

# ENSAYO DE SÍNTESIS DEL EOCENO SUDPIRENAICO: EL FENÓMENO TURBIDÍTICO

J. Rosell (\*)

(\*) Departamento. de Geología. Universidad Autónoma. 08193 Bellaterra (Barcelona).

## RESUMEN

Dentro de la cuenca eocénica sudpirenaica se distinguen tres subcuencas separadas entre sí por las fallas del Segre (subcuenca oriental de la central) y de Pamplona (subcuenca central de la occidental). Se establece un cuadro de correlaciones entre las diferentes unidades estratigráficas definidas en cada una de ellas (secuencias deposicionales y sistemas turbidíticos).

Se define el "fenómeno turbidítico" como la erosión y resedimentación parcial o total de una plataforma, y se enumeran los condicionantes de su origen, evolución en el espacio y tiempo y de su "muerte".

Se propone un ciclo estratigráfico ideal característico de una secuencia deposicional en esta cuenca. Está formado por dos tramos: uno inferior resedimentado —sistema turbidítico— y otro superior de sedimentación primaria —plataforma continental s.l.—. El sistema turbidítico está formado por carbonatos resedimentados —megaturbiditas y turbiditas carbonatadas— en la base y turbiditas siliciclásticas en el resto. La plataforma es doble: una inferior siliciclástica —deltaica s.l.— y otra superior carbonatada.

**Palabras clave:** Eoceno, Pirineo, Turbiditas, Secuencias deposicionales.

## ABSTRACT

Within the Eocene South Pyrenean Basin, three subbasins are recognized. They are separated by the Segre Fault (to the east of the central subbasin) and by the Pamplona Fault (to the west of the central subbasin). The stratigraphic units (depositional sequences and turbidite systems) defined within each of these subbasins are discussed and correlated.

Turbidites are caused by the "turbiditic phenomenon" which is defined as the destruction and partial or complete redeposition of platform deposits. In this article we discuss the conditions controlling the areal and vertical evolution in space and time and the termination of turbiditic deposition.

An idealized stratigraphic cycle (depositional sequence) typical for this type of basin consists of two parts: a lower one which is redeposited —turbidite system— and an upper one of primary sedimentation —continental platform s.l.—. The lower part starts with carbonate turbidites and/or megaturbidites at the base followed by a thicker of siliciclastic turbiditic interval. The platform deposits consist of a lower siliciclastic portion ("deltaic" s.l.) followed and ending with carbonate platform deposits.

**Key words:** Eocene, Pyrenean, Turbiditic, Depositional sequences.

Rosell, J. (1988): Ensayo de síntesis del Eoceno sudpirenaico: El fenómeno turbidítico. *Rev. Soc. Geol. España*, 1: 357-364

Rosell, J. (1988): Tentative synthesis of the Eocene South Pyrenean Basin: The turbiditic phenomenon. *Rev. Soc. Geol. España*, 1, 357-364

## 1. GENERALIDADES

Los sedimentos del Eoceno pirenaico presentan características óptimas de afloramiento para realizar un análisis de cuenca en el cual se establezcan, con claridad, las relaciones existentes entre los depósitos de plataforma y los sistemas turbidíticos.

Reiteradamente el conocimiento de la relación plataforma/turbiditas se considera como una consecuen-

cia del análisis estratigráfico de secciones sísmicas, cuyos resultados han ido adaptándose, con mayor o menor fortuna, a la geología tradicional a la escala de la cuenca. La aplicación de los resultados del análisis sísmico a la geología de superficie está trayendo, como consecuencia, la caracterización y definición de secuencias deposicionales con una abusiva proliferación de nombres en la literatura geológica.

En Ghibaudo *et al.*, (1974), trabajo auténticamen-

te pionero, se establece por vez primera, en base a la geometría de los cuerpos sedimentarios, en un esquema que hoy simularía líneas sísmicas, la relación espacial plataforma/turbiditas, mucho antes de aparecer la primera publicación de sismoestratigrafía que tratara este tema.

El área donde se realizó este estudio se sitúa en el valle del Noguera Ribagorzana en las inmediaciones del pueblo prepirenaico de Areny construido sobre un tramo de areniscas en las que Mey *et al.*, (1968) definieron la Formación Arenisca de Arén. Esta Formación constituye un complicado aparato sedimentológico establecido en el momento de la regresión final del Cretácico superior en el Pirineo. Este aparato consiste en un sistema deltaico dominado por la acción mareal, con la parte proximal en el valle del Segre y con un sentido de progradación de E a W. En un corto lapso de tiempo, esta plataforma deltaica, como consecuencia de bajadas y subidas del nivel del mar, se destruye parcialmente y se regenera tres veces. Cada sistema deltaico se halla delimitado por discordancias fuertemente erosivas. Discordancias del tipo I, en el sentido de Vail *et al.*, (1984), originadas por una fuerte bajada del nivel del mar que comporta una fase erosiva tanto subaérea como submarina. Erosión que afecta a las *plataformas* y cuyos materiales producto de la misma son *resedimentados en áreas más profundas* ("fenómeno turbidítico")

(fig. 1). Los materiales resedimentados (sistema turbidítico) de la Formación Arén constituyen la amplia Formación Vallcarga de Mey *et al.*, (1968).

Este fenómeno, a pesar de calificarse como tal cuando tiene lugar a gran escala y representa la transferencia de un gran volumen de sedimentos, puede darse también a pequeña escala. Así, por ejemplo, en la secuencia alta de la Formación Arén donde el movimiento pulsátil y prolongado del Anticlinal de St. Corneli es la causa principal de pequeñas bajadas relativas del nivel del mar, se origina un considerable número de "secuencias deposicionales", de pequeño desarrollo en extensión y potencia, algunas de las cuales comportan una erosión y resedimentación de parte de la plataforma, dando lugar al "fenómeno turbidítico" (Sgavetti *et al.*, 1984; Rosell *et al.*, 1985; Díaz Molina, 1986).

## 2. INTRODUCCIÓN

En el lapso de tiempo que abarca el Eoceno (de -54 m.a. hasta -36 m.a.) y muy especialmente durante el Eoceno medio (de -49 m.a. a -39 m.a.) tiene lugar en el Pirineo una intensiva actividad geológica marcada por una sedimentación íntimamente ligada a la evolución tectónica de la cuenca.

