

## Sistemas deltaicos holocenos de los ríos Llobregat, Besós y Foix: modelos evolutivos transgresivos

A. CHECA, J.I. DÍAZ, M. FARRÁN y A. MALDONADO

Instituto de Ciencias del Mar. C.I.S.C. Paseo Nacional s/n. 08003 Barcelona.

### RESUMEN

El estudio de perfiles sísmicos de alta y media resolución permite diferenciar varios sistemas deltaicos holocenos situados en la plataforma continental catalana y edificados por los ríos Llobregat, Besós y Foix. El sistema deltaico actual está representado por facies prodeltaicas, estando solapadas las de los ríos Llobregat y Besós. Su principal característica es la de presentar en el prodelta proximal facies sísmicas opacas, con apantallamientos acústicos debidos a la presencia de gas y materia orgánica en el sedimento. El prodelta del Río Foix está separado de los dos anteriores y no presenta facies sísmicas opacas.

El sistema deltaico holoceno relicto se individualiza del actual por una discordancia erosiva. Está caracterizado por presentar facies prodeltaicas, de llanura y frente deltaico. Sus mayores depocentros pertenecen al Río Llobregat y están desplazados 30 Km hacia el SW en relación al delta actual, llegando a estar sus materiales interdigitados con los relictos del Río Foix. Los materiales deltaicos relictos del Río Besós apenas están desarrollados, a causa de la existencia de una unidad inferior que presenta un alto en esta zona. El inicio de la transgresión Versiliense está marcado por el abandono de un delta marginal situado al NE del sistema de cañones del Llobregat.

Se propone un modelo en el que la edificación de los cuerpos deltaicos se atribuye a los periodos de estabilización existentes durante la transgresión Versiliense. Los deltas relictos han sido preservados de la erosión a causa de la alta velocidad relativa de ascenso del nivel eustático y la paleobatimetría de dichas unidades.

**Palabras clave:** Plataforma Continental Catalana. Sistema deltaico. Transgresión versiliense. Facies sísmicas.

### ABSTRACT

Two different deltaic Holocene systems have been identified in the Catalan Continental Shelf (Northwestern Mediterranean Sea), by high and medium resolution seismic profiles. These systems are built by Llobregat, Besos and Foix rivers. Recent deltaic system is represented by overlapping prodeltaic facies from the Llobregat and Besos rivers. Proximal prodelta is characterized by opaque seismic facies with acoustic maskings due to the presence of gas and organic matter within the sediment. Foix prodelta is isolated and does not show opaque seismic facies.

The relict deltaic Holocene system is individualized by erosive discordances. It is characterized by the presence of prodeltaic facies as well as delta front and delta plain facies. The main depocenters were developed by the Llobregat River. These depocenters are displaced 30 km southward from the actual mouth of it. The sediments deposited by the Llobregat River interfingers with relict materials from the Foix River. Deltaic deposits from the Besos River are not well developed due to the prevailing oceanographic regime and the presence of a topographic high. An abandoned shelf margin delta marks the beginning of Versilian transgression.

A growth model for the deltaic bodies during intra-transgressive stabilizations is proposed. Relict deltaic system has been preserved from erosion by the high rate of the sea level rise and the paleobathymetry of this system.

**Key words:** Catalan Continental Shelf. Deltaic System. Versilian Transgression. Seismic Facies.

### INTRODUCCIÓN

La plataforma continental catalana, entre Badalona y Torredembarra (Figura 1), se caracteriza por ser estrecha y estar afectada por una corriente general dirigida hacia el SW debida al giro ciclónico de la corriente Liguro-Provenzal en el Mediterráneo noroccidental (Hopkins, 1985). La corriente general de dirección SW es de naturaleza termohalina (Hopkins, 1985; Font, 1986). Este régimen general puede sufrir modificaciones causadas por variaciones en la fisiografía, amplitud de la plataforma o dirección de los vientos. Estos dos aspectos condicionan el transporte y distribución de los sedimentos y las direcciones de acreción de la plataforma continental durante la transgresión Versiliense (IGME, 1986; 1989).

