

IV Reunión de Geomorfología
Grandal d'Anglade, A. y Pagés Valcarlos, J., Eds.
1996, Sociedad Española de Geomorfología
O Castro (A Coruña)

ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO DEL EMBALSE DE BARASONA, HUESCA

Valero Garcés, B.L., Navas, A. y Machín, J.

Estación Experimental de Aula Dei, CSIC, Apdo 202, 50080-Zaragoza, España.

RESUMEN

La pérdida de capacidad debido al aterramiento es un grave problema en numerosos embalses. El pantano de Barasona, en la cuenca del Esera-Isábena, Pirineos Centrales, uno de los más antiguos de España, ha perdido un tercio de su capacidad inicial (71 Hm³) desde su construcción en 1932. El estudio de 23 sondeos ha permitido caracterizar el sedimento, definir facies sedimentarias, reconstruir tridimensionalmente el relleno del vaso y proponer un modelo deposicional dominado por las fluctuaciones en el régimen de aporte de los ríos. Las variaciones en la composición mineralógica proporcionan información sobre áreas fuente y procesos de erosión y transporte en la cuenca. Correlacionando los niveles de limos arenosos con los episodios de avenidas, se ha construido una cronología preliminar que permitirá evaluar variaciones en la tasa de aporte de sedimentos al embalse y en la dinámica del sistema embalse-cuenca.

Palabras clave: aterramiento, pantanos, Pirineos, Barasona

ABSTRACT

Sediment deliver and consequent loss of water storage capacity aggravate reservoir management problems. The Barasona reservoir in the Esera-Isabena watershed, Central Pyrenees, is one of the oldest in Spain (1932) and has lost one third of its initial water capacity (71 Hm³). In this study we analyze the composition of the infilling of the Barasona reservoir, identify sedimentary facies, and reconstruct the tri-dimensional geometry based on 23 cores. Sedimentary dynamics is mainly controlled by fluctuations in the river inflow. Changes in mineral composition inform of sediment provenance and transport processes in the catchment area. A preliminary chronology based on the identification of floods in the sedimentary record (sandy silt layers) will allow to investigate changes in the sediment yield and in the interacciones reservoir-catchment.

Key words: sediment yield, reservoir, Pyrenees, Barasona

INTRODUCCIÓN

La pérdida de capacidad de almacenamiento de agua debido al aterramiento constituye un grave problema en numerosos embalses, intimamente relacionado con el incremento en la erosión del suelo en las cuencas de drenaje. Un uso más eficaz de recursos limitados como el agua y el suelo necesita de un

mayor conocimiento de los procesos de erosión, transporte y sedimentación en cuencas, con especial énfasis en la heterogeneidad temporal y espacial. En este artículo ilustramos el uso de técnicas sedimentológicas en la descripción e interpretación del relleno de un pantano para caracterizar la evolución del aterramiento. Nuestros resultados proporcionan información también sobre el origen de los sedimentos dentro de la cuenca, las modalidades de transporte y las variaciones en la tasa de sedimentación.

ÁREA DE ESTUDIO

El embalse de Barasona (560 Ha de superficie, 71 Hm³ de capacidad a una cota de 442.67 m s.n.m) fue construido en 1932 y recoge las aguas de los ríos Esera e Isábena (Figura 1) antes de desembocar en el Cinca. La cuenca de drenaje del pantano de Barasona (1224 km²) se extiende desde la zona Axial pirenaica, con las máximas alturas de la Cordillera (Aneto, 3408 m), pasando por las Sierras Interiores (Cotiella, 2912 m y Turbón 2492 m), varias depresiones internas (Seira, Las Paules, Campo) hasta las Sierras Exteriores (Sierra de Carrodilla, 1049 m) al sur. El clima es de montaña, húmedo y frío, con influencias atlánticas y mediterráneas continentales (HIGUERAS, 1981). Las precipitaciones varían desde más de 2000 mm/año en la cabecera del río Esera hasta menos de 500 mm en los alrededores del pantano (488 mm/año en la Puebla de Castro). Debido a la influencia mixta tanto atlántica como mediterránea, los máximos pluviométricos de otoño e invierno típicos de los valles pirenaicos occidentales y el máximo estival del Pirineo catalán no están tan marcados.