Los movimientos eustáticos, causantes de subidas

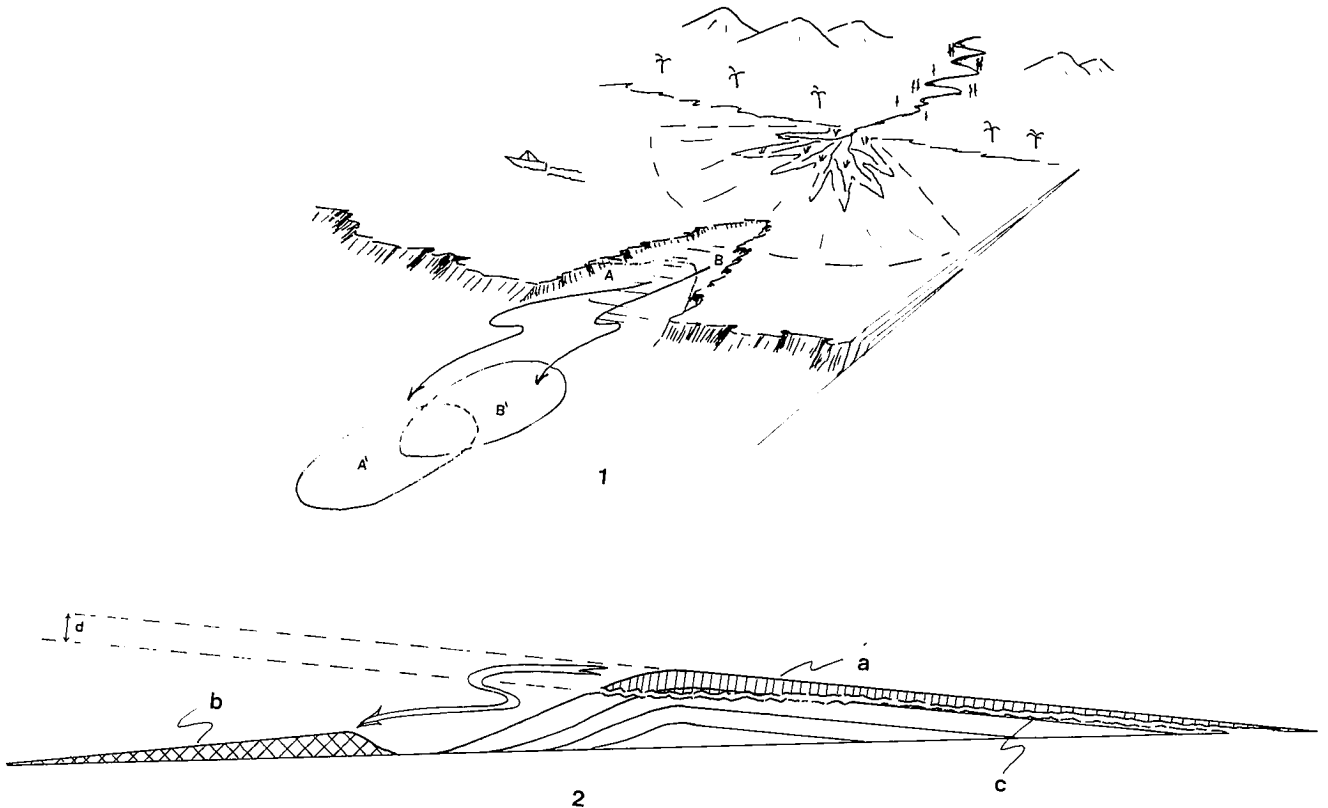


Fig. 1.—"FENÓMENO TURBIDÍTICO": erosión y resedimentación de los materiales de la plataforma. 1) A y B Volumen de sedimentos excavados en las plataformas, y A' y B' idem resedimentados correspondientemente. 2): (Según Mutti, 1985, modificado): a: volumen de plataforma erosionada; b: sistema turbidítico; c: discordancia de tipo I y d: descenso relativo del nivel del mar.

Fig. 1.—"TURBIDITIC PHENOMENON": erosion and re-sedimentation of materials from the platform. 1: A and B are volumes of sediments that were removed from the platform; and respectively, A' & B' are the corresponding re-deposited sediments. 2: (After Mutti, 1985, modified). a: eroded part of the platform, b: turbiditic system, c: relative sea level fall.