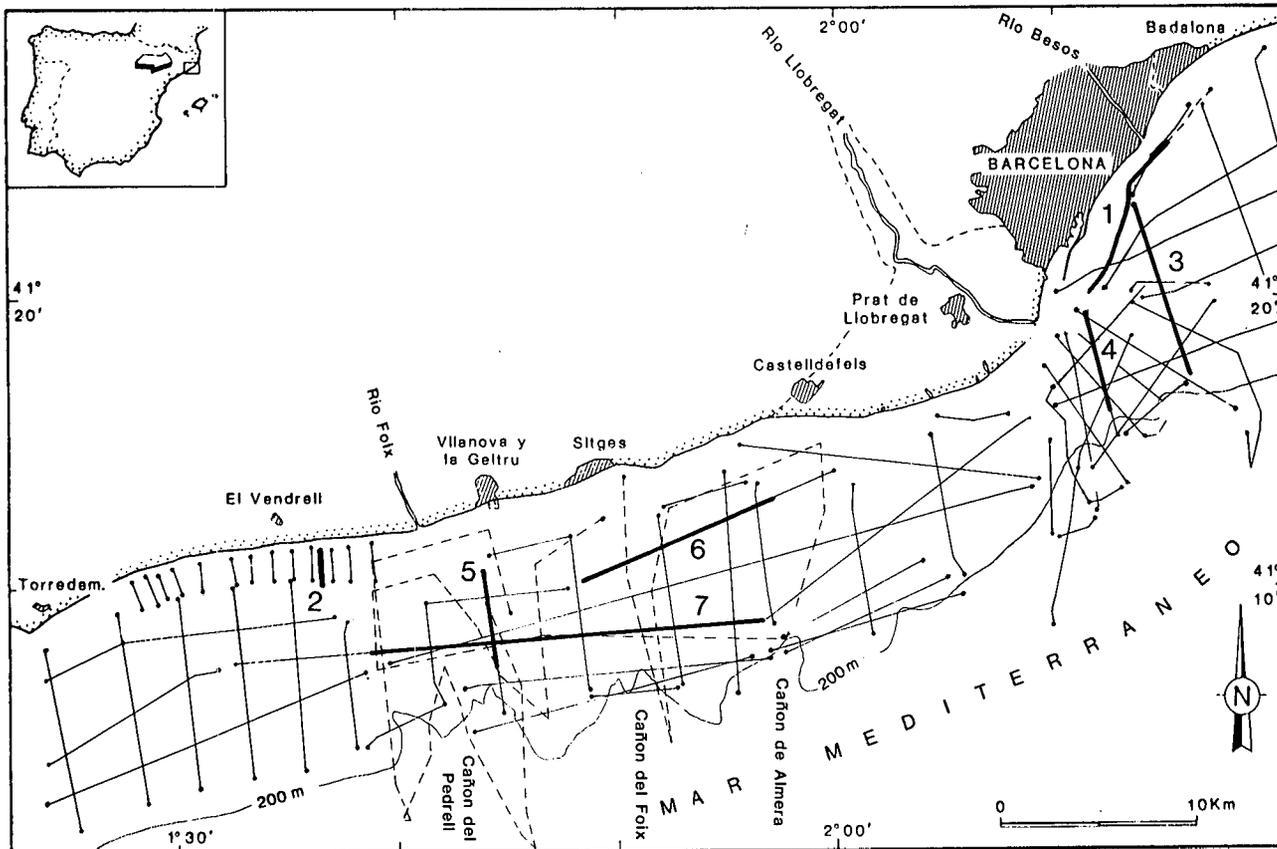


Figura 1.- Situación de los perfiles sísmicos y localización de los perfiles representados en las figuras 3, 4, 7 y B.

Figure 1.- Coverage of geophysical surveys in the Catalan Continental Shelf and locations of seismic-reflection profiles illustrated in Figs. 3, 4, 7 and 8.

El sector de la plataforma continental analizado es poco uniforme tanto en anchura como en la profundidad del borde de la plataforma continental. La anchura varía entre 8 km frente a la desembocadura del Llobregat, y 16 km en la zona de El Vendrell. La profundidad del límite externo de la plataforma es mayor en la zona de la actual desembocadura del Río Llobregat, 90-95 m, disminuyendo hacia el NE a 70-80 m y hacia el SW a 75-85 m. Las pendientes asociadas varían de forma similar, altas para el sector del Llobregat, 0.7-0.5°, y menores para los extremos, 0.5-0.3°. Existen dos sistemas de cañones bien diferenciados: Foix, Pedruell y Almera en el sector meridional y el sistema de cañones del Llobregat en el sector septentrional (Alonso *et al.*, 1984).

La fase inicial de excavación de ambos sistemas corresponde a la etapa regresiva generalizada del Plioceno superior-Cuaternario inferior, y se diferencian por el tipo y cantidad de aportes recibidos, así como por los espesores de los materiales en los que se encajan.

