

## Facies de abanico fluvial en los afloramientos orientales de la Formación Peraltilla

I. MACIAS<sup>(1)</sup>, M. DIAZ MOLINA<sup>(2)</sup>, R. ESTRADA<sup>(3)</sup>, G. RAMPONE<sup>(4)</sup>

(1) I.B. Nicolau Copèrnic. Terrassa. (2) Universidad Complutense de Madrid. (3) Universidad Autónoma de Barcelona. (4) Avda. Virgen de Montserrat, 180. Barcelona.

### RESUMEN

La Formación Peraltilla está constituida por una sucesión estratigráfica heterolítica, del Oligoceno inferior. El análisis de facies indica una asociación de ambientes de abanicos fluviales húmedos, formados por canales múltiples de baja sinuosidad, y una tendencia vertical a la progradación de los sistemas fluviales.

*Palabras clave:* Sedimentación continental. Abanico fluvial. Oligoceno. Fm. Peraltilla.

### ABSTRACT

The Peraltilla Formation consists of a heterogeneous succession of Early Oligocene age. Facies analysis revealed a characteristic paleoenvironmental association of wet fluvial fan deposits, formed by multiple low sinuosity channels. The stratigraphic succession evidences an evolution upward related to the progradation of the fluvial systems.

*Key words:* Continental. Fluvial fan. Oligocene. Peraltilla Fm.

### INTRODUCCIÓN

La Formación Peraltilla (Crusafont *et al.*, 1966) aflora como una estrecha franja de materiales rojizos situada al S de las Sierras Marginales. La zona estudiada abarca una porción de esta franja, situada entre los ríos Noguera Pallaresa y Noguera Ribargozana (fig. 1). Las Sierras Marginales Catalanas, separadas de las aragonesas por una prolongación de la Depresión del Ebro en la zona del río Cinca (Pocoví, 1978), constituyen su límite norte.

Ambas sierras representan el frente de amortiguamiento de la cobertera deslizada desde la parte Central Pirenaica (Séguret, 1972). Este amortiguamiento produce un pliegue con dirección pirenaica debido a la presencia de una potente unidad evaporítica. Esta unidad (Fm. Yesos de Barbastro, Crusafont *et al.*, 1966) forma el núcleo del anticlinal de Balaguer-Barbastro. Entre la unidad evaporítica y la Formación Peraltilla existe una unidad de calizas lacustres (Larragán, 1949; Garrido, 1972) que algunos autores consideran como la base de dicha formación. En estas calizas se han encontrado Charáceas del Oligoceno inferior (Reille, 1977) y más recientemente Micromamíferos que confirman esta edad (N. López Martínez, com. per.).

Garrido (1973) sitúa a la Formación Peraltilla con posterioridad al emplazamiento del manto de Gavarnie, es decir posterior a la fase mayor pirenaica finieocena que dio origen a las Sierras Marginales Catalanas. Según este autor en el paso entre los yesos de Barbastro y las calizas lacustres situadas en la base de la Formación Peraltilla existe una ruptura sedimentaria detectable por la presencia de una brecha poligénica entre ambas, en el afloramiento del río Isuelo.

La sedimentación sintectónica de la Formación Peraltilla se corresponde con las deformaciones asociadas a la fase denominada «finieocena» (Garrido, 1973).

El objetivo de este trabajo ha sido el estudio sedimentológico de la Formación Peraltilla. Este ha comprendido la diferenciación de términos litológicos, a veces