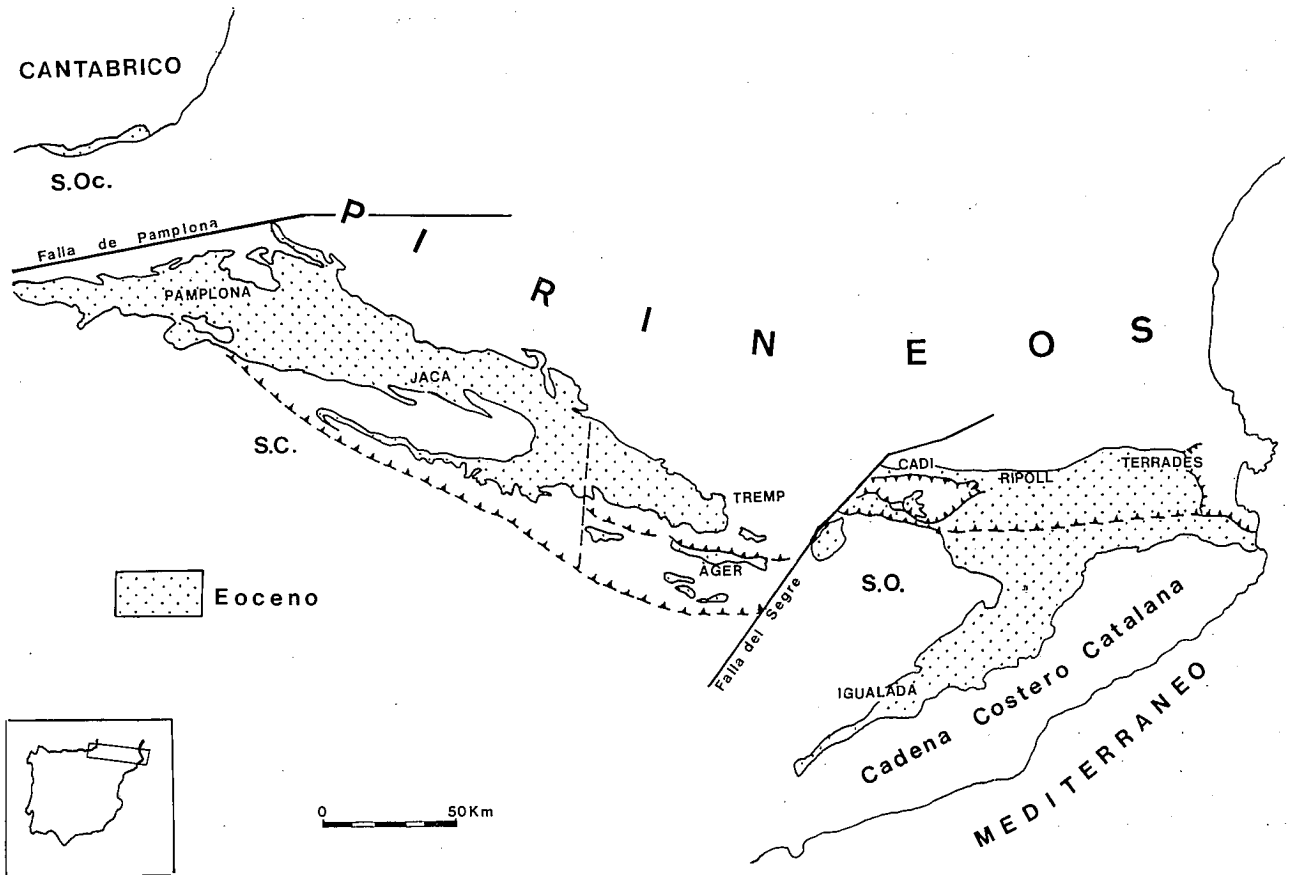


Fig. 2.—MAPA ESQUEMÁTICO DE LA DISTRIBUCIÓN AREAL DEL EOCENO SUDPIRENAICO: S.O.= Subcuenca oriental. S.C.= Subcuenca central. S. Oc.= Subcuenca occidental. Los afloramientos al oeste de la Falla del Segre pertenecen a la cuenca de Áger-Jaca-Pamplona y los situados al este, a la Cuenca de Terrades-Ripoll-Cadí. La Cuenca del Ebro se encuentra al Sur de la última. Los afloramientos al noroeste de la falla de Pamplona pertenecen a la cuenca del País Vasco.

Fig. 2.—SIMPLIFIED MAPS OF EOCENE OUTCROPS IN THE SOUTHERN PYRENEES: S.O.= eastern subbasin, S.C.= Central subbasin, S.Oc= Western subbasin. The outcrops at the west side of the Segre Fault belong to the Áger-Jaca-Pamplona basin (central subbasin = S.c.), and those at the east side to the Terrades-Ripoll-Cadí basin (eastern subbasin = S.O). The Ebro basin is located at the south of the later one. The outcrops of the northwest side of the Pamplona Fault belong to the País Vasco basin. (Western subbasin = S. Oc.)

y bajadas del nivel del mar, condicionan, en su mayor parte, los tipos de plataformas que van desarrollándose a través del tiempo. Los movimientos tectónicos regulan la arquitectura paleogeográfica y, son causa de la parcial o total destrucción y resedimentación de los materiales que forman estas plataformas.

La intensa actividad eustática y tectónica durante este corto lapso de tiempo en el Pirineo, es la causa de que se construyan plataformas, tanto carbonatadas como siliciclásticas (deltaicas), a escala regional, con potencias del orden de un centenar de metros de espesor y a escala local con potencias del orden de una decena de metros. Tanto unas como otras, por erosión y resedimentación, pueden dar lugar a sistemas turbidíticos.

La cuenca eocénica pirenaica corresponde a un surco alineado de E a W donde las facies proximales se sitúan en la parte oriental y las distales (profundas) en la occidental. Este surco se halla dividido en tres partes escalonadas en el espacio en relevo y que, por el juego sinsedimentario de las fallas del Segre y de Pamplona, los afloramientos se alinean, en la actualidad, sensiblemente E-W (fig. 2).

El accidente del Segre, denominado también de Catalunya, es el causante del esporádico confinamiento de la subcuenca más oriental que desde esta falla se extiende hasta el Mediterráneo. Este confinamiento en ciertos momentos es total y esta subcuenca evoluciona de forma aislada. Una síntesis de su evolución tectosedimentaria, ha sido realizada por Puigdefábregas *et al.* (1986).

Entre la falla del Segre y la de Pamplona o de Bitorre, se desarrolla la subcuenca central, la mejor conocida debido mayoritariamente a la labor realizada por Mutti y colaboradores durante más de veinte años de investigación que ha dado como fruto, en muchos aspectos, trabajos de síntesis, especialmente en lo referente a la relación existente entre las plataformas y los sistemas turbidíticos (Mutti *et al.*, 1985 a y b). Los modelos sedimentológicos inspirados en los estudios que se realizan de forma continuada en esta área, gracias a la buena calidad de sus afloramientos, se modifican continuamente.

La subcuenca central, debido al juego de la Falla de Pamplona, presenta temporalmente, de manera si-

E D A D		SUBCUENCA OCCIDENTAL	S U B C U E N C A C E N T R A L		SUBCUENCA ORIENTAL	
O -39,4 o - o w w -49 o - o w w z - 54 m.a.	ROSELL <i>et al.</i> (1985)	MUTTI <i>et al.</i> (1985) Sq	R E M A C H A <i>et al.</i> (1985)			MAESTRO (1985) COSTA (1985) Sq
	St. pelitas de Guetaria y lóbulos de Punta Izarri	AINSA	JACA	Complejo Ainsa - Sta. Olaria sup. - Jaca	Escanilla - Sta. Orosia - Atarés	St. base de Sq. GOMBREN
	St. Jaitzkibel	Sta. LIESTRA CHARO	BANASTON Sta. LIESTRA	Banaston - Lacort Charo 2 - Gerbé - Cotefablo	Grustán Sta. Liestra	ARMÁNCIES
	St. Hondarribia	CASTISENT	CASTISENT - 2	Charo 1 - Arro - Broto	Castisent sup.	CADÍ
	St. Sarrikola		CASTISENT - 1	Fosado - Toria	Castisent inf.	
		MONTAÑANA	MONTAÑANA		Montañana	CORONES
	Sq. S. TELMO Sup.	FIGOLS	LA RÉGOLA	S. Elias	La Règola	SAGNARI
			LA BARONIA		La Baronia	
	Sq. S. TELMO Inf.	ÁGER	ÁGER		Áger	ÁGER

Fig. 3.—Relaciones de edad entre las secuencias deposicionales definidas para cada subcuena del Eoceno pirenaico (P= plataforma, S.t.= sistema turbidítico, Sq= secuencia deposicional).