Los espesores de materiales terciarios son muy variables a causa de la existencia de una fosa terciaria de hasta 6000 m de espesor en la zona del Río Llobregat (IGME, 1986). Esta fosa probablemente origina variaciones de subsidencia que influyen en la desigual profundidad del límite externo de la plataforma.

## METODOLOGÍA

Para la elaboración de este trabajo se han utilizado perfiles sísmicos de alta y media resolución obtenidos en cinco campañas geofísicas realizadas entre 1982 y 1986 (Figura 1). Sus características están indicadas en la Tabla 1.

Para la definición de los diferentes parámetros que configuran las facies sísmicas se emplea la terminología definida por Vail *et al.* (1977), y Brown y Fisher (1980). Debido a que no existen mediciones en este sector de la velocidad del sonido en los sedimentos se ex-

presan los espesores en milisegundos (tiempo doble, td). Se utilizan datos en metros (m) para indicar la batimetría y profundidad del techo de las unidades aflorantes (velocidad del sonido en el agua 1490 m/s). Una vez identificadas las principales unidades sísmicas se

han realizado mapas de isopacas y paleobatimétricos de cada una de ellas.

TABLA 1.- Información general relacionada con las campañas geofísicas realizadas en el área de estudio.

TABLE 1.- General information related with the geophysical surveys carried out in the study area.

Campaña	Instrumentación	Posicionamiento	Distancia recorrida (km)
CO-82-1	SURFBOOM 1000J	SYLEDIS	570
GC-83-2	3.5 kHz	RADAR, SATELITE Y LORAN C.	190
GC-84-6	3.5 kHz	RADAR, SATELITE Y LORAN C.	45
GC-85-5	GEOPULSE 350J	MAXIRAN	171
SAN TELMO 86	GEOPULSE 105J	TRISPONSER	112

## PRODELTAIS HOLOCENOS ACTUALES

Los ríos Llobregat, Besós y Foix presentan sistemas prodeltaicos submarinos en distintos grados de desarrollo. Su evolución ha sido controlada durante el Holoceno por el juego de cinco factores principales: (1) encuadre geológico y subsidencia; (2) fisiografía de la plataforma; (3) aportes sedimentarios; (4) parámetros oceanográficos y (5) fluctuaciones climático-eustáticas.

La distribución de las unidades prodeltaicas actuales en la plataforma se representa en la Figura 2. Su análisis está dificultado por la existencia, en la zona proximal, de facies sísmicas opacas con apantallamientos acústicos causados por el alto contenido en materia orgánica y gas metano en los sedimentos (Ballester *et al.*, 1981). Estas facies están muy desarrolladas en los prodeltas de los ríos Llobregat y Besós (Figura 2, línea A) y no existen en el prodelta del Río Foix.