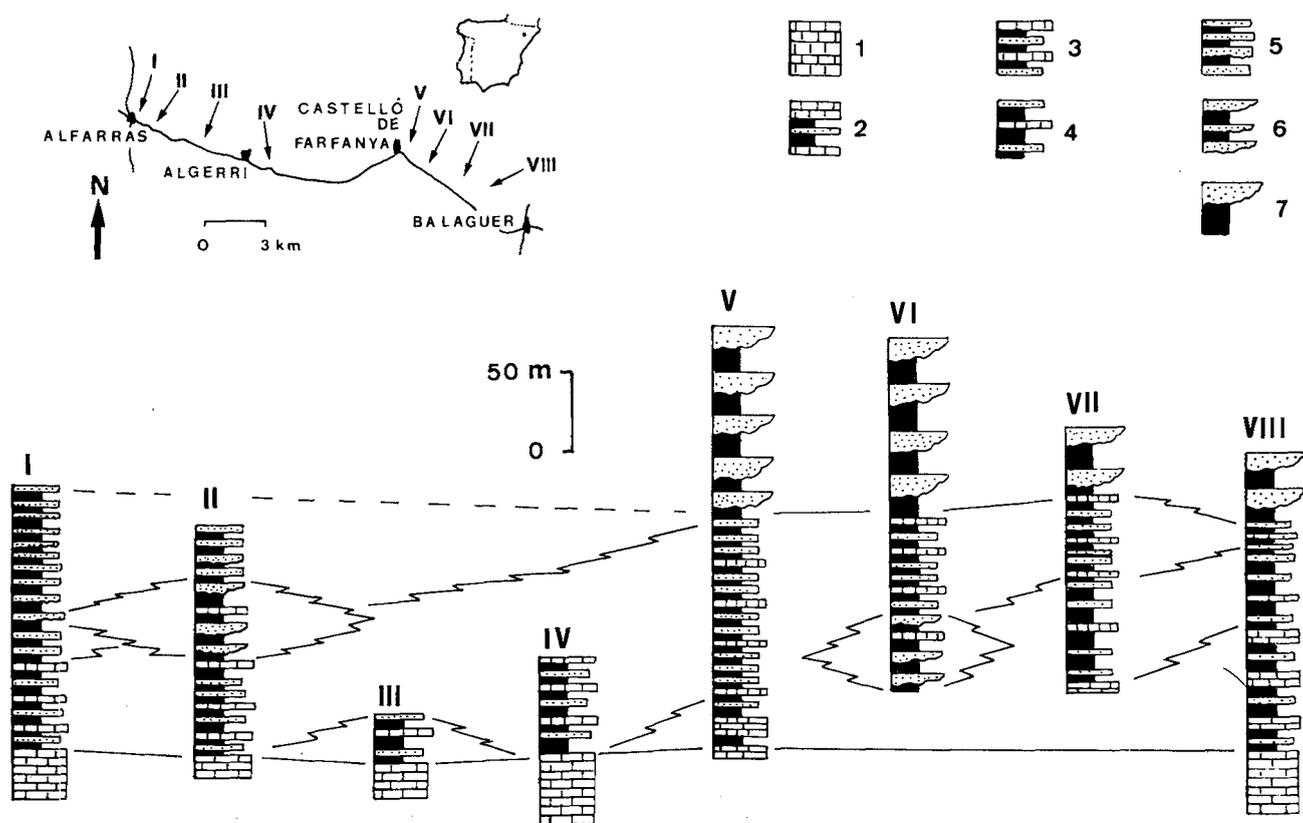


Figura 1. — Situación geográfica de las secciones medidas y panel de correlación. 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 corresponden a las 7 asociaciones litológicas descritas en el texto.

Figure 1. — Location map of the measured sections and cross section. 1, 2, 3, 4, 5, 6 and 7 refer to the lithological associations described in the text.

en función de su geometría deposicional, la descripción de las facies que presentan estas litologías, la distinción de asociaciones litológicas, el análisis de su distribución vertical y la interpretación del modelo de sedimentación.

## DESCRIPCIÓN DE LA FORMACIÓN PERALTILLA

### *Paleocanales rellenos por areniscas y conglomerados*

Los cuerpos canalizados normalmente se presentan aislados, incluidos en sedimentos terrígenos finos. Ocasionalmente los paleocanales forman cuerpos complejos, constituidos por depósitos relacionados con etapas sucesivas de relleno y de incisiones laterales que erosionan los depósitos del paleocanal precedente. Ambos tipos de cuerpos canalizados, los que se presentan aislados y los complejos, se han representado en la figura 2. La

geometría de los cuerpos canalizados es la típica de los depósitos de baja sinuosidad: base erosiva cóncava y techo horizontal (Moody-Stuart, 1966), independientemente de si son cuerpos simples aislados o cuerpos complejos.

En función de sus dimensiones los cuerpos canalizados aislados pueden ser divididos en dos grupos: paleocanales con un espesor comprendido entre 1 y 6 m (fig. 2 B) y paleocanales con un espesor inferior a 1 m (fig. 2 C).

Los paleocanales del grupo B (fig. 2) están rellenos por areniscas de tamaño medio a grueso y por conglomerados. En ellos se pueden distinguir tres tipos principales atendiendo a sus características internas: paleocanales formados por canales menores imbricados, paleocanales con relleno masivo y paleocanales con relleno masivo y señales de procesos edáficos (respectivamente B1, B2 y B3 en la fig. 2). Los procesos

pedogenéticos se deducen de la presencia de manchas de colores rojos y ocres que se interpretan como colores de hidromorfismo, desarrollados bajo la influencia de una capa freática permanente que facilitó la instalación de la vegetación (Freytet y Plaziat, 1982). En los paleocanales del tipo B3 la vegetación ha dejado numerosas huellas de raíces. En otras ocasiones, a techo del cuerpo arenoso, la arenisca pasa gradualmente a un horizonte calcáreo con o sin indicios de procesos pedogenéticos asociados, cuyo origen se relaciona con un encharcamiento producido cuando el nivel freático alcanzó la superficie topográfica.