Fig. 3.—Chronostratigraphic correlation between the different depositional sequences defined for each subbasin within the Eocene South Pyrenean Basin (P= platform, S.t.= turbiditic system, Sq.= depositional sequence).

milar a la subcuena oriental, un cierto confinamiento. En una y otra subcuena, quizás, este confinamiento es el causante de la preservación a la vez de parte de las plataformas y de los sistemas turbidíticos.

La cuenca eocénica del País Vasco, con buenos afloramientos tan solo a lo largo de la línea de costa, es la peor conocida en la literatura geológica. De ella se conocen los sistemas turbidíticos después de los trabajos de Van Vliet (1982) y de Rosell *et al.*, (1985). Se extiende desde la Falla de Pamplona hasta el Arco Vasco en el Cantábrico. Se desconoce actualmente donde se hallan o hallaban situadas las plataformas deltáicas cuya destrucción y resedimentación de los materiales originara las turbidíticas eocénicas del Arco Vasco. Cabe no obstante la posibilidad de que, por tratarse del sector de cuenca más abierto al océano, estas plataformas se hayan destruido casi por completo lo cual, al mismo tiempo, explicaría el considerable desarrollo que poseen algunos de sus sistemas turbidíticos.

A pesar de esta separación espacial, la mayoría de los eventos tecto-sedimentarios quedan registrados en las tres subcuencas. La correlación, tanto de las plataformas deltáicas como de los sistemas turbidíticos, podrá realizarse con mayor o menor exactitud en función de la cantidad y fiabilidad de los criterios utilizados. Un intento de correlación basado en los datos disponibles actualmente se presenta en el cuadro de la fig. 3.

### 3. SERIE ESTRATIGRÁFICA COMPLETA CARACTERÍSTICA DE UNA SECUENCIA DEPOSICIONAL EN EL EOCENO SUDPIRENAICO.

La mayoría de las secuencias deposicionales definidas en el Prepirineo (Mutti *et al.*, 1985b) acaban con el establecimiento de una plataforma carbonatada de características expansivas que alcanza un mayor o menor desarrollo.

El inicio de una nueva secuencia, separada de la infrayacente por una discordancia de tipo II *sensu* Vail *et al.*, (1984), quedará marcada por el cambio entre la sedimentación carbonatada y la siliciclástica de la base de la secuencia subsiguiente.

Si la discordancia es de tipo I el inicio de una nueva secuencia coincidirá con la destrucción y resedimentación de los carbonatos con que finalizaba la secuencia anterior, dando lugar a olistolitos, megaturbiditas, turbiditas calcáreas o a la llamada "hemipelagita" de turbiditas siliciclásticas o carbonato que, procedente de un área fuente distinta, se halla involucrado en la misma suspensión turbulenta que la siliciclástica.\*

La serie estratigráfica se continua con la resedimentación de los productos de erosión de la plataforma deltáica situada inmediatamente por debajo de los carbonatos, dando lugar a las turbiditas siliciclásticas. El área de sedimentación de las turbiditas puede situarse espa-

\* El intervalo de hemipelagita de las turbiditas no es un carácter diagnóstico para turbiditas distales o de *basin plain*. Tan sólo indica la proximidad de un área fuente carbonatada funcionando al unísono que la siliciclástica.

cialmente a una distancia considerable de las plataformas cuya destrucción las origina y cuyos deltas activos siguen alimentándola. Poco a poco, siguiendo el modelo de Mutti (1985), las áreas de erosión y la de resedimentación, en función de un progresivo levantamiento del nivel del mar, irán acercándose, hasta que, finalmente, las turbiditas se hallan en continuidad física con la plataforma siliciclástica (deltáica s.l.) que empieza a construirse de nuevo y de cuya parte frontal derivarán.

En los momentos de nivel del mar alto y de *high-stand* relativos tendrá lugar, unida a la "muerte" de los sistemas fluviales, la regeneración de una plataforma carbonatada. En ciertos momentos, esta fase queda substituída por una intensa sedimentación evaporítica y, en este caso, los primeros materiales resedimentados procederán de la destrucción de esta masa evaporítica.

Cada uno de estos ciclos puede alcanzar espesores variables, de unos pocos centenares a varios miles de metros.

En resumen, pues, cada serie estratigráfica característica de una secuencia deposicional del Eoceno prepirenaico (fig. 4) estará formada: a) en la base, límite de secuencia, por una o varias megaturbiditas y turbiditas carbonatadas coincidentes con el momento de nivel del mar más bajo. b) le siguen las turbiditas siliciclásticas derivadas de la destrucción de la plataforma deltáica infrayacente y de los aportes de los sistemas fluviales rejuvenecidos. c) la plataforma siliciclástica de nuevo regenerada. Y d) en el techo en el momento del nivel del mar más alto, una plataforma carbonatada que, más tarde, con descensos fuertes del nivel del mar, se verá parcial o totalmente destruída para dar lugar a la base de la secuencia subsiguiente.

#### 4. LOS CARBONATOS ILERDIENSES O GRUPO DE ÀGER

Esta individualización en tres subcuencas, tiene lugar ya avanzado el Eoceno inferior, después de sedimentarse la rampa o plataforma carbonatada ilerdiense y en el momento de iniciarse una intensa sedimentación en medios deltáicos con la aportación de una volumetría apreciable de materiales terrígenos a la cuenca. La rampa de calizas (calizas con Alveolinas o "Grupo de Àger") se extiende ininterrumpidamente del Mediterráneo (área proximal) al Cantábrico (área distal), cubriendo, además, un amplio sector de la Depresión del Ebro en su extremo oriental (fig. 5A).