El río Esera presenta un régimen nival de transición caracterizado por dos máximos (finales de la primavera - comienzos del verano y mitad de otoño) y dos mínimos (invierno y verano) (HIGUERAS, 1981; MOPTA y CHE, 1993). El río Isábena tiene un régimen pluvio-nival con dos máximos (abril - mayo y otoño) y un mínimo estival. Las crecidas muestran una distribución irregular debido al carácter transicional de las precipitaciones. En la cuenca del río Esera existen ocho avenidas registradas desde 1892 (MOPTA y CHE, 1993) provocadas por lluvias de comienzos de verano (1925, 1960), tormentas estivales (1963), o mayoritariamente, a las lluvias torrenciales otoñales asociadas al fenómeno de la gota fría (1960, 1965, 1976, 1982, 1984).

MATERIALES Y MÉTODOS

Un total de 21 sondeos de hasta 2.5 m de potencia se tomaron tras el vaciado del pantano en el verano de 1995 mediante un sondeador dotado de un martillo percutor y una pala retroexcavadora. Se muestrearon además dos perfiles en afloramientos a lo largo del curso del río Esera (B-20 y B-21) (Figura 1).

Los sondeos se describieron utilizando criterios sedimentológicos como litología, tamaño de grano, color y estructuras sedimentarias (TUCKER, 1988). Se seleccionó el sondeo B-18 para el análisis detallado (sesenta muestras) del contenido en carbonatos (calcimetrías), materia orgánica (gravimetría), mineralogía (difractómetro de rayos X Siemens D-500 con tubo de Cu) y composición granulométrica (analizador laser de partículas Malvern).

RESULTADOS

COMPOSICIÓN DE LOS SEDIMENTOS

Los 23 sondeos y/o perfiles estudiados están constituidos esencialmente por limos arenosos (25-40% fracción arena) y limos (limo, 83.5 %; arcilla, 11.5 %; arena, 5% (Figs. 2A y 2B). Otras facies de distribución más restringida son: i) gravas, arenas y limos de origen fluvial y coluvial que constituyen el sustrato y la orla litoral del vaso del pantano (sondeos 1, 2, 3, 4, 7, 13, 16, 17) y ii) conglomerados de cantos blandos que forman lentejones de hasta 1 m de potencia en el cauce sumergido del Esera y están compuestos por cantos subredondeados de limo consolidado, de 10 - 15 cm de diámetro, matriz de limo arenoso o limo y textura clasto-soportada (sondeo B-23).

Los sedimentos del pantano de Barasona son carbonáticos con detríticos y escasa materia orgánica (Figs. 2D). Calcita y dolomita suponen del 30 al 50 % del total; los minerales de la arcilla (clorita, caolinita, illita, pirofilita) entre un 10 y un 40 % y cuarzo y feldespatos entre un 20 y un 40 % (Figura 2C). La calcita (39 % media) y el cuarzo (25 % media) son los minerales mayoritarios, con amplios rangos (24-46 % y 15-38 %) y distribución en todas las facies lo que corrobora su origen alóctono, transportado en granos minerales por los ríos Esera e Isábena al pantano.

Los minerales de la arcilla (illita, clorita y caolinita) tienen amplios rangos debido a su menor presencia en las facies de granulometría más gruesa (< 5 %) y a su mayor acumulación en los limos finos (> 15% en illita y clorita). No se han detectado procesos de neoformación y todos los minerales de la arcilla son igualmente transportados. La presencia de pirofilita (3 - 6 %) está restringida a niveles discretos y sólo en algunos sondeos (B-18, B-19, 20 y 21). La pirofilita aparece exclusivamente en pizarras metamorfizadas de bajo grado (anquizona o epizona) de la zona pirenaica axial. No existen estudios de detalle de la composición mineral de los sedimentos paleozoicos de las cabeceras del Esera e Isábena, sin embargo, criterios de correlación estratigráfica (MEY, 1967; RIBA, 1972) con el Pirineo aragonés occidental (SUBIAS PÉREZ *et al.*, 1990) identifican el Devónico Inferior como área fuente exclusiva de este mineral.

