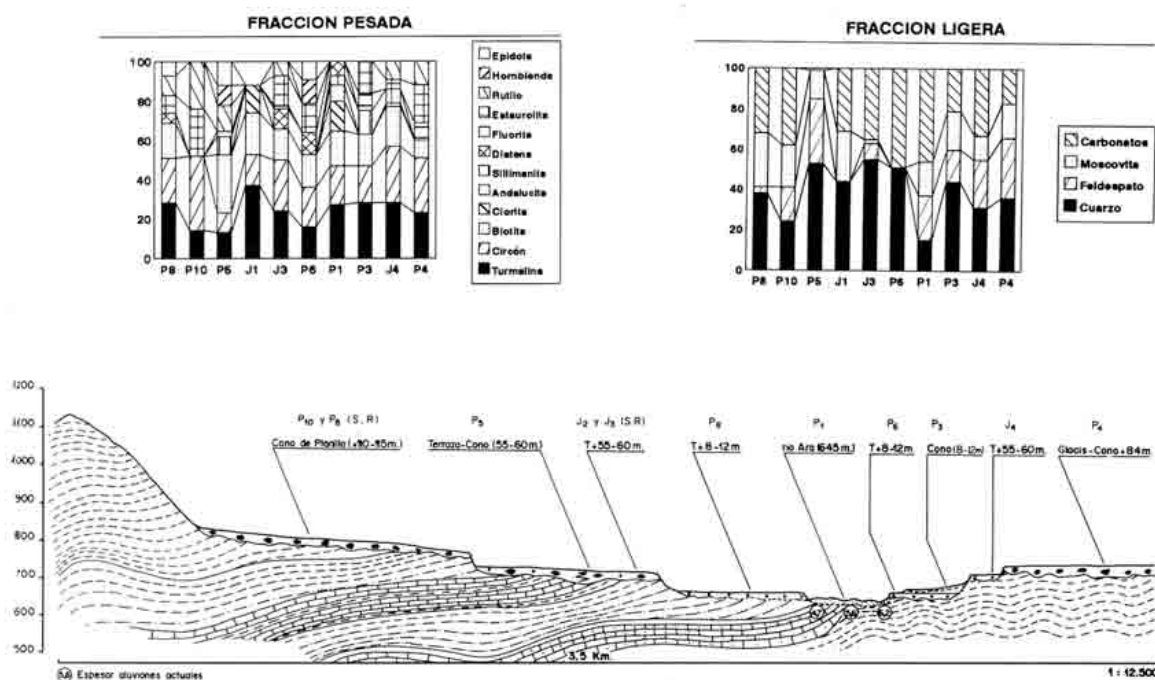


Fig. 7.- Análisis mineralógico de la fracción pesada y ligera en el perfil de Planillo.
Mineralogical analysis of the heavy and light fraction from the Planillo cross section.

PERFIL DE JANOVAS

Está representado por sólo tres muestras, al tratarse de un perfil transversal vinculado a un cañón que lógicamente ofrece pocos depósitos y de composición bastante homogénea. Se han tomado muestras de una formación coluvionar del Pleistoceno reciente (grezéz litéas, J6); de la barra actual, J5 y de la terraza a 58-64 m en la margen izquierda J1. (fig. 8).

Son muestras homogéneas en cuanto a pH y a conductividad. La asociación mineral característica en la fracción pesada de la arena es la de turmalina-circón-rutilo, con biotita sólo en la terraza. Destaca el alto contenido en hornblenda de la barra actual J5 y la inexistencia de feldespatos en la terraza J1.

PERFIL DE BOLTAÑA

Se trata de un perfil asimétrico, con mayor número de terrazas en la margen derecha, a 55-60 m (B5) y a 8-10 m (B6), existiendo además, un glacis del Pleistoceno medio (B7). Se ha muestreado la llanura de inundación (B8), la barra actual (B2) y los suelos rojos B4 y B3 sobre diferentes terrazas, así como la terraza 65-72 m (B1) de la margen izquierda (fig. 9).

Las medidas de pH son altamente básicas, destacando como muy básicas, la barra actual (B2), el glacis (B7) y la terraza 65-72 m de la margen izquierda (B1), el resto de las muestras superan el valor 8.5.

El análisis mecánico demuestra la textura predominantemente arenosa de todas las muestras, con pequeñas cantidades de arcilla en los suelos rojos y en la llanura de inundación.