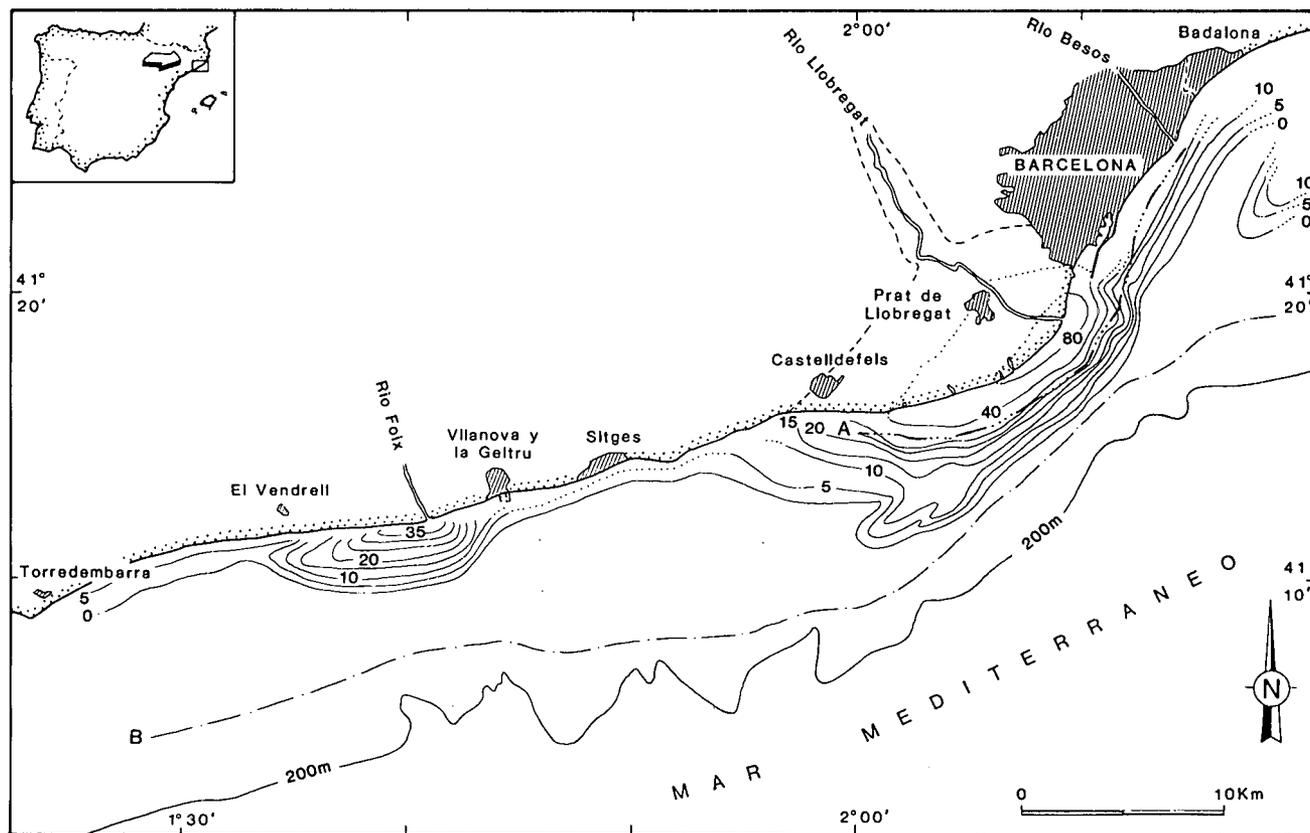


Figura 2.- Isopacas (en ms, td) del sistema deltaico actual (H3). A: limite de las facies sísmicas opacas. B: limite externo actual de la plataforma.

Figure 2.- Isopach map (in ms two-way travel time) of Actual Deltaic System (H3). A: opaque seismic facies limit. B: Shelf break.

### **Prodelta actual del Río Besós**

La facies prodeltaicas actuales del Río Besós poseen una extensión de 45 km<sup>2</sup> (Figura 2). Pasan lateralmente hacia el NE a facies litorales relictas y hacia el SW a las facies prodeltaicas del Río Llobregat de las que no se pueden diferenciar por poseer ambas la misma respuesta sísmica (Figura 3, Perfil 1). La corriente general del dirección SW transporta y deposita sus materiales más finos con los del prodelta del Río Llobregat.

La unidad prodeltaica presenta una geometría típica en cuña, con facies sísmicas progradacionales divergentes, de amplitud y continuidad baja a moderada.

### **Prodelta actual del Río Llobregat**

Las facies prodeltaicas del Río Llobregat poseen una extensión de 165 km<sup>2</sup> y se indentan hacia el NE con los materiales prodeltaicos del Río Besós y hacia el SW con materiales litorales actuales, cerca de la población de Sitges. Su gran extensión es debida al juego de tres factores: (1) alta descarga (399 Hm/año), en relación a los ríos Besós (120 Hm / año) y Foix (20 Hm/año), (Institut Cartografic de Catalunya, 1983. Datos desde 1920); (2) corriente general de dirección SW, y (3) migración, junto con la de la línea de costa es conocida por evidencias históricas arqueológicas y sedimentológicas durante los últimos 3500 años (Marqués, 1974; Garau, 1983).

Este prodelta posee una geometría típica en cuña con facies sísmicas progradacionales divergentes, de amplitud y continuidad media a baja. Dentro de esta unidad se pueden apreciar discordancias angulares internas de carácter local, causadas por la migración de la desembocadura del Río Llobregat, que se caracterizan por presentar sobre ellas reflectores de mayor amplitud. Esta mayor amplitud esta causada por concentraciones de gas existentes en algunos reflectores en el límite hacia mar de las facies sísmicas opacas (Figura 3, Perfil 1A). La existencia de facies sísmicas opacas impide determinar la sucesión de lóbulos en los que se ha desarrollado, posiblemente, la construcción del prodelta. La dirección de progradación de las facies prodeltaicas es variable: perpendicular a la línea de costa para las facies próximas, con buzamiento de los reflectores entre 2° y 6°, para adquirir progresