

## LÍMITES EN SERIES TURBIDÍTICAS

J. Rosell(\*)

(\*)Universidad Autónoma de Barcelona, Departamento de Geología, 08193 BELLATERRA (Barcelona)

### RESUMEN

Los límites en series turbidíticas son difíciles de situar debido, sobre todo, a la aparente paraconformidad de sus contactos. Los límites entre complejos turbidíticos son discordancias angulares a la escala sísmica y de cartografía geológica, y paraconformes a la escala del afloramiento.

Los límites en sistemas turbidíticos poseen las mismas características geométricas que los anteriores. Son discordancias difíciles de observar a la escala del afloramiento, marcadas por bruscos cambios en su composición petrográfica, por la aparición de sedimentos pelíticos, por la existencia de mineralizaciones, de facies tractivas, de megaturbiditas y/o etc. Los límites en unidades de rango menor vienen marcados por cambios en los tipos de facies, especialmente, granulometría y estratificación.

**Palabras clave:** Complejo turbidítico, sistema turbidítico, piso turbidítico, ciclo de facies en turbiditas, límites entre estas unidades.

### ABSTRACT

Subdivisions and boundaries within turbidite series are difficult to trace mainly because of their apparent paraconform character of the contacts. Boundaries between turbidite complexes are angular unconformities at the scale of seismic resolution and mappable units. They are paraconforms at the scale of outcrops.

The boundaries delimiting turbidite systems have the same geometric characteristics. At the scale of outcrops, the unconformities are difficult to observe and marked by abrupt changes of the petrographic composition, by the appearance of pelitic sediments, by intensive mineralizations, by tractive facies, by megaturbidites and/or other characteristics. The boundaries between units of minor rank are marked by changes in the types of facies, specially in grain size and stratification.

**Key words:** Turbidite complex, turbidite system, turbidite stage, turbidite cycle of facies, boundaries between this stratigraphic units.

Rosell, J. (1989): Límites en series turbidíticas. *Rev. Soc. Geol. España*, 2: 375-380.

Rosell, J. (1989): Boundary in turbidite sections. *Rev. Soc. Geol. España*, 2: 375-380.

## 1. INTRODUCCIÓN

Existen pocos trabajos sobre cuencas sedimentarias que posean intercaladas cuñas de sedimentos turbidíticos, es decir, al unisono plataformas, turbiditas, y la relación entre ambas. La mejor conocida del mundo es, sin duda alguna, la del Eoceno sudpirenaico. En su estudio se ha inspirado la mayor parte de las ideas fundamentales que sobre los depósitos turbidíticos se conocen en la actualidad. El "análisis de cuenca" se ha realizado en base a una gran cantidad de datos de campo, resultado de veinticinco años de intensa investigación por parte de diferentes escuelas que, gracias a los magníficos afloramientos que presenta, la eligieron como zona para prácticas de estudiantes y, al mismo tiempo, como área y tema de investigación.

Los sedimentos que forman las cuñas turbidíticas

proceden en gran parte de la erosión, subaérea y submarina, y resedimentación de los materiales que constituyen las plataformas. Así pues, un complejo de plataformas, hacia el área continental, pueden dar lugar, prácticamente aisladas de ellas, a una sucesión de cuñas turbidíticas hacia el océano (Mutti, 1985; Mutti y Normark, 1987, Rosell, 1988, Posamentier *et al.* 1988 y Posamentier y Vail, 1988)(fig. 1).

Los depósitos o cuñas de sedimentos turbidíticos son, pues, por lo general, poco conocidos en la literatura geológica. Existen todavía pocos datos de campo que permitan sintetizar y teorizar diferentes modelos sedimentarios. De ello se deriva la dificultad que presenta el analizar la naturaleza de las superficies de contacto entre los diferentes cuerpos o unidades estratigráficas, que constituyen una cuña de turbiditas. Estas, a la escala del afloramiento, son aparentemente paraconformes.

Los objetivos principales de este trabajo son el analizar las superficies que delimitan las cuñas turbidíticas y las unidades estratigráficas, que en ellas pueden distinguirse.