El yeso, que sólo aparece en los niveles superiores del sondeo B-18 (Fig. 3), es interpretado como autigénico, formado por precipitación directa en las pequeñas balsas que quedan en el pantano durante el verano sometidas a intensa evaporación hasta que desaparecen y por procesos de bombeo evaporítico.

FACIES SEDIMENTARIAS

A pesar de la aparente homogeneidad de las facies finas, mediante criterios granulométricos, composicionales y sedimentológicos hemos definido cuatro subfacies de limos y tres de limos arenosos en el perfil B-18 (Figura 3). Los limos verdes (L1) son los más finos y los grises son los de mayor tamaño (L2); los negros (L3) tienen mayores contenidos en filosilicatos y contienen pirofilita en algunos niveles y los marrones (L4) se caracterizan por la presencia de un moteado de óxidos de hierro y mayores porcentajes en calcita y cuarzo. En los limos de los 50 cms superiores no se han diferenciado subfacies y se han agrupado en una sola categoría (L). La fracción más fina de los limos se deposita por procesos de decantación y de ahí el enriquecimiento en minerales de la arcilla. Sin embargo, la abundancia de laminaciones cruzadas y la variabilidad que las facies de limos indica que los procesos de tracción son también significativos en estos depósitos.

Limos arenosos finos (LA1) y gruesos (LA3) se asocian en paquetes decimétricos con superficies de erosión internas, granoselección y numerosas estructuras sedimentarias tractivas. Estas capas de arenas son depositadas por flujos complejos con variaciones temporales en sus parámetros hidrodinámicos, durante avenidas de larga duración (varios días a semanas). Los limos arenosos intermedios (LA2) forman niveles de menos de 1 cm de potencia, granodecrecientes, con límites inferiores netos, erosivos y límites superiores graduales. Estas capas se depositaron como resultado de la pérdida paulatina de capacidad de carga de un episodio de flujo simple y de menor duración.

MODELO SEDIMENTOLÓGICO DEL PANTANO DE BARASONA

De acuerdo con las características morfológicas y los procesos sedimentarios predominantes hemos distinguido los siguientes subambientes sedimentarios en el vaso del pantano: 1. delta de cola, 2. fondos del pantano, que comprenden la orla litoral, llanura de fondo, bahía suroriental y canal fluvial del Esera y 3. delta de presa.

Los sedimentos superficiales del 'delta de cola' están dominados por arenas y limos arenosos, y la potencia del relleno supera los 4 metros pasada la desembocadura del Isábena (B-21). La mayor potencia de sedimentos y su granulometría más gruesa sería debida a la rápida pérdida de energía experimentada por los flujos fluviales al alcanzar el pantano, con la consiguiente disminución de la capacidad de carga y el depósito del material transportado por arraste y carga de fondo.

En la orla litoral alrededor del vaso del pantano el relleno sedimentario es muy escaso (perfiles B-2, 3,4, 8,13 ,17) o nulo (perfiles B-1, 16, 7). La asimetría del desarrollo de la zona litoral y la mayor acumulación de sedimentos siguiendo el eje del curso sumergido del Esera sugiere que el cauce fluvial no es completamente inactivo durante las épocas de aguas altas y que contribuye a canalizar y redistribuir los sedimentos. También es un subambiente sedimentario muy activo durante los periodos de aguas bajas. La incisión del río Esera en los sedimentos provoca un talud de varios metros de altura, muy inestable, que va desplomándose sobre el cauce del río y proporciona bloques de limos que son retrabajados. Las partículas más finas son movilizadas en

suspensión hacia áreas cercanas a la presa, mientras que los clastos son arrastrados por el río y forman lentejones de conglomerados de cantos blandos (sondeo B-23).

La llanura de fondo del valle del río Esera es el subambiente sedimentario más extenso. Las intercalaciones de limos arenosos son más numerosas y potentes en los perfiles más cercanos al Esera (B-20) y probablemente corresponden a los depósitos distales de avenidas mayores. La presencia de capas de limos arenosos en la zona meridional (B-22) muestra la elevada capacidad de transporte de las avenidas dentro del pantano. La variabilidad textural de las facies de limos y el predominio de laminación indica que el transporte por tracción sigue siendo prioritario en la zona media del pantano cercano al cauce del Esera.

EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL RELLENO DEL PANTANO

Las crecidas de los ríos Esera e Isábena son los principales agentes sedimentarios en el pantano de Barasona. En la zona del delta de cola, cada avenida deposita una nueva capa de arenas o limos arenosos, lo que permitiría construir una escala cronológica del relleno del pantano, si pudieran asignarse inequívocamente cada nivel arenoso a una avenida determinada.

De acuerdo con los datos de caudales instantáneos máximos del río Esera en Villanova, Eriste y Graus y el río Isábena en Capella, las principales avenidas han sido las siguientes: Julio y Octubre de 1960; Agosto de 1963; Noviembre de 1965; Octubre y Mayo de 1976; Noviembre de 1982; Noviembre de 1984. La avenida más importante fue la de 1960 que alcanzó un caudal 1600 m³/seg. en Barasona. De todas las capas de arenas identificadas en el relleno del pantano, destaca por su mayor potencia, granulometría más gruesa, mayor contenido en cuarzo y presencia de fragmentos vegetales decimétricos la situada entre 370-395 cm en B-21. Por lo tanto, tentativamente, consideramos que esta capa de arena fue depositada por la avenida de 1960. Las sucesivas capas de arena en el perfil se adscriben a las siguientes avenidas (Fig. 4). De acuerdo con esta propuesta de cronología, y teniendo en cuenta su carácter preliminar, la mayor frecuencia de avenidas en la década de los sesenta sería responsable de una elevada tasa de aporte al delta de cola del pantano; durante los años setenta se produjo una disminución del aporte considerable y las últimas décadas se aprecia un aumento, sin alcanzar los valores iniciales. Estos valores, sin embargo, no pueden traducirse directamente en aportes al pantano, pues desconocemos la carga en suspensión aportada por las avenidas.

Fuera del delta de cola, la correlación entre perfiles se dificulta porque los sondeos no contienen el registro completo al no alcanzar el sustrato y, posiblemente, algunas de las capas de limos arenosos se han acuñado o pasado lateralmente a términos más finos. La propuesta de la figura 4 ha de considerarse una hipótesis de trabajo a contrastar en el futuro con otras cronologías que estamos desarrollando (¹³⁷Cs).

CONCLUSIONES

El análisis del relleno del pantano de Barasona ha permitido definir

las facies sedimentarias, conocer su distribución espacial y temporal y proponer un modelo sedimentológico. Los máximos aportes se han producido en épocas de crecidas de los ríos Esera e Isábena, por lo que cambios en el régimen hídrico controlan la dinámica deposicional en el pantano. Minerales con afloramientos restringidos en la cuenca hidrológica como la pirofilita son potencialmente útiles como trazadores de procedencia de sedimentos, análisis de la heterogeneidad de la erosión de la cuenca y de los procesos de transporte. La correlación entre capas arenosas y registros de avenidas en el pantano permite establecer una cronología que, integrada con las derivadas de otros métodos (^{210}Pb , ^{137}Cs), contribuirá a un conocimiento más detallado de las variaciones temporales de los procesos sedimentarios en la cuenca y de la tasa de aporte al pantano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- HIGUERAS A. (ed) 1981. *Geografía de Aragón*. Tomo 1. Guara Editorial, 328 p., Zaragoza
- MEY, P.H.W., 1967. Geology of the Upper Ribagorzana and Baliera valleys, Central Pyrenees, Spain. *Leidse Geol. Meded.*, 41, 153-220.
- MOPTMA y CHE, 1993. *Directrices del Plan hidrológico de la cuenca del Ebro. Río Esera. Memoria y Anexos*. Confederación Hidrográfica del Ebro, Zaragoza.
- RIBA, O. 1972. *Mapa geológico de España E. 1:200.000 Síntesis de la cartografía existente*, Hoja de Huesca, IGME. 54 p., Madrid
- SUBÍAS PÉREZ, I; FERNÁNDEZ-NIETO, C y GONZÁLEZ LÓPEZ, J.M., 1990. Estudio mineralógico de la serie Devónica y Carbonífero Inferior de Sallent de Gállego (Huesca). *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*, 13: 183-194.
- TUCKER, M. 1988. *Techniques in Sedimentology*. Blackwell Scientific Publications, 394 p., London