Los paleocanales del grupo C (fig. 2) están rellenos por areniscas de tamaño fino a medio. En este grupo de canales se pueden distinguir otros tres tipos: C1, canales con incisiones múltiples cuya estructura interna son los *climbing ripples*; C2, paleocanales con agradación continua, rellenos por un único *coset* de *climbing ripples*; y C3, paleocanales con un relleno masivo, sin estructuras internas.

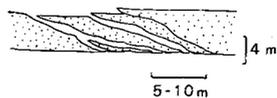
#### Capas de areniscas

Sus espesores oscilan entre unos pocos cm a 30 cm y sus límites son generalmente plano-paralelos. En ocasiones el techo de las capas está ligeramente erosionado. Estas capas están formadas por arenas de tamaño de grano fino a muy fino y suelen presentar colores de hidromorfismo. La estructura dominante en el interior de las capas son los *climbing ripples* (B, Lám. I), con menor frecuencia se han observado laminación paralela y estructuras de escape de agua. Suelen contener restos vegetales y ocasionalmente sobre la superficie de las capas existen *burrows* horizontales. Son muy frecuentes las huellas de raíces.

Las capas se presentan de forma individual, amalgamadas o formando sucesiones rítmicas alternando con limos o arcillas. Generalmente estas alternancias no muestran pautas secuenciales estratónicas.

Estos sedimentos los interpretamos como el resultado de la desaceleración de corrientes tractivas cuando dejan de estar confinadas en los canales fluviales. Esta pérdida de confinamiento se produciría por desbordamiento lateral o bien en la desembocadura de los canales bajo el control de los niveles de base de los sistemas deposicionales. Ambos orígenes se discuten más adelante en función de las asociaciones de facies y de la evolución vertical que la Formación Peraltilla presenta en esta área. La erosión que a veces se observa a techo de las capas se produciría por la incisión de pequeños canales con la caída del flujo.

#### A. CUERPOS COMPLEJOS



#### B. PALEOCANALES > 1 m

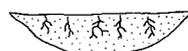
1. Con incisiones múltiples



2. Sin estructuras internas



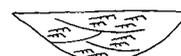
3. Con señales de raíces y colores de hidromorfismo



5 m  
0,5 - 2,5 m

#### C. PALEOCANALES < 1 m

1. Con incisiones múltiples



2. Con agradación continua



3. Sin estructuras internas



0,5 m  
1 m

Figura 2. — Diferentes tipos de cuerpos canalizados en la Fm. Peraltilla.

Figure 2. — Different types of channelized bodies in the Peraltilla Fm.

#### Limos y arcillas

Son depósitos generalmente masivos, en ellos están incluidos los cuerpos de sedimentos terrígenos más gruesos. Con frecuencia existen niveles que presentan colores de hidromorfismo y señales de raíces y que se interpretan como horizontes de suelos tipo *gley* (en el sentido de Freytet y Plaziat, 1982).

Los limos y arcillas se interpretan como depósitos de desbordamiento o de inundación sobre las áreas comprendidas entre los canales y por debajo de los niveles de base de los sistemas fluviales.

#### Calizas

Se han distinguido dos tipos de facies, calizas homogéneas y calizas con estructuras prismáticas. Las calizas homogéneas tienen espesores comprendidos entre 3 cm y 2 m y sus límites superior e inferior son superficies plano-paralelas. Tienen abundantes restos de Ostrácodos, Gasterópodos y Charáceas y se interpretan como sedimentos lacustres. En algunos casos estos ni-