## 2. CLASIFICACIÓN ESTRATIGRAFICA EN SERIES TURBIDÍTICAS.

La clasificación estratigráfica aplicada a series turbidíticas ha sido abordada únicamente en el trabajo de Mutti y Normark (1987). En un principio, y en base a la composición granulométrica de los sedimentos (relación pelita/arena), se clasificaron en turbiditas proximales y en turbiditas distales.

Más tarde, para la clasificación de estos sedimentos se utilizó una terminología que, procedente del estudio de los deltas, se aplicó al concepto de abanico submarino. Esta terminología ha resultado en la mayoría de los casos inadecuada, debido a: 1) un problema de escala (de la escala sísmica a la escala del afloramiento) y 2) a la confusión creada al aplicar la terminología morfológica (típica de los abanicos profundos actuales) al estudio de las facies (terminología de geología de campo).

Mutti (1985) hace una primera clasificación genética de las turbiditas en base a la posición relativa del nivel del mar (tipo I, II y III con el nivel del mar cada vez más alto)(fig. 2). Las turbiditas de tipo III (facies de *channel levee*) por hallarse directamente ligadas a las plataformas se consideran parte de las mismas. Las de tipo I y II forman, en conjunto, las verdaderas cuñas de turbiditas, aisladas de las plataformas, cuya erosión y resedimentación las originaron. Las de tipo I o lóbulos están formadas por los materiales que han sido transportados a lo largo de los canales (tipo II) cuando eran activos. Al retrogradar el sistema, el depocentro se sitúa en el área canalizada, se depositan las turbiditas de tipo II rellenando las depresiones que funcionaron como canales, testigo de lo cual es la menor o mayor cantidad de materiales residuales depositados en su fondo.

Mutti y Normark (1987) son los primeros en distinguir en una serie turbidítica una verdadera jerarquización de unidades estratigráficas. Con ciertas modificaciones estas unidades son las propuestas en este trabajo (fig. 3):

a) *Complejo turbidítico*.- Es la unidad de rango mayor y corresponde a un conjunto de turbiditas, equivalentes en plataforma a varias discordancias (tipo I, *sensu* Vail *et al.*, 1984), depositadas en una misma cuenca sedimentaria (por ejemplo, el Grupo de Hecho o turbiditas eocénicas del Prepirineo Central).

b) *Sistemas turbidíticos*.- Los complejos turbidíticos se dividen en sistemas turbidíticos (unidad que puede considerarse como fundamental en la clasificación estratigráfica de las turbiditas). Corresponde a las turbiditas correlacionables con una sola discordancia de tipo I, es decir, producto de una única bajada del nivel del mar, que ha conllevado erosión en platafor-

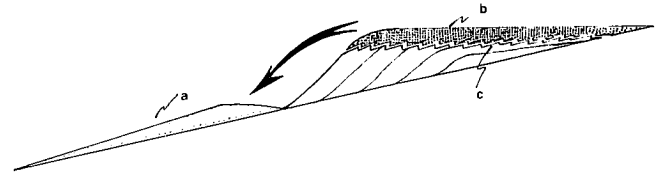


Fig. 1.- Origen de una cuña turbidítica (a) por erosión y resedimentación de una parte de la plataforma (b). El registro del equivalente temporal de las turbiditas en la plataforma será una superficie de discordancia (c).

Fig. 1.- Origin of a turbidite wedge (a) by erosion and resedimentation of part of the platform (b). On the platform, the time corresponding to the deposition of the turbidites is represented by an unconformity (c).

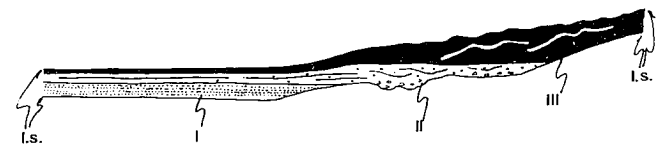


Fig. 2.- (Simplificado de Mutti, 1985). Tipos I+II = un sistema turbidítico. Tipo III = facies de *channel levee* o de talud. I.s. = límites de una secuencia deposicional.