Esta plataforma carbonatada marca ya la tónica general que debía imperar en la sedimentación pirenaica durante el Eoceno. Estos carbonatos constituyen el final de la Secuencia de Àger *sensu Mutti et al.*, (1985 a y b). Esta secuencia deposicional tiene su base en la discordancia (de tipo II) existente en el techo del nivel carbonático intermedio del "Garumniense" (límite Secundario-Terciario en la mayor parte del Pirineo). Está formada pues por una serie de facies rojas, deltáica en sentido amplio, a la que progresivamente se le van intercalando niveles de carbonatos hasta culminar con el establecimiento generalizado de una sedimentación carbonatada.

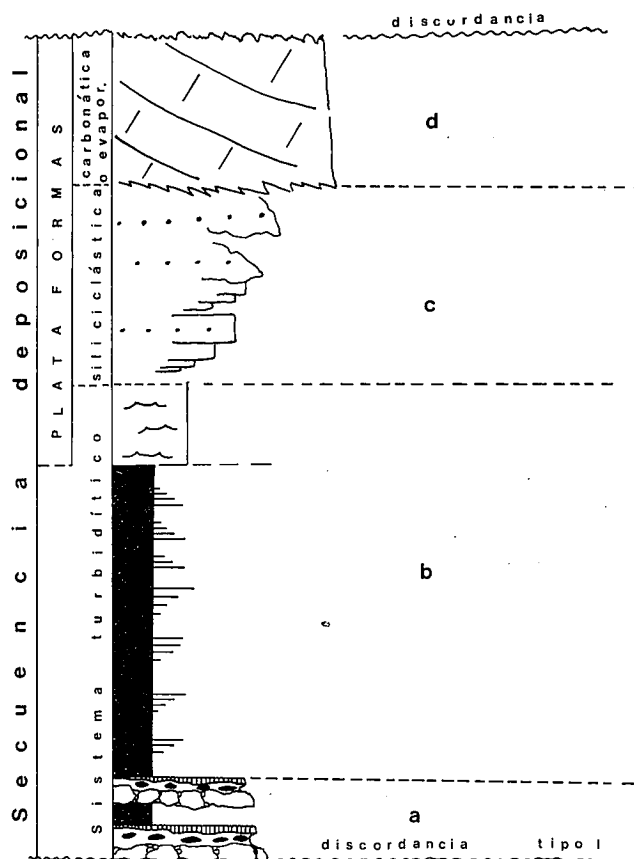


Fig. 4.—Representación de una serie estratigráfica ideal característica de una secuencia deposicional, limitada en la base por una discordancia de tipo I, en sedimentos del Eoceno prepirenaico. Sin escala, aunque su espesor es del orden del millar de metros. a y b): Tramo resedimentado (sistema turbidítico) y turbiditas de tipo III *sensu* Mutti (1985) parte resedimentada ligada a la plataforma. Y c y d): Tramo de sedimentación primaria (plataforma).

Fig. 4.—Idealized stratigraphic cycle (depositional sequence) within the Pyrenean Eocene. The lower boundary is a Type I discordance. No vertical scale is indicated but the thickness of the sequence is about a thousand meters. a and b): Reworked deposits (turbiditic system) and turbidites of type III (after Mutti, 1985) (channel levee facies). c and d): Primary sedimentation (platform).

#### 5. LOS PRIMEROS SISTEMAS DELTÁICOS

Después de la sedimentación de la rampa carbonatada del Grupo de Àger se produce una intensa actividad tectónica, junto a un fuerte descenso del nivel del mar que reactivan las redes fluviales y origina la construcción de edificios deltáicos importantes (fig. 5B). Las áreas fuente de los mismos se sitúan: para la cuenca oriental, en el macizo que existía en la zona ocupada por el actual Golfo de León ("Macizo Corso-sardocatalán"), para la central en la Depresión del Ebro (en el "Macizo del Ebro" heredado del Cretácico superior), y, quizás, algo en la Cordillera Ibérica y, para la occidental, es desconocida.

Los deltas se hallan dominados por la acción mareal. En unos casos macromareal y en otros meso y micromareal quedando en estos últimos señales del influjo fluvial. Ello es una consecuencia de la paleogeografía del momento: una cuenca estrecha, abierta tan sólo hacia el W, dificultando el desarrollo de oleaje impor-

tante y por contra acentuando el rango mareal.

La destrucción de estos primeros deltas (Secuencia de Fígols y Grupo de Montaña *sensu* Fannesu, 1984 y Mutti *et al.*, 1972, respectivamente, y Secuencias de Sagnari y de Coronas *sensu* Maestro, 1985 y Costa, (1985) con la consiguiente resedimentación de los materiales, dará origen a las primeras series turbidíticas que son de pequeño desarrollo, afloramientos parcos, y poco conocidas. Los movimientos de bajada y subida del nivel del mar comportan tan solo una erosión subaérea. A pequeña escala, dentro de una misma secuencia, estos movimientos son muy frecuentes, lo que se traduce en la serie estratigráfica en una multitud de pequeñas plataformas carbonáticas y siliciclásticas alternantes (Fannesu, 1984), limitadas por superficies discordantes a veces poco visibles.

Es a finales del Eoceno inferior (Secuencia de Castisent *sensu* Remacha *et al.*, 1986) en que los aparatos deltáicos alcanzan dimensiones mayores, al mismo tiempo que tanto las paleocorrientes como su composición petrográfica revelan ya una cierta influencia del área fuente pirenaica.

A excepción de la cuenca más oriental en que las discordancias extrañamente son de tipo II cuya explicación habría que buscarla en su confinamiento (Secuencia de Cadí *sensu* Maestro, 1985 y Costa, 1985) en las subcuencas central y occidental son de tipo I lo cual implica erosión subaérea y submarina; es decir, se excavaban verdaderos "cañones", con una volumetría considerable de material resedimentado, dando lugar a sistemas turbidíticos (se inicia la sedimentación del Grupo de Hecho —Mutti *et al.*, 1972—). Las discordancias limítrofes de estas secuencias (Castisent 1 y Castisent 2) se correlacionan con las poco conocidas turbiditas de Torla y las de Broto. Y, finalmente en la cuenca occidental, al mismo tiempo, se depositaron los sistemas turbidíticos de Sarikola y Hondarribia.