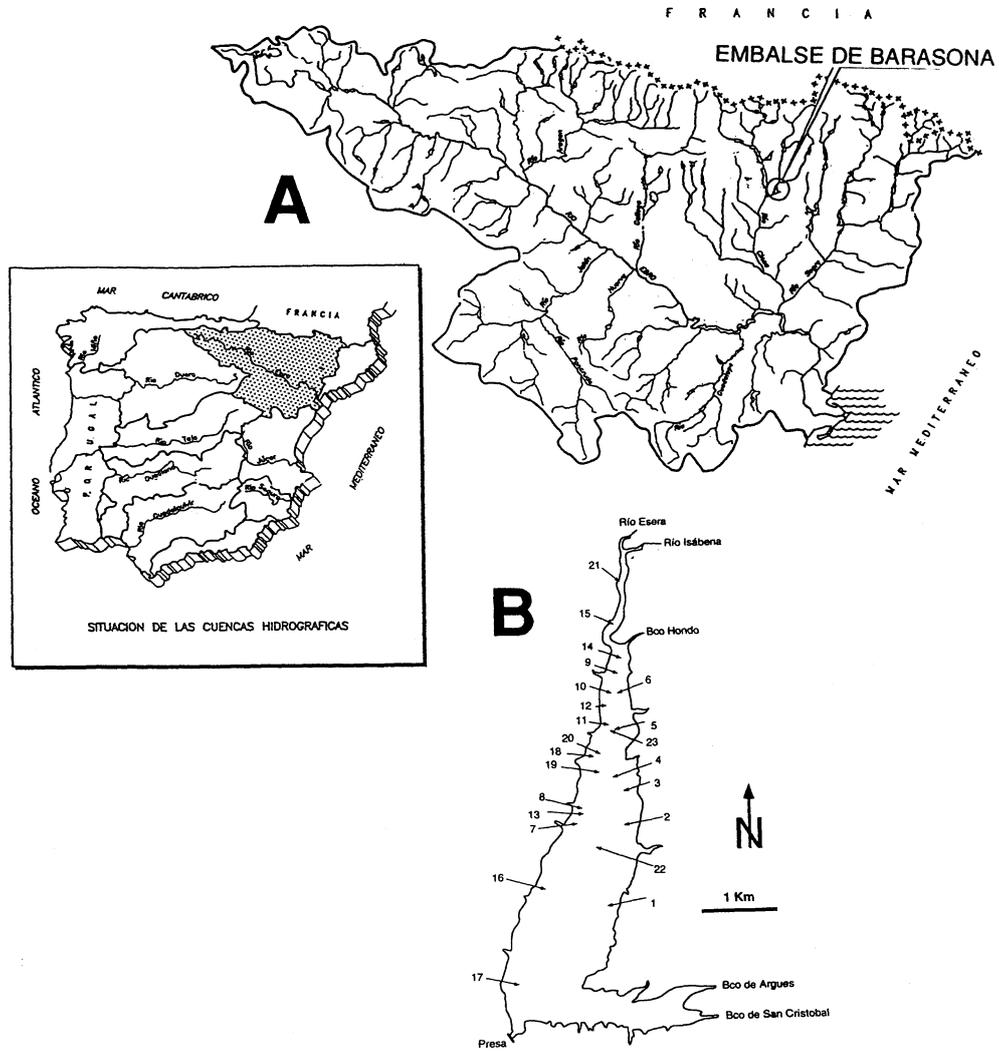
Pies de Figuras

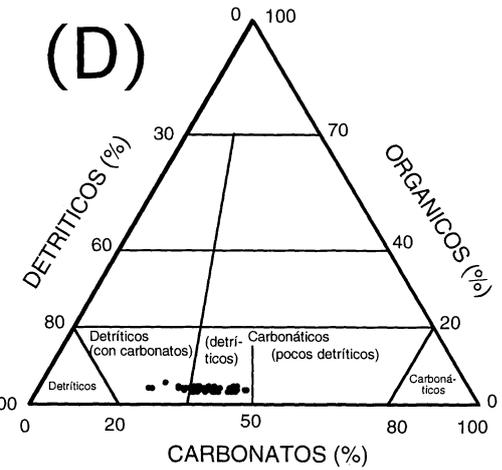
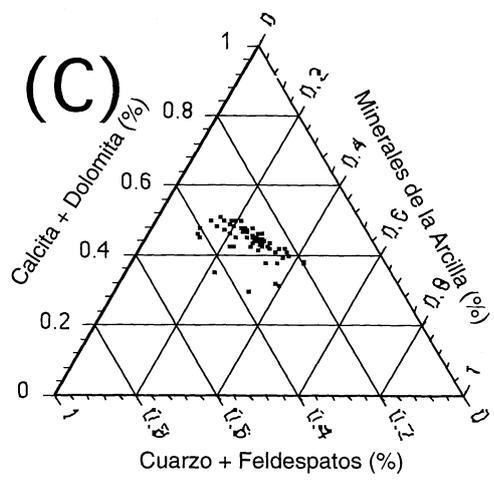
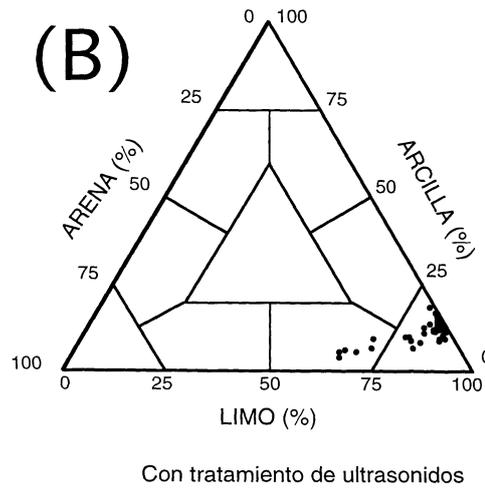