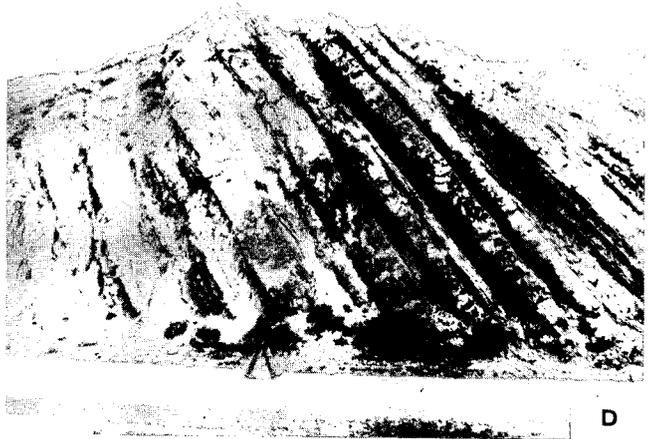
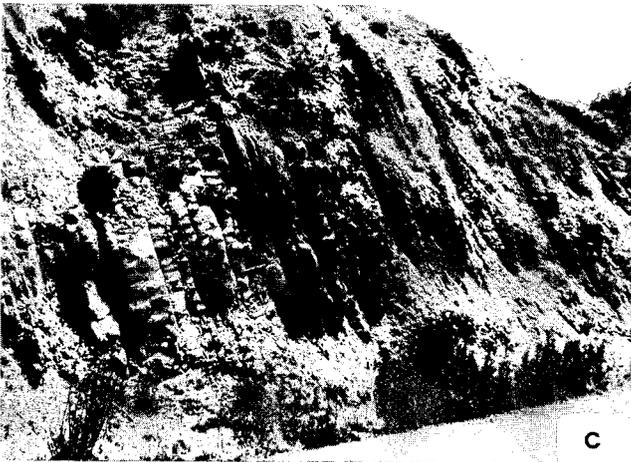
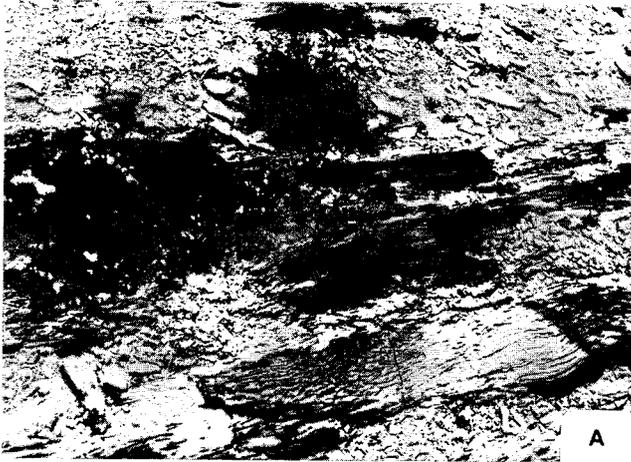


LÁMINA I: Aspecto general de algunas facies y asociaciones de facies en la Fm. Peraltilla.

Fig. A. — Paleocanal con incisiones internas múltiples.

Fig. B. — Capa de arenisca con estratificación de *climbing ripples*.

Fig. C. — Asociación litológica 3 con capas de caliza y de arenisca, ambas con contactos plano-paralelos (sucesión estratigráfica 1, Fig. 1).

Fig. D. — Asociación litológica 5, con capas de areniscas con contactos plano-paralelos, algunas con base erosiva (sucesión estratigráfica 1, Fig. 1).

PLATE I: General view of some facies and facies assemblages in the Peraltilla Fm.

Fig. A. — Paleochannel with multiple scours.

Fig. B. — Climbing ripple cross stratification in fine-grained sandstone bed.

Fig. C. — Lithological association 3 with limestone and sandstone beds, both bounded by even and parallel surfaces (section 1, Fig. 1).

Fig. D. — Lithological association 5 showing sandstone beds bounded by even and parallel surfaces, locally erosional (section 1, Fig. 1).

veles tienen una continuidad lateral kilométrica, pudiendo ser utilizados como niveles de correlación. A veces las capas de caliza presentan marmorizaciones a techo, que probablemente estuvieron asociadas a la retracción y desecación del lago (Freitet y Plaziat, 1982).

Las calizas con estructuras prismáticas tienen espesores comprendidos entre 6 y 33 cm, predominando los niveles de alrededor de 10 cm de espesor. La característica más notable de estas capas es que la estructura prismática es más acusada y con prismas más pequeños hacia el techo de las capas. En algunos casos se distinguen señales de raíces y raramente se encuentran restos de fauna. La continuidad lateral de estas capas es muy inferior a la del tipo anteriormente descrito. Esta facies se interpreta como un depósito de tipo lacustre, desarrollado en las orlas marginales de los lagos o en zonas encharcadas con un cuerpo de agua muy somero.

Ambos tipos de calizas aparecen interestratificadas con otras litologías a lo largo de toda la sucesión. Sólo están ausentes en la asociación litológica 5 (fig. 1).

## ASOCIACIONES LITOLÓGICAS

En este apartado se describen brevemente las asociaciones de facies litológicas que configuran la Formación Peraltilla en el área de estudio. Se han distinguido 7 asociaciones litológicas atendiendo a la presencia o ausencia de paleocanales, al tamaño de los mismos y al porcentaje de calizas, arcillas y areniscas (fig. 1).