Un ascenso del nivel del mar generalizado ocurrido al final del Eoceno inferior acaba con la sedimentación deltáica, dando paso a la construcción de una plataforma carbonática. Esta plataforma crece en forma de arco, circundando el área más profunda, donde irán a parar las turbiditas derivadas de la destrucción de estos carbonatos. Esta plataforma aflora muy discontinuamente a lo largo de toda el área: la tectónica por un lado y la erosión y resedimentación en forma generalmente de megaturbiditas, por el otro, con la causa de su poca potencia y extensión *in situ* y de la poca importancia, que a lo largo del Pirineo, se ha dado a este momento de su evolución sedimentaria. En la cuenca central (Tresp-Pamplona) han recibido el nombre de Calizas de Guara, término actualmente ambiguo, ya que, la serie estratigráfica de la Sierra de Guara, está formada por varias secuencias deposicionales (Cámara y Klimowitz, 1985). Su parcial destrucción ha dado lugar a las megaturbiditas del Grupo de Hecho. En la cuenca oriental corresponden a las calizas denominadas por Maestro (1985) y Costa (1985) como Plataforma del Cadí. Esta plataforma se halla parcialmente destruida y resedimentada dando lugar junto a la erosión y resedimentación de parte de la plataforma carbona-

tada del Grupo Àger, a las megaturbiditas de la Formación Armàncies (Gich, 1969).

Tras la etapa de relativa calma marcada por la sedimentación de un tramo de las Calizas de Guara (s. str.), se produce un brusco cambio paleogeográfico originado por la fase principal de levantamiento del Pirineo. A la parte profunda de la Cuenca van a parar los primeros olistolitos de calizas, megaturbiditas y turbiditas carbonatadas.

Este cambio dará origen a un nuevo tipo de cuenca (Puigdefàbregas y Souquet, 1986). En ella se producirá un cambio en el agente que domina los deltas; de las mareas primero y, mareas y fluvial después, se pasará a un claro dominio por la acción del oleaje. Los deltas, que construyen las plataformas siliciclásticas, son, sobre todo, de tipo torrencial (fan deltas) cuyos canales poseen facies de ríos trenzados y cuya parte frontal es retrabajada por el oleaje. La procedencia de los materiales (áreas fuente) del S y SE (Macizo del Ebro) va cambiando al N (del Pirineo que se está levantando).

## 6. EL GRUPO HECHO Y LOS SISTEMAS DELTÁICOS DE LOS CUALES PROCEDE.

Esta etapa viene caracterizada por una sucesión de secuencias deposicionales limitadas entre sí por discordancias de tipo I, es decir, que comportan una erosión subaérea y submarina.

En el área de plataforma (subcuencas oriental y central) cada una de ellas termina en un momento de *highstand* con la construcción de una plataforma carbonatada más o menos desarrollada. Esta plataforma es la primera en resedimentarse en forma de una megaturbidita de dimensiones considerables, marcando el inicio de una nueva secuencia. (fig. 4).

En la cuenca oriental la destrucción y resedimentación de las plataformas siliciclásticas da lugar a los sistemas de turbiditas conocidos en conjunto como las "turbiditas de Ripoll" o Formación Campdevàrol (Gich, 1969). La caracterización de los diferentes sistemas turbidíticos que la constituyen y su relación con las correspondientes plataformas, situadas más al E, se halla en la actualidad en vías de estudio (Costa, en preparación).

En la subcuenca central la sedimentación eocénica está supeditada en primer lugar, a una disposición paleogeográfica impuesta por el Anticlinal de Mediano y el Manto del Cotiella que confinan y condicionan la geometría de los aparatos deltáicos desarrollados al E de los mismos. En segundo lugar, por el juego intermitente de una falla de zócalo de dirección NW-SE, sobre la cual van colocándose los diferentes cañones submarinos (Fosado, Charo-1, Charo-2 y Formigales) o grandes *scours* cuyos productos de erosión van a resedimentarse más al N y NW dando lugar a la parte más importante del Grupo de Hecho (fig. 5C). La caracterización, descripción y establecimiento de las relaciones entre las plataformas deltáicas y los sistemas turbidíticos puede hallarse en Mutti (1985), Mutti *et al.*, (1985 a y b), y Cámara y Klimowitz (1985).