En la fracción pesada de la arena se reconoce la asociación turmalina-circón-biotita y algo de clorita. El rutilito aparece en los suelos rojos y en las terrazas de la margen derecha; la estauroлита por su parte se reconoce en la llanura de inundación (B8) y en los suelos rojos de las terrazas altas (fig. 3).

La terraza 65-72 m de la margen izquierda (B1) presenta hornblenda y epidota y esta última también en la terraza 8-10 m de la margen derecha (B5). En la barra actual (B2) destaca la hiperstena y la distena en la llanura de inundación (B8). También se encuentra sillimanita en la terraza 55-60 m de la margen derecha (B5).

Merece comentarse la inexistencia de feldespato y de moscovita en la llanura de inundación según el recuento de granos en la fracción ligera.

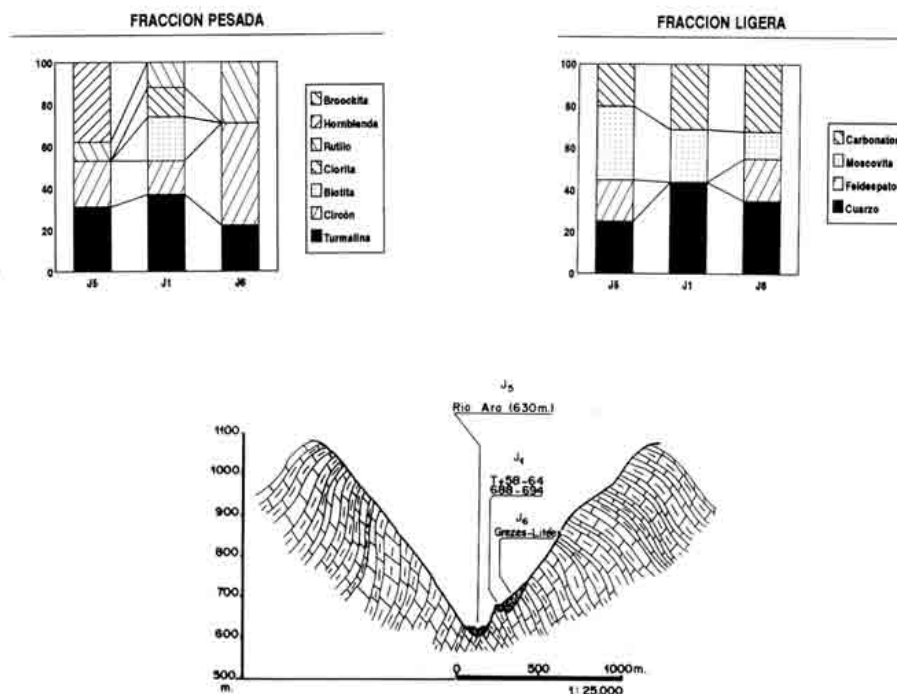


Fig. 8.- Análisis mineralógico de la fracción pesada y ligera en el perfil de Jánovas
(Mineralogical analysis of the heavy and light fraction from the Jánovas cross section)

PERFIL DE AINSA

Recoge tres terrazas de la margen izquierda, a 35-65 m (A3), a 15-18 m (A5) y a 4-6 m (A1); dos terrazas de la margen derecha, a 8-12 m (A8) y a 35-65 m (A2); un cono a 10 m en la margen derecha (A4); la llanura de inundación (A9); la barra actual del río (A6) y algunos suelos rojos que se localizan sobre las terrazas y conos anteriormente citadas A7, A10 y A11 (fig. 10).

Entre todas estas muestras destaca el suelo rojo instalado sobre la terraza 35-65 m, de la margen izquierda con un pH próximo a la neutralidad y que proporciona valores muy bajos de conductividad. Esta característica de bajo pH coincide en todos los suelos rojos del perfil (fig. 2).

El análisis mecánico presenta materiales arenosos en todas las tomas, excepto en la llanura de inundación, en la que coexisten, a partes casi iguales, arena, arcilla y limo.