Fig. 2.- (Simplified after Mutti, 1985). Types I+II = Turbidite System. Type III = Channel levee or slope facies (I.s.) = boundaries of a depositional sequence.

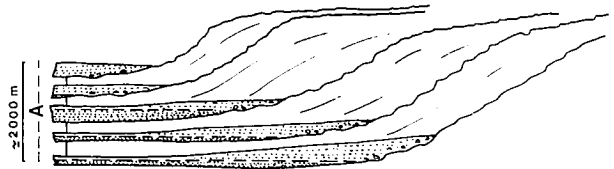


Fig. 3.- Jerarquización en una serie turbidítica. A.- Complejo turbidítico (escala indicativa 2000 m). Dentro de cada sistema turbidítico se han distinguido las de tipo I y II (de Mutti 1985 modificado).

Fig. 3.- Hierarchy in a turbidite series. A.- Turbidite complex (scale approx. 2000 m). Within each turbidite system, types I and II have been separated (after Mutti, 1985, modified).

ma tanto subaérea como submarina. Ejemplo de ello son los sistemas turbidíticos A, B y C de la cuenca de Ripoll (Costa, 1989) y el sistema turbidítico de Arro-Cotefablo en el complejo Hecho (Mutti *et al.* 1988). Cada uno de los sistemas turbidíticos pues, estará formado por turbiditas de tipo I y las suprayacentes de tipo II.

c) *Pisos turbidíticos*.- Mutti y Normark (1987) distinguen, además, los pisos turbidíticos. Cada sistema podría dividirse en dos pisos: por ejemplo, las turbiditas de tipo I o facies de lóbulos y las turbiditas de tipo II o facies de canales, que incluirían, además, las facies de abandono de canal y sus coetáneas pelíticas depositadas en la zona de lóbulos. A estos tres grupos de facies, los autores antes citados, les atribuyen el rango de subpiso.

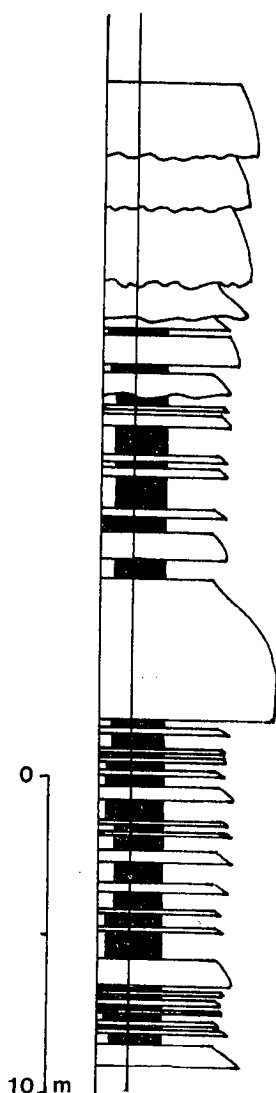


Fig. 4.- Dos ciclos de facies en los lóbulos del cabo Higuer. Sistema turbidítico de Jaizkibel. Complejo turbidítico del Eoceno del País Vasco.

Fig. 4.- Two facies cycles in the lobes of Cabo Higuer. Turbidite system of Jaizkibel. Turbidite complex of the Eocene of the Basque Country.

d) *Niveles turbidíticos o ciclos de facies* (?).- La unidad de rango inferior a los sistemas y pisos turbidíticos, la constituyen los niveles turbidíticos. Un nivel turbidítico equivaldría a un ciclo de facies (por ejemplo, un ciclo de lóbulo en el sistema de Broto, o un ciclo de la misma naturaleza en el sistema de Jaizkibel en el Eoceno del País Vasco, fig. 4).

e) *Capas turbidíticas*.- Y, finalmente, la unidad sedimentaria de rango menor en las turbiditas lo constituyen los estratos (unidad genética), formados, por lo general, por dos capas (una areniscosa y una pelítica).

Esta subdivisión en: estratos, ciclos de facies, pisos turbidíticos, sistemas turbidíticos y complejos turbidíticos son conceptos funcionales para el geólogo de campo. Su mayor o menor desarrollo, probablemente, dependerá del tipo de cuenca sedimentaria en que se deposite.