La asociación litológica 1 está enteramente formada por niveles carbonáticos bien estratificados cuya potencia oscila entre 3 y 150 cm. Presentan gran cantidad de nódulos de sílex bien alineados y Charáceas (1, fig. 1; C, Lám. I). Se interpretan como sedimentos lacustres.

La asociación litológica 2 se caracteriza por ser eminentemente calcárea, presentando intercalaciones de capas de areniscas y de terrígenos finos.

En la asociación litológica 3, los niveles calcáreos disminuyen de potencia y de frecuencia, pasando a ser mayoritarias las capas de arenisca.

La asociación litológica 4 se caracteriza por un predominio de material arcilloso en el que se intercalan capas de areniscas, limos y algunos niveles de calizas (D, Lám. I).

La asociación litológica 5 está formada por una alternancia de capas de arenisca, limos y paleocanales de dimensiones reducidas. No se encuentran niveles de caliza.

En la asociación litológica 6 predominan los cuerpos canalizados con un espesor inferior a 1 m, separados por sedimentos arcillosos en los que se intercalan algunos niveles de caliza.

Por último la asociación litológica 7 está constituida por arcillas y cuerpos canalizados de espesor superior a 1 m y/o por los cuerpos complejos.

En resumen las calizas aparecen interestratificadas con otras litologías en las asociaciones 2, 3, 4 y 6. La frecuencia de las capas de caliza y su espesor va disminuyendo en sentido vertical (fig. 1). La proporción de limos y de arcillas, con respecto al resto de las litologías, aumenta hacia la parte superior de la sucesión. También en ese sentido aumentan el tamaño de los canales y disminuye la frecuencia de las capas de arenisca (fig. 1). La distribución en sentido vertical y lateral de las asociaciones litológicas se ha representado en la fig. 1. Las sucesiones rítmicas son muy características de las asociaciones 2, 3 y 4, en las que también se encuentran capas amalgamadas.

## INTERPRETACIÓN DE LAS ASOCIACIONES LITOLÓGICAS Y DE SUS RELACIONES LATERALES Y VERTICALES

La evolución vertical de las facies a lo largo de la sucesión estratigráfica de la Formación Peraltilla refleja la progradación de los sistemas deposicionales que suministraron los sedimentos terrígenos, sobre un área en la que anteriormente existía un régimen de sedimentación lacustre. Los sedimentos de las asociaciones 2, 3, 4 y 5 formarían una orla alrededor del frente distal de los sistemas de canales (fig. 4). En esta orla se relacionarían espacial y temporalmente los lóbulos distales de los canales (capas arenosas), sedimentos lacustres y palustres (capas de calizas), y limos y arcillas dejados por las crecidas o inundaciones. Los pequeños canales que se encuentran en la asociación litológica 5 indican cual fue la evolución distal de los canales del sistema fluvial. La permanencia vertical de estas asociaciones, en la mitad inferior de la sucesión estratigráfica de la Formación Peraltilla, indica una estabilidad del nivel de base en el área de estudio durante la sedimentación de estas asociaciones litológicas. La intercalación en la sucesión estratigráfica de la asociación litológica 6 entre las asociaciones 2, 3, 4 y 5 se interpreta como progradaciones temporales de sistemas fluviales.

La asociación litológica 7, que caracteriza a la mitad superior de la sucesión estratigráfica presenta rasgos propios de áreas más proximales. La aparición de esta