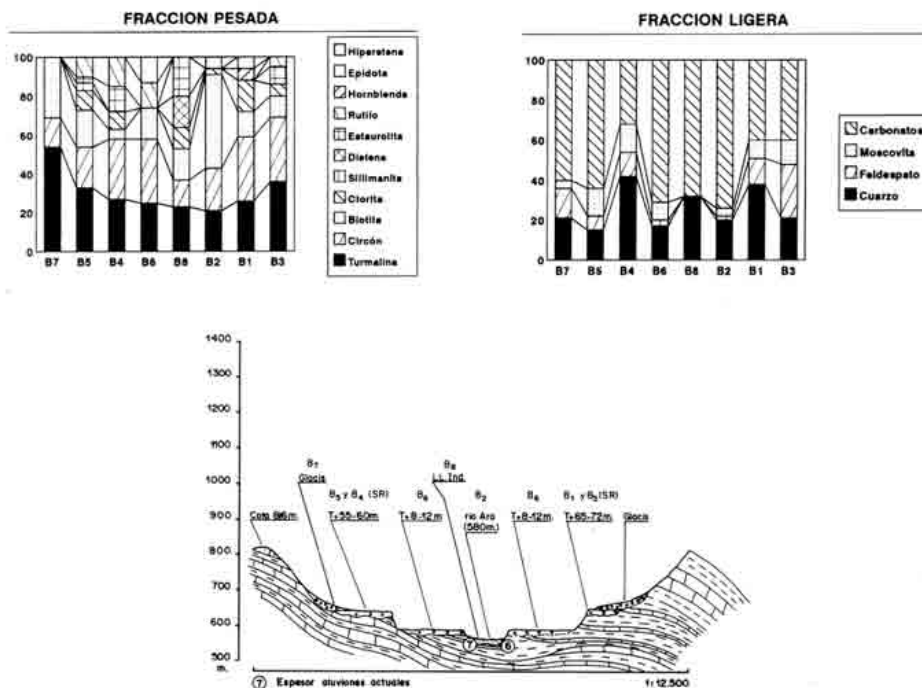


Fig. 9.- Análisis mineralógico de la fracción pesada y ligera en el perfil de Boltaña.
Mineralogical analysis of the heavy and light fraction from the Boltaña cross section.

Toda la serie, según el estudio de los minerales pesados de la arena, se caracteriza por la asociación turmalina-circón, que podría extenderse también al rutilo si este mineral existiera en la terraza baja de la margen derecha. Esta misma margen está enriquecida en biotita, sobre todo en el cono a 10 m (A4). La terraza alta en ambos márgenes así como la terraza media 15-18 m. de la margen izquierda, son las más ricas en minerales pesados al tener estauroilita, epidota y clorita.

Los sedimentos más recientes, llanura de inundación y barra, presentan hiperstena, así como la terraza más baja de la margen derecha. Los suelos rojos de la margen derecha son los únicos que contienen anatasa, observándose además sillimanita en el suelo rojo de la terraza 20-23 m (A10).

En cuanto a la mineralogía de la fracción ligera destaca, como viene siendo habitual, la elevada concentración en carbonatos de todas las muestras, excepto los suelos rojos, en las que cede este mineral a favor del cuarzo (fig.3).

Por último, se tomó una muestra en el río Cinca con objeto de comparar ambos cauces. Se trata de una muestra de pH básico y textura arenosa, en la que aparecen turmalina, circón, biotita, fluorita, estauroilita, epidota, rutilo y clorita.

4. Consideraciones finales

A la vista de los resultados obtenidos, se advierte una acentuada madurez en la fracción pesada que contrasta con los resultados de algunas cuencas francesas. No existe una composición progresivamente más evolucionada conforme nos situamos en terrazas más antiguas: incluso cabe señalar un cierto paralelismo entre los aluviones actuales y los niveles más altos. La causa puede estar debida al reciclaje que los aluvionamientos y los procesos de ladera han tenido siempre en la cuenca, contaminando los niveles que se hallaban en proceso de formación.

En todas las muestras se debe mencionar como constante la asociación turmalina-circón, a veces con rutilo y que coincide con alguna de las propuestas por Pinilla y Pérez Mateos (1968), para la Cuenca del valle del Ebro con las diferencias lógicas al ser el Ebro un gran río colector y hallarse fuera de la zona de

estudio.

Los minerales como andalucita, sillimanita, epidota, se relaciona con los afloramientos rocosos presentes en la zona que, además, ofrecen venillas hidrotermales donde podría aparecer fluorita, (Rios et al., 1982)

En lo que respecta al pH hay que señalar que no existe una acidificación de los conjuntos edáficos conforme ganan altura y por tanto antigüedad, tal y como acontece en las cuencas del borde septentrional del Pirineo, (Icole 1970, 1974). Ello parece denunciar la continua contaminación de los distintos niveles geomorfológicos por materiales procedentes de las laderas y dirigidos por los procesos que sobre ellas han actuado (arroyadas, solifluxión, etc...).