### 3. CARACTERÍSTICAS DE LOS LÍMITES DE LAS UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS EN LAS SERIES TURBIDÍTCAS.

La dificultad de analizar las superficies que delimitan unidades en series turbidíticas crece, progresivamente, al disminuir el rango de estas unidades. En el campo, debido a la aparente paraconformidad que poseen todas las unidades, son de muy difícil situación. Para ello se hace imprescindible la realización de buenas cartografías y de paneles de columnas estratigráficas correlacionadas.

#### 3.1. Límites en complejos turbidíticos.

Son cuñas de turbiditas que fácilmente se individualizan en líneas sísmicas. La delimitación con su yacente es claramente discordante, constituido por sedimentos más antiguos y de cualquier tipo de facies. La superficie superior, lógicamente, está cubierta por los sedimentos finos del extremo de la plataforma desarrollada durante la consiguiente elevación del nivel del mar, o bien, asimismo, cubierta discordantemente con sedimentos más modernos de colmatación de la cuenca, por lo general, en un principio, pelíticos.

El límite inferior en el Grupo Hecho lo constituye casi siempre las Calizas con Alveolinas del Eoceno inferior prepirenaico. Y el superior, las Margas de Fiscal y de Pamplona. En el complejo Ripoll, el yacente lo constituye las margas de la Formación Armánzies al E y las Calizas del Cadí al W. Este complejo turbidítico queda cubierto discordantemente por la Formación Bellmunt (*sensu lato*) al E y el Manto del Pedraforca al W (fig. 5).

En la isla de Menorca pueden distinguirse tres complejos turbidíticos: uno de edad Devónico inferior y dos de edad Carbonífero inferior. Los tres complejos están separados por francas discordancias angulares causadas por sendas fases de deformación tectónica (fig. 7), y están caracterizados por una composición petrográfica y facies distintas.

#### 3.2. Límites en sistemas turbidíticos.

La delimitación de sistemas turbidíticos (unidades turbidíticas de segundo orden) recae aún en la escala sísmica, imagen que puede suplirse con una buena cartografía geológica. Como ejemplos de este tipo de unidad pueden citarse, en el Eoceno prepirenaico, el sistema de Broto que forma parte del complejo de Hecho (Mutti *et al.*, 1988); en el complejo turbidítico del Eoceno del País Vasco, coronando la serie aflorada hasta el mar, existe el "sistema de Jaizkibel"; y en el complejo de Ripoll, los sistemas A, B y C, según la nomenclatura de Costa (1989).

En base, fundamentalmente, a observaciones realizadas en las subcuencas pirenaicas del Eoceno (Rossell, 1988) se han definido algunas características que