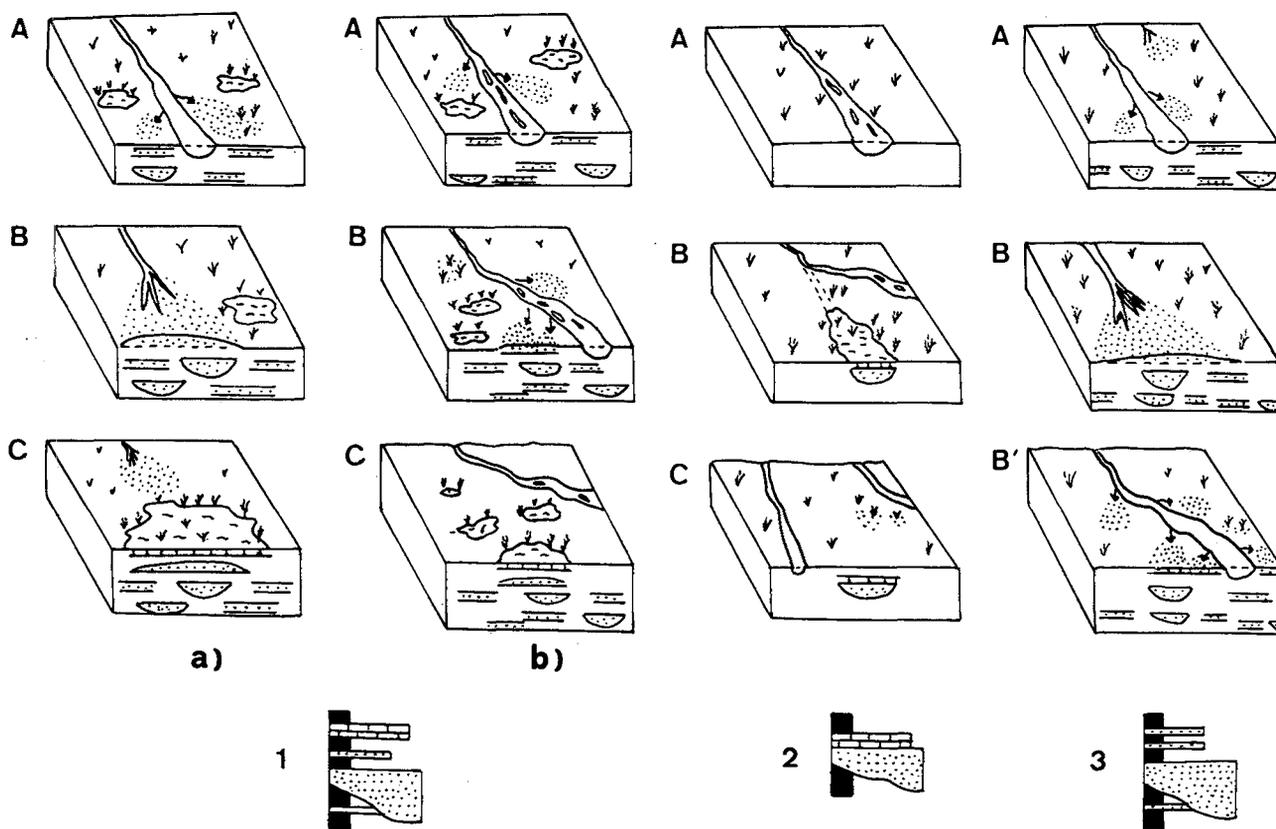


Figura 3. — 1, 2, y 3 ejemplos de asociaciones de facies ligadas a la dinámica del sistema fluvial. a y b son dos posibles interpretaciones del ejemplo 1. A, B y C indican sucesivas etapas de evolución.

Figure 3. — 1, 2 and 3 are facies association examples. They were related to the fluvial system dynamic. a and b are two different interpretations for example 1. A, B and C corresponds to successive evolutionary steps.

asociación litológica supone una notable progradación del sistema deposicional, o bien la creación de un nuevo sistema controlado por el rejuvenecimiento del relieve y el desplazamiento hacia el sur del nivel de base.

Al margen de las siete asociaciones de facies descritas, cuya distribución vertical refleja la progradación del sistema deposicional o su cambio, existen otras relaciones verticales y laterales de facies ligadas a la dinámica del sistema fluvial y no a factores extrínsecos (en el sentido de Schumm, 1981), como serían las modificaciones producidas por el diastrorfismo. Estas relaciones estuvieron ligadas al relleno y abandono de canales, avulsiones, al desplazamiento lateral de los canales más activos del sistema fluvial y a los desplazamientos del nivel de base producidos por la acumulación de sedimentos. Tres de estos ejemplos de relaciones de facies, ligados a la dinámica del sistema fluvial, se representan e interpretan en la figura 3.

En el primero de estos ejemplos (1a y 1b, fig. 3) se relacionan espacialmente limos y arcillas masivos, capas de calizas, capas de areniscas y cuerpos canalizados de espesor inferior a 1 m. En esta asociación las capas de areniscas podrían haber tenido un doble origen: depósitos distales de los canales (1a, fig. 3) o depósitos de desbordamiento (1b, fig. 3). La primera interpretación implica una ligera subida del nivel de base, la segunda una migración lateral de la sedimentación activa; en ambos casos el control podría haber sido estrictamente sedimentario. La segunda asociación de facies (2, fig. 3) se explica a partir del encharcamiento de los sedimentos que rellenan un canal, producido por el ascenso del nivel freático. Por último la asociación 3 refleja relaciones semejantes a las representadas en la primera asociación descrita, pero entre sedimentos exclusivamente terrígenos, la interpretación que se realiza sobre el origen de las capas de arenisca es análoga a la realizada para estas capas en el primer ejemplo.