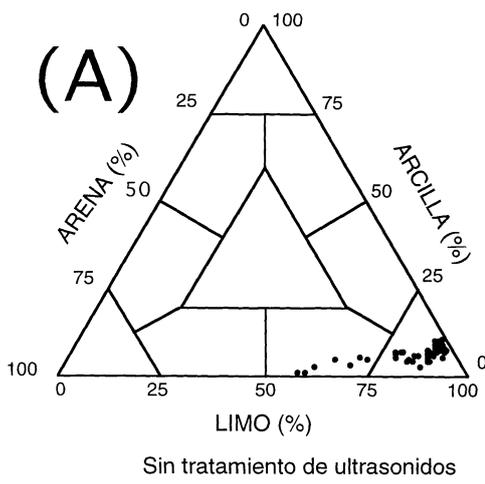
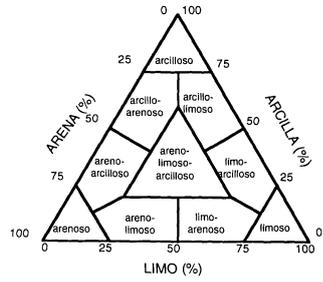
Figura 1. A. Situación geográfica del pantano de Barasona . B. Localización de los sondeos y perfiles en el pantano de Barasona.