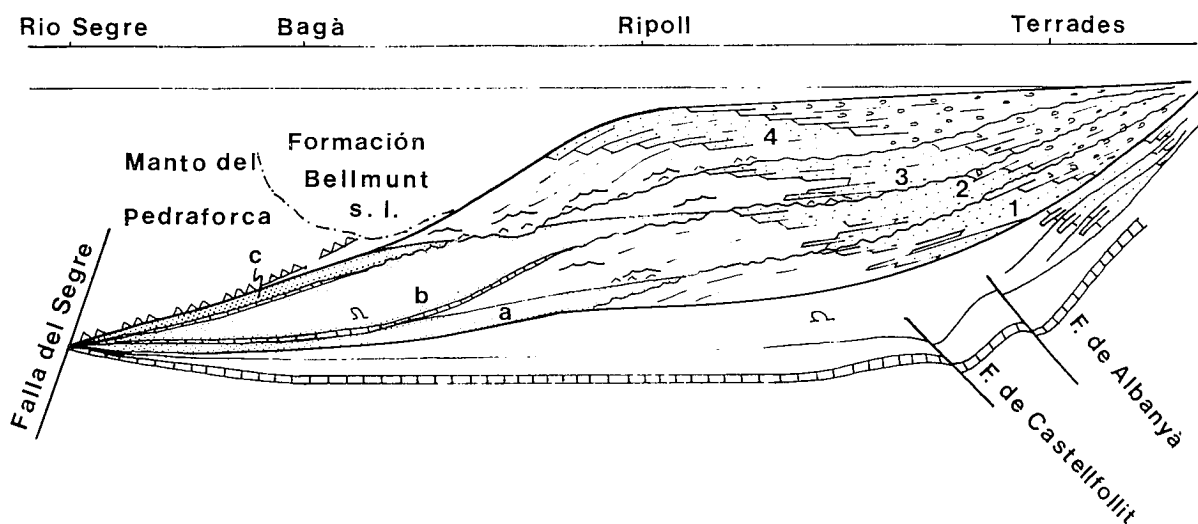


Fig. 5.- Corte del Luteciense inferior del Prepirineo oriental. A + B + C = Complejo turbidítico de Ripoll. A, B y C = Sistemas turbidíticos. 1, 2, 3 y 4 = Plataformas deltáicas.

Fig. 5.- Cross section of the lower Lutetian of the eastern Prepyrenees. A + B + C = Turbidite complex of Ripoll. A, B and C = Turbidite system. 1, 2, 3 and 4 = Deltaic platforms.

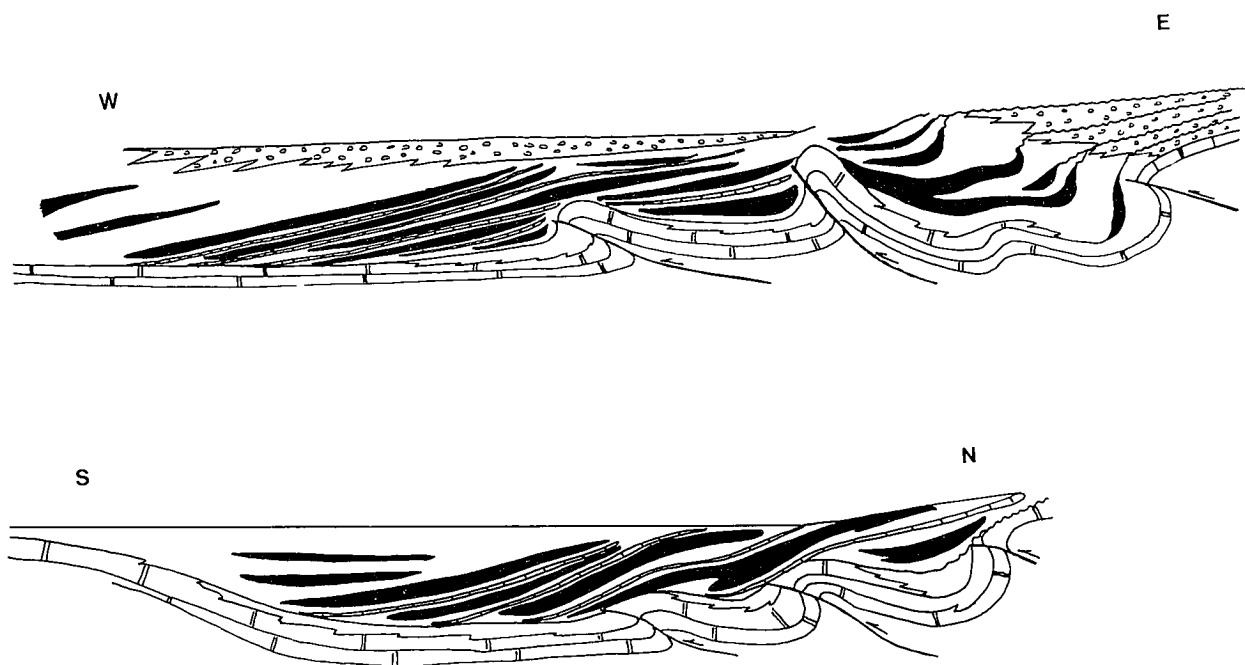


Fig. 6.- Cortes longitudinal y transversal del Eoceno sudpirenaico. Las cuñas en negro corresponden a los sistemas turbidíticos y las capas de calizas que los separan son las megaturbiditas que indican la base de las secuencias deposicionales (Cámara y Klimowitz, 1985, modificado).