## DISCUSIÓN DEL MODELO DE SEDIMENTACIÓN

Aunque en la base de la Formación Peraltilla existen abundantes niveles de caliza (asociación litológica 1), y a pesar de la concordancia que existe entre la unidad carbonatada de la base y los sedimentos terrígenos suprayacentes, consideramos que no existe una continuidad sedimentológica entre ambas unidades estratigráficas porque la entrada de los sedimentos terrígenos se puede considerar brusca, sobre un área en la que anteriormente existía una sedimentación exclusivamente lacustre. Por ello en nuestra interpretación de los modelos de sedimentación no se considera que la unidad carbonatada representa las facies más distales del sistema deposicional, al que corresponden los sedimentos terrígenos de la Fm. Peraltilla, y nos inclinamos por la interpretación de la existencia de una ruptura sedimentaria entre la unidad exclusivamente lacustre de la base de la formación y el resto de la sucesión estratigráfica. También en esta misma posición estratigráfica, en un área ubicada más al E, Sáez (1987) establece el límite entre dos «secuencias deposicionales».

Todos los rasgos de los sedimentos de la Fm. Peraltilla indican que su sedimentación se ha realizado en un área continental, en la que los sistemas deposicionales estaban formados por abanicos fluviales húmedos (en el sentido de Schumm, 1977) y cuerpos de agua dulce de diferente desarrollo, dependiendo de su situación dentro del modelo. Sobre las áreas de sedimentación la vegetación se instalaba con facilidad (fig. 4).

Del análisis de la sucesión estratigráfica se infiere un modelo semejante al deducido por Friend (1978) a partir de otros sistemas deposicionales antiguos: los canales de los sistemas distribuidores evolucionarían aguas abajo hacia una disminución de sus dimensiones, dejando finalmente capas de sedimentos. Estas capas producirían el taponamiento del canal y la disminución del gradiente, dando origen al relleno, hacia aguas arriba, de los canales (este proceso de *backfilling* ha sido propuesto por Schumm, 1977).

Aunque toda la sucesión estratigráfica puede ser comprendida en el marco de este modelo, probablemente está compuesta por la superposición de dos sistemas fluviales diferentes, cuyos ápices y nivel de base habrían variado de posición por el diastrofismo. Las asociaciones litológicas 2, 3, 4, 5 y 6 de la mitad inferior de la sucesión estratigráfica formarían parte de un sistema fluvial, la asociación litológica 7 caracterizaría a otro sistema diferente.

No existe una evolución vertical en los modelos fluviales de los paleocanales de esta formación. Tanto en los tramos basales como en los superiores existen cana-

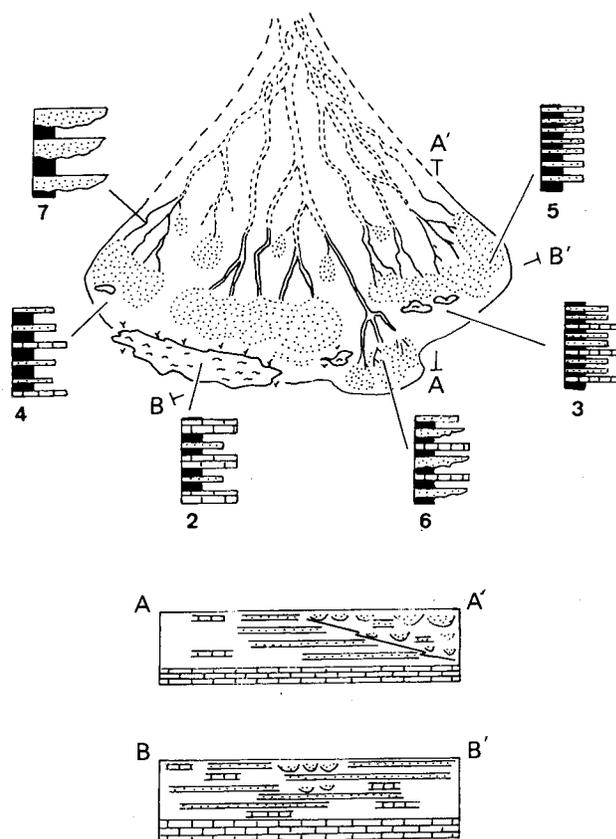


Figura 4. — Modelo deposicional deducido del estudio de la Fm. Peraltilla. Las líneas discontinuas se refieren a la parte del abanico fluvial sin registro sedimentario en este área. Los números corresponden a las distintas asociaciones litológicas (Fig. 1).