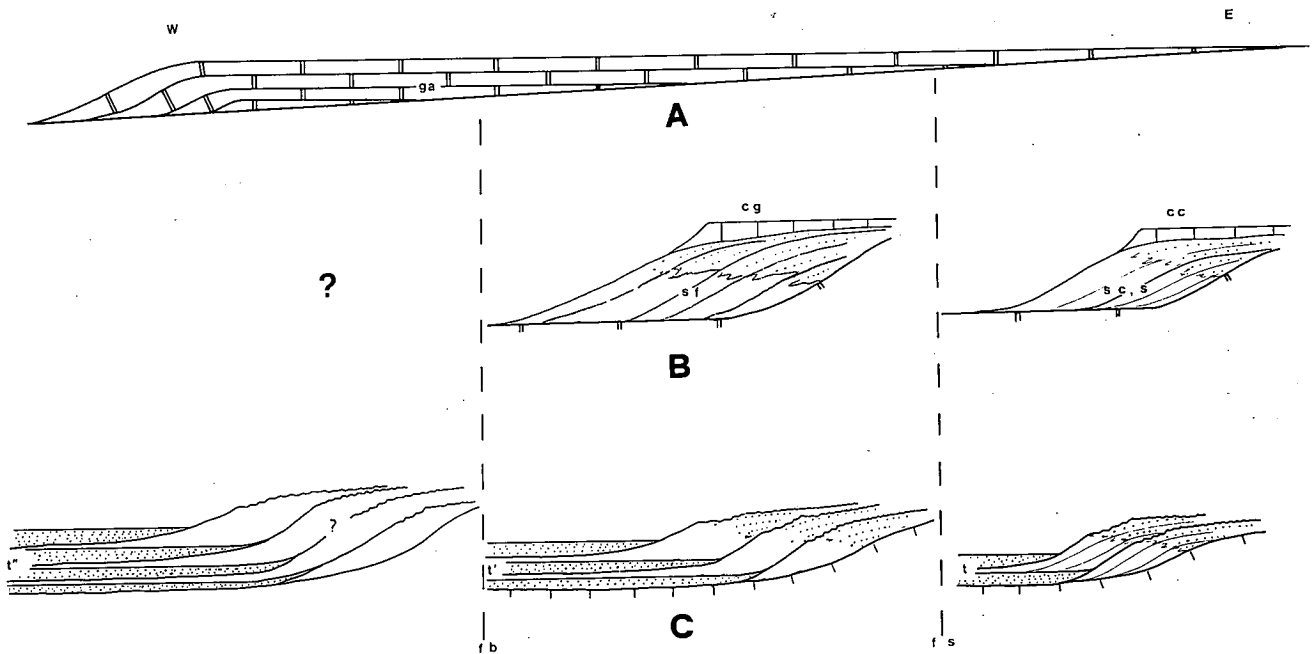


Fig. 5.—EVOLUCIÓN SEDIMENTOLÓGICA E-W DEL EOCENO INFERIOR Y MEDIO SUDPIRENAICO. A: *Rampa carbonatada* (Grupo de Ager -ga-). B: *Plataformas siliciclásticas* (oriental: Secuencias de Sagnari y de Coronas -s-c,s- *sensu* Maestro, 1985 y Costa, 1985; central: Secuencia de Figsols -sf- *sensu* Fonnesu, 1984; occidental: desconocida) y *plataforma carbonatada* (oriental: Secuencia del Cadí -cc- *sensu* Maestro, *op. cit.* y Costa, *op. cit.*; central: calizas de Guara -cg- de Puigdefábregas, 1975; occidental: desconocida). C: *Relación plataformas siliciclásticas y sistemas turbidíticos* (oriental: Formación Terrades y la suprayacente atribuida a la Formación Bellmunt de Pallí, 1972 y las turbiditas de Ripoll -t- *sensu lato* de Rosell y Gich, 1971; central: secuencias deltáicas de Montañana, Castissent y Santa Liestra y sistemas turbidíticos del Grupo de Hecho -t'- *sensu* Mutti *et al.*, 1985a; occidental: plataformas deltáicas -?- no conocidas y sistema turbidítico del Eoceno de Guipúzcoa -t''-, de Rosell *et al.*, (1985a). Fs: Falla del Segre. fb: Falla de Pamplona. fb:

Fig. 5.—SEDIMENTOLOGICAL EVOLUTION OF THE LOWER AND MIDDLE SOUTH PYRENEAN EOCENE. A: *Carbonate ramp* (Ager Group -ga-). B: *Siliciclastic platforms* (East: Sagnari and Coronas Sequences -sc, s-, *sensu* Maestro, 1985 y Costa, 1985; Central: Figsols Sequence -sf- *sensu* Fonnesu, 1984; West: unknown) and *carbonate platforms* (East: Cadí Sequence -cc- *sensu* Maestro *op. cit.*, and Costa *op. cit.*; Central: Guara Limestone -cg- after Puigdefábregas, 1975; West: unknown). C: *Relation among siliciclastic platforms and turbiditic systems* (East: Terrades and Bellmunt Formations *sensu* Pallí, 1972 and Ripoll turbidities -t- *sensu* Rosell y Gich, 1971; Central: Montañana, Castissent and Santa Liestra deltaic sequences and the Hecho Group turbiditic systems -t'-, *sensu* Mutti *et al.*, 1985a; West: Unknown platforms -?- and Guipúzcoa Eocene turbiditic system *sensu* Rosell *et al.*, 1985a). fs: Segre Fault, fb: Pamplona Fault.

En la cuenca occidental, se depositan los sistemas turbidíticos que han recibido el nombre de "turbiditas terciarias de Guipúzcoa" por Rosell *et al.*, (1985). Los límites de secuencia, por desconocerse las plataformas de las cuales derivan los sistemas turbidíticos, con contactos en su totalidad paraconformes, son difíciles de establecer. La posición de los límites se basa en: cambios bruscos de facies, de composición petrográfica, acumulaciones de cocolitos, *hardgrounds*, facies tractivas B<sub>2</sub> y E con dunas y *ripples* construídos en su casi totalidad por granos de glauconita, etc.

## 7. FINAL DE LA SEDIMENTACIÓN MARINA

El final de la cuenca marina sudpirenaica durante el Eoceno tiene lugar en general de E a W y de N a S dando paso a la sedimentación continental (molásica) de facies conglomerática en el borde S del Pirineo, pasando a facies finas y a evaporíticas hacia el interior de la cuenca (parte central de la Depresión del Ebro).

En la cuenca oriental los deltas y sus correspondientes sistemas turbidíticos finalizan por ser cabalga-

dos por el manto del Pedraforca que desplaza el área de sedimentación hacia el S, al mismo tiempo que origina un cambio total en el dispositivo sedimentológico.

En la cuenca central, la sedimentación turbidítica se prolonga en el tiempo hasta el Eoceno superior, al mismo tiempo que va desplazándose progresivamente hacia el W (Secuencia de Jaca de Remacha *et al.*, 1986) acabando con el confinamiento total de la cuenca y la sedimentación de abundantes masas de evaporitas, y, en último término, dando paso a una sedimentación continental (Puigdefábregas, 1975).

En la cuenca eocénica del País Vasco debe ocurrir algo similar, a juzgar por el desarrollo de las series turbidíticas que alcanzan edades aún más recientes (*off-shore* cántabro), a pesar de no conocerse las plataformas deltáicas donde previamente se sedimentaron los materiales.

## 8. CONCLUSIONES

La serie estratigráfica ideal, que caracteriza una secuencia deposicional del Eoceno sudpirenaico está for-

mada: a) por una parte inferior resedimentada que se inicia con megaturbiditas, y/o turbiditas calcáreas y que se continúa con turbiditas siliciclásticas, y b) por una parte superior con sedimentación "primaria" que se inicia con una plat. forma deltáica s.l. siliciclástica seguida por una plataforma carbonatada. En la cuenca oriental, lateralmente, la plataforma final puede ser evaporítica y, por ello, la base de la secuencia puede estar formada por evaporitas resedimentadas.