Fig. 6.- Longitudinal and transverse sections of the Eocene of the southern Pyrenees. The black wedges correspond to the turbidite systems separated by limestone beds which are the megaturbidites indicating the base of the depositional sequences (Cámara and Klimovitz, 1985, modified).

delimitan por la base y techo a estas unidades.

El límite inferior, o base de esta unidad, coincidirá con la base de una secuencia deposicional. Esta base la constituirán sedimentos peléticos (Mutti, 1985), depósitos residuales como pueden ser facies tractivas (localmente, con *glaucony* originada sobre el sistema tur-

bidítico infrayacente) y mineralizaciones, acumulaciones de cocolitos y/o de cualquier otro elemento pelágico. Además, la variación petrográfica del sedimento, que sea consecuencia de un cambio en la composición petrográfica del área fuente, señalará el paso de una a otra secuencia. Y, finalmente, una de las característi-

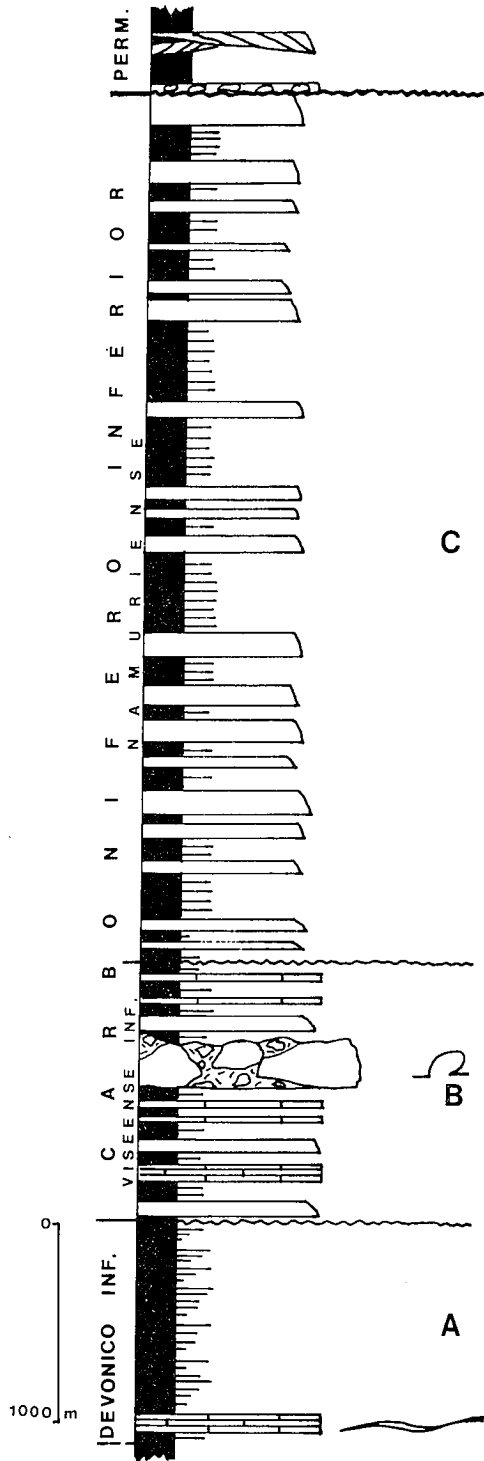


Fig. 7.- Serie estratigráfica del Paleozoico de la isla de Menorca. Complejos turbidíticos del Devónico inferior (A) y del Carbonífero inferior (B, Viséense inferior y C, Namuriense en facies Culm).

Fig. 7.- Stratigraphic column of the Paleozoic of the Isle of Menorca. Turbidite complexes of the Lower Devonian and the Lower Carboniferous (B Lower Viséan and, C Namurian in Culm facies).