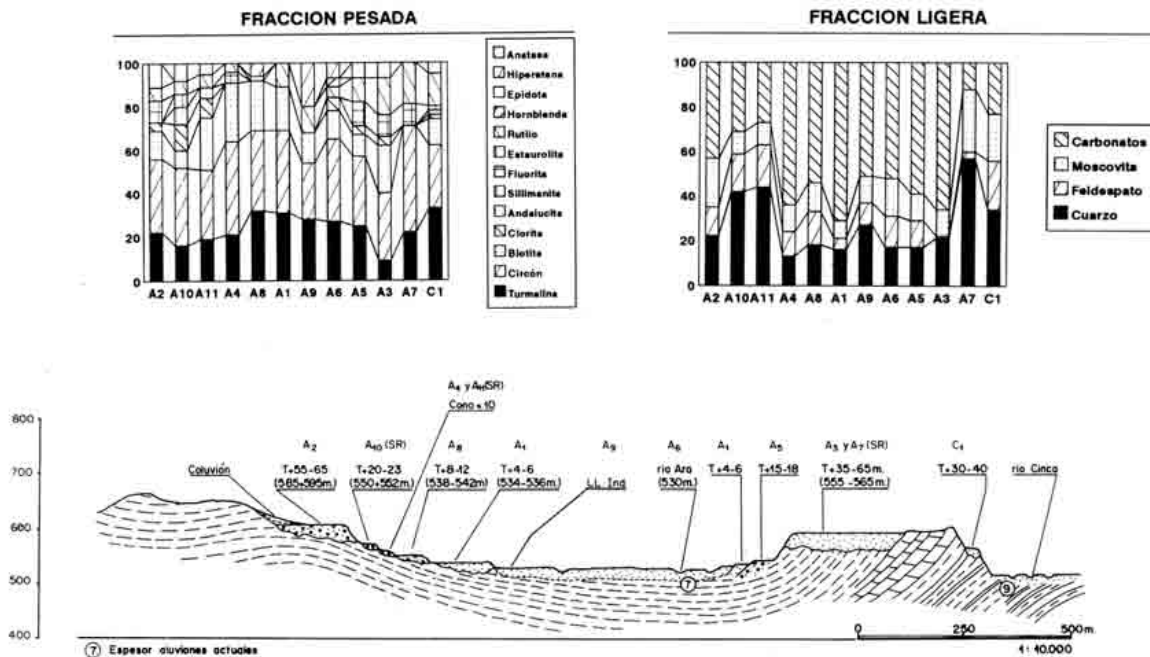


Fig. 10.- Análisis mineralógico de la fracción pesada y ligera en el perfil de Aínsa.
Mineralogical analysis of the heavy and light fraction from the Aínsa cross section.

Referencias bibliográficas

- Hernández Santón, C. (1991). *Geomorfología del área de confluencia de los ríos Cinca y Ara (prov. de Huesca)*. Memoria de Licenciatura, 311 pp. Universidad de Zaragoza.
- Icole, M. (1970): Paléosols ou "vieux sols" au sommet d'alluvions du Mindel des Pyrénées. *C.R. Acad. Sci. Paris*. 271-D. 1852-1854.
- Icole, M. (1974): *Geochimie des alteration dans les nappes d'alluvions du piémont occidental nord-pyrénéen*. Tesis Sciences Geologiques. Strasbourg.
- Jones, M. P. & Fleming, M. G. (1965): *Identification of mineral grains*. Elsevier, Amsterdam, 101 pp.
- Parfenoff, A., Pomerol, Ch. & Tourenq, J. (1970): *Les minéraux en grains, méthodes d'étude et détermination*. Masson, Paris, 574 pp. de estudio
- Pérez Mateos, J. (1965): *Análisis mineralógico de arenas. Métodos*. C.S.I.C. Manuales de ciencia actual. 265 pp. Madrid.
- Pinilla, A. & Pérez Mateos, J. (1968): Estudio sedimentológico de la zona aragonesa de la cuenca terciaria del valle del Ebro. *Anal. Edaf. y Agro*. XXVII, 9-10, 593-617.