Las bajadas del nivel del mar, velocidad de subsidencia, el momento tectónico, el área fuente (disponibilidad de tamaños granulométricos, mayor o menor compactación de los sedimentos y tasas elevadas de sedimentación) y la paleogeografía, son los condicionantes principales del "fenómeno turbidítico": erosión,

## BIBLIOGRAFÍA

- Cámara, P. y Klimowitz, J. (1985): Interpretación geodinámica de la vertiente centro-occidental surpirenaica. *Estudios Geol.*, 41, 391-404.
- Costa, J.M.<sup>a</sup> (1985): *Estratigrafía física i facies del Paleocè Prepirinenc entre els rius Grèixer i Arija*. Tesis Licenciatura, Univ. Autòn. de Barcelona.
- Díaz Molina, M. (1987): Sedimentación sintectónica asociada a una subida relativa del nivel del mar durante el Cretácico superior (Fm. Tremp. Prov. de Lérida). *Estudios Geol.* vol. extr. Galve-Tremp, 69-93.
- Fonnesu, F. (1984): *Estratigrafía física y análisis de facies de la secuencia de Figols entre el río Noguera Pallaresa e Iscles (provs. de Lérida y Huesca)*. Tesis Univ. Auton. de Barcelona.
- Ghibaudo, G., Mutti, E. y Rosell, J. (1974): Le spiagge fossili delle Arenaria di Arén (Cretácico superiore) nella Valle Noguera Ribagorzana (Pirinei Centro meridionali, Province di Lérida e Huesca, Spagna). *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 13: 497-537.
- Gich, M. (1969): Las unidades litoestratigráficas del Eoceno Prepirenaico del Ripollés oriental. *Acta Geol. Hisp.*, 4: 5-8.
- Maestro, E. (1985): *Estratigrafía física i facies del Paleogè de la Unitat Cadí-Ripoll entre els rius Segre i Grèixer*. Tesis Licenciatura, Univ. Autòn. de Barcelona.
- Mey, P.H.W., Nagtegaal, P.J.C., Roberti, K.J. y Hartevelt, J.J.A. (1968): Lithostratigraphic subdivision of post-hercynian deposits in the south-central Pyrenees, Spain. *Leidse Geol. Meded.*, 41: 221-228.
- Mutti, E. (1985): Turbidite systems and their relations to depositional sequences. In: *Reading: provenance from arenites; Proceeding NATO-ASI Meeting, Cetraro-Cosenza, Italy*. (G.G. Zuffa, Ed.) Reidel Publ. Co., Dordrecht, The Netherlands. 65-93
- Mutti, E. (1985): Turbidite systems and their relations to depositional sequences. In: *Provenance from arenites; Proceeding NATO-ASI Meeting, Cetraro-Cosenza, Italy*. (G.G. Zuffa, Ed.) Reidel Publ. Co., Dordrecht, The Netherlands. 65-93
- Mutti, E., Remacha, E., Sgavetti, M., Rosell, J., Vallóni, R. y Zamorano, M. (1985a): Stratigraphy and facies characteristics of the Eocene Hecho Group turbidite systems, south-central Pyrenees. *Excursion Guide-Book, 6th Europ. Reg. Mtg. Sedim.* I.A.S. Lleida, Spain, 519-576.
- Mutti, E., Scavetti, M. y Remacha, E. (1985b): Le relazione tra piattaforma deltizie e sistemi turbiditici nel Bacino Eocenico Sud-Pirenaico di Tremp-Pamplona. *Giornale di Geol.*, (3), 46: 3-32.
- transporte por flujos gravitativos y resedimentación.
- El "fenómeno turbidítico" tal cual se ha definido en este trabajo, es debido a una causa global y, por lo tanto, constituye un criterio de correlación no sólo válido para las distintas partes de una misma cuenca sino para establecer equivalencias temporales intracuenas.
- La "muerte" de un sistema turbidítico se origina, pues, por la falta de sedimentos, el ascenso del nivel del mar, y por una estabilización tectónica. Cada uno de estos factores influirá en mayor o menor porcentaje.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado dentro del proyecto n.º 1006 de la CAICYT.

- Palli, L. (1972): Estratigrafía del Paleógeno del Empordà y zonas limítrofes. *Publ. Geol. Univ. Autòn. Barcelona*, 338 p.
- Puigdefábregas, C. (1975): La sedimentación molásica en la cuenca de Jaca. *Pirineos*, 104: 1-188.
- Puigdefábregas, C., Muñoz, J.A. y Marzo, M. (1986): Thrust belt development in the eastern Pyrenees and related depositional sequences in the southern foreland basin. *Spec. Publs. Int. Ass. Sediment.*, 8: 229-246.
- Puigdefábregas, C. y Souquet, P. (1986): Tecto-sedimentary cycles and depositional sequence of the Mesozoic and Tertiary from the Pyrenees. *Tectonophysics*, 129: 173-203.
- Remacha, E., Arbues, P. y Carreras, M. (1987): Precisiones sobre los límites de la secuencia deposicional de Jaca. Evolución de las facies desde la base hasta el techo de la Arenisca Sabiñánigo. *Bol. Geol. Min.*, 98: 40-48.
- Remacha, E., Rosell, J. y Zamorano, M. (1986): Aspectos estratigráficos y paleogeográficos del Eoceno inferior y medio en el Prepirenaico central. *Res. Com. XI Congr. Esp. Sedim.*, p. 144.
- Rosell, J. y Gich, M. (1971): Nota preliminar sobre las turbiditas eocenas de los alrededores de Ripoll (Prov. Gerona). *Acta Geol. Hisp.*, 6: 33-35.
- Rosell, J., Remacha, E., Zamorano, M. y Gabaldón, V. (1985a): Stratigraphy and facies of the Eocene turbidite systems in the San Sebastián area (Donostia, Euskadi, Spain). *Poster*, in: *6th Europ. Reg. Mtg. Sedimen.* I.A.S., Lleida, Spain, 1985.
- Rosell, J., Remacha, E., Zamorano, M. y Gabaldón, V. (1985b): Serie turbidítica del Cretácico Superior del País Vasco. *Bol. Geol. Min.* 96: 361-366.
- Sgavetti, M., Mutti, E.; Rosell, J. y Legarreta, J. (1984): Tectonically controlled depositional sequences in the Upper Cretaceous Aren Sandstones, South Central Pyrenees. *6th Europ. Reg. Mtg. Sedimen.* I.A.S., Marsella 406-407.
- 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.
- Van Vliet, A. (1982): *Submarine fans and associated deposits in the Lower Tertiary of Guipúzcoa (Northern Spain)*. Tesis, Univ. Utrecht.

Recibido el 25 de octubre 1987  
Aceptado el 15 de febrero 1988