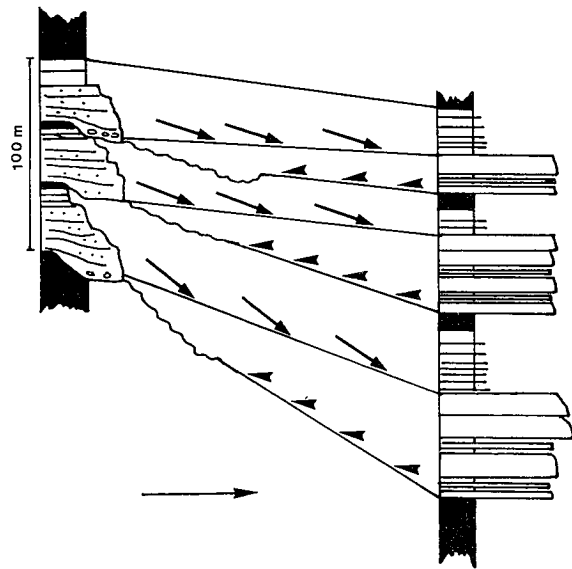


Fig. 8.- Tipos de contactos entre facies de canal y de lóbulo (Mutti, 1985, modificado con Mutti y Normark, 1987). Las flechas largas indican un contacto de *downlap* de las capas de canal sobre los lóbulos. Las flechas cortas señalan el *onlap* de las capas de lóbulos sobre capas finas de relleno de canal. La flecha larga del pie del esquema indica la dirección de distalidad.

Fig. 8.- Types of contacts between channel lobe facies (Mutti, 1985 modified according to Mutti y Normark, 1987). Large arrows indicate downlap. Short arrows indicate onlap. The arrow in the lower part of the figure directs from proximal to distal.

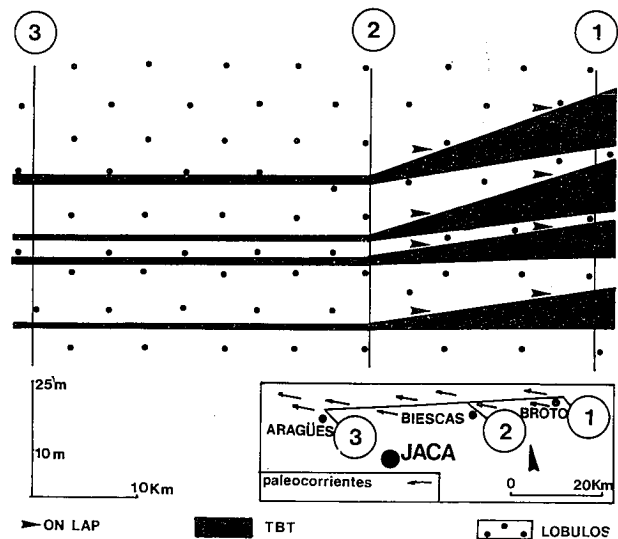


Fig. 9.- Areniscas en ciclos de lóbulos solapando capas de turbiditas delgadas (*thin bed turbidites = TBT*) en el complejo Hecho, sistema Arro-Broto (según Mutti *et al.*, 1985).

Fig. 9.- Sandstones of lobe cycles onlapping on thin-bedded turbidites (*thin bed turbidite = TBT*) in the Hecho Group Complex. Arro-Broto System (after Mutti *et al.*, 1985).

cas más importantes que marcará el cambio de secuencia deposicional será la presencia de megaturbiditas (Rossell, 1988) (fig. 6), es decir, el tramo de serie de turbidi-

tas delimitado por dos megaturbiditas constituye un "sistema turbidítico".

El contacto superior es mucho más difícil de esta-

blecer. Coincide, generalmente, con el momento de posición del nivel del mar más bajo. En este momento se depositan evaporitas (Costa, 1989) y/o facies pelíticas o de *channel levee* ligadas directamente a la plataforma. En algunos casos, raros, al reducirse la lámina de agua (superficie-fondo), el límite inferior lo constituye un grupo de capas con estructuras de tempestitas (laminaciones *hummocky*) que marcan el momento de nivel del mar más bajo, en función de las circunstancias y características de la cuenca.