Figure 4. — Depositional model inferred from the study of the Peraltilla Fm. Dashed lines refer to the hypothetical proximal area of the fluvial fan. Lithological association numbers as in the cross section (Fig. 1).

les de baja sinuosidad, algunos de los cuales pueden ser interpretados como canales trenzados y el resto como canales rectos que sufrieron una agradación continua. Los canales rectos son los más frecuentes, pero a lo largo de toda la sucesión también aparecen los cuerpos canalizados formados por canales menores imbricados. La ausencia de canales meandriformes parece indicar que los diferentes tipos de paleocanales no estuvieron controlados por variaciones longitudinales graduales en el tipo de carga de sedimentos y en la pendiente. En ambos casos el modelo meandriforme tiene un campo de aparición entre el modelo trenzado y el recto (Schumm y Khan, 1972; Schumm, 1981) y deberían estar presentes en la sucesión estratigráfica. La evolución longitu-

dinal de canales trenzados a canales rectos podría haber estado controlada por cambios bruscos de pendiente en la intersección entre superficies deposicionales de mayor gradiente y otras superficies construidas con el ángulo requerido para el transporte, como sucede en los sistemas deltaicos en los que los canales tienden a ser rectos (Schumm, 1977).

## CONCLUSIONES

Los sedimentos terrígenos de la Fm. Peraltilla se interpretan como depósitos de abanicos fluviales, formados por canales múltiples de baja sinuosidad.

Los primeros niveles de sedimentos terrígenos representan la parte más distal del sistema deposicional. En ellos predominan las capas de areniscas con *climbing ripples*. Esta facies se interpreta como los depósitos dejados por los canales fluviales al alcanzar sus niveles de base. Con esta facies se interstratifican limos y arcillas de inundación y calizas lacustres y palustres.

En sentido vertical disminuye la frecuencia de las capas de areniscas y de calizas y aparecen paleocanales de dimensiones mayores, que caracterizan a la asociación litológica 7, y de cuya aparición se infiere una notable progradación del sistema deposicional o bien la creación de un nuevo sistema, controlado por el rejuvenecimiento del relieve.

## BIBLIOGRAFÍA

- CRUSAFONT, M., RIBA, O. y VILLENA, J., 1966: Nota preliminar sobre un nuevo yacimiento de vertebrados Aquitanienses en Sta. Ciclia (Río Formiga, prov. Huesca) y sus consecuencias geológicas. *Notas y comuns. Inst. Geol. y Min. de España*, nº 83: 7-14.
- FREYTET, P. y PLAZIAT, J.C., 1982: Continental Carbonate Sedimentation and Pedogenesis. Late Cretaceous and Early Tertiary of Southern France. *Contr. Sedimentology*, 12, 213 p.
- FRIEND, P.F., 1978: Distinctive features of some ancient river systems. In Miall A.D. ed., *Fluvial Sedimentology Can. Soc. Petrol. Petrol. Geol. Mem.*, 5: 531-542.
- GARRIDO, A., 1972: Precisiones sobre la mise en place del manto de Gavarnie en el borde Norte del Valle del Ebro (Región de Barbastro, prov. Huesca). *Acta Geol. Hisp.*, 7 (2): 50-52.
- GARRIDO, A., 1973: *Estudio geológico y relación entre tectónica y sedimentación del secundario y terciario de la vertiente meridional pirenaica en la zona central (Provincias de Huesca y Lérida)*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- LLARRAGÁN, A., 1949: Explicación de la Hoja nº 287, Barbastro. Esc. 1:50.000. I.G.M.E., 120H, 31 p. Madrid.
- MOODY-STUART, M., 1966: High and low —sinuosity stream deposits, with examples from the Devonian of Spitsbergen. *J. Sed. Petrol.*, 36: 1102-1117.
- POCOVÍ, A., 1978: *Estudio geológico de las Sierras Marginales Catalans (Prepirineo de Lérida)*. Tesis Doctoral. Universidad Central de Barcelona.
- REILLE, J.L., 1967: Subdivisión stratigraphiques et phases de plissement dans le Paléogène continental sud —pyrénéen (Région de Barbastro, province de Huesca). *C.R. Acad. Sc. Paris.*, 265, Sér. D: 852-854.
- SÁEZ, A., 1987: *Estratigrafía y sedimentología de las facies lacustres del tránsito Eoceno-Oligoceno del Noroeste de la Cuenca del Ebro*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona. Inédita.
- SCHUMM, S.A., 1977: *The Fluvial System*. London, John Wiley & Sons; p. 338.
- SCHUMM, S.A., 1981: *Evolution and Response of the Fluvial Systems, Sedimentological Implications*. *S.E.P.M. Spec. Publ.* 31:19-30.
- SCHUMM, S.A. y KHAN, H.R., 1972: Experimental study of channel pattern. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 83:1755-1770.
- SEGURET, M., 1972: *Étude tectonique de Nappes et séries decollés de la partie centrale du versant sud des Pyrénées*. Tesis Doctoral. Publ. U.S.T.L., Montpellier. Sér. Géol. Struct. 21:1-55.