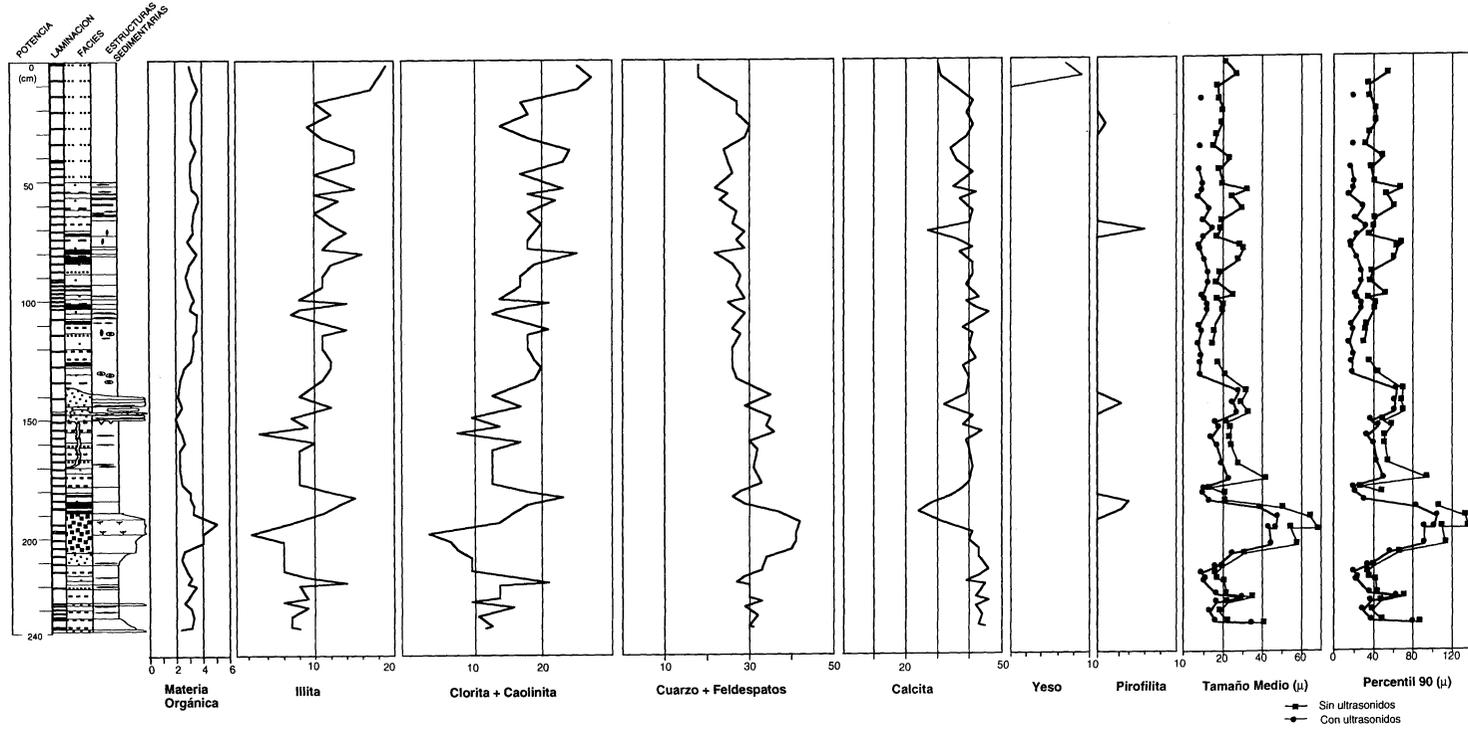
Figura 2. Caracterización de los sedimentos acumulados en el pantano de Barasona según tamaño de grano (A y B), componentes principales (C) y mineralogía (D).

Figura 3. Facies sedimentarias, composición mineral y granulometría del sondeo B-18.

Figura 4. Propuesta de correlación entre las capas de limos arenosos en el pantano de Barasona y las sucesivas avenidas registradas en los ríos Esera e Isábena. Los años entre paréntesis indican otras posibles cronologías. Legenda sedimentológica similar a la de la figura 3.







FACIES SEDIMENTARIAS	ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS
<ul style="list-style-type: none"> L: Limos masivos- bandeados grises L1: Limos laminados grises-verdosos L2: Limos laminados grises L3: Limos laminados negros L4: Limos laminados marrones LA1: limos arenosos bandeados LA2: Limos arenosos masivos LA3: Limos arenosos gruesos bandeados 	<ul style="list-style-type: none"> Fragmentos vegetales Moteados de óxidos de hierro Decoloraciones grises-verdes Grietas de desecación Superficies erosivas <p>LAMINACION:</p> <ul style="list-style-type: none"> Masivo Bandeado (>1cm) Finamente laminado (< 1cm)