El límite entre facies turbidíticas de tipo I y las de tipo II (Mutti, 1985 y Mutti y Normark, 1987), es decir, entre las facies calificadas de lóbulos y las canalizadas, es discordante, paraconforme a la escala del afloramiento. Las facies típicas de lóbulos, en la parte proximal y sobre todo en el *channel lobe transition*, hacen *onlap* sobre las facies infrayacentes canalizadas (fig. 8).

### 3.3. Límites en ciclos de facies

Los ciclos de facies establecidos en series turbidíticas clásicas, se consideran hoy en día, un tanto teóricos. Poseen poco fundamento en la observación y estudio de datos de campo. En la actualidad la significación genética de parte de estos ciclos se halla en discusión.

Estos ciclos son fácilmente definibles y observables en series formadas por lóbulos (tipo I)(fig. 9) en los que las superficies limítrofes superiores son de *onlap* sobre facies finas.

En las turbiditas de tipo II, canalizadas, es difícil la observación de la ciclicidad, tanto en los canales como en los materiales de desbordamiento. En los canales deposicionales las capas turbidíticas se disponen en *onlap* sobre los márgenes de los mismos.

## BIBLIOGRAFIA

- Cámara, P. y Klimowitz, J. (1985): Interpretación geodinámica de la vertiente centro-occidental surpirenaica. *Estudios Geol.*, 41: 391-404.
- Costa, J.M. (1989): *Turbidites de Ripoll. Relació amb llurs plataformes*. Tesis Univ. Autònoma de Barcelona (Bellaterra).
- Mutti, E. (1985): Turbidite systems and their relations to depositional sequences. In G.G. Zuffa (Ed.): *Provenance of Arenites*, NATO-ASI Series, Reidel Publishing Company: 65-93.
- Mutti, E. y Normark, W.R. (1987): Comparing examples of modern and ancient turbidite systems: Problems and concepts. In J.K. Legget and G.G. Zuffa (Eds.): *Deep Water Clastic Deposits. Models and Case Histories*. Graham and Trotman, London: 1-38.
- Mutti, E., Seguret, M. y Sgavetti, M. (1988): Sedimentation and Deformation in the Tertiary Sequences of the Southern Pyrenees. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mediterranean Basins Conference*. Nice, Sept. 1988. Field trip 7: 1-157.
- Mutti, E., Remacha, E., Sgavetti, M., Rosell, J., Valloni, R. y Zamorano, M. (1985): Stratigraphy and facies characteristics of the Eocene Hecho Group turbidite systems, south-central Pyrenees, In: M.D. Milá y J. Rosell (Eds.): *Excursion Guidebook of the 6th European Regional Meeting of International Association of Sedimentologists, Lérida*: 521-576.
- Posamentier, H.W., Jervey, M.T. y Vail, P.R. (1988): Eustatic controls on clastic deposition I.- Conceptual framework. In: C.K. Wilgus, B.S. Hastings, C.G.S.C. Kendall, H. Posamentier, C.A. Ross y J.C. van Wagoner: (Es.): *Sea-level Changes - An Integrated Approach*, Soc. Econ. Paleont. Mineral. Spec. Pub. 42: 109-124.
- Posamentier, H.W. y Vail, P.R. (1988): Eustatic controls on clastic deposition II.- Sequence and systems tract models. In: C.K. Wilgus, B.S. Hastings, C.G.S.C. Kendall, H. Posamentier, C.A. Ross y J.V. Wagoner: *Sea-level Changes - An Integrated Approach*, Soc. Econ. Paleont. Mineral. Spec. Pub. 42: 125-154.
- Rosell, J. (1988): Ensayo de síntesis del Eoceno sudpirenaico: el fenómeno turbidítico. *Rev. Soc. Geol. España*, 1: 357-364.
- Vail, P.R., Hardenbol, J. y Todd, R.G. (1984): Jurassic unconformities, chronostratigraphy, and sea level changes from seismic stratigraphy and biostratigraphy. In: J.S. Scheles (Ed.): *Interregional unconformities and hydrocarbon accumulation*. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem. 36: 139-144.

Recibido el 25 de junio de 1989

Aceptado el 15 de septiembre de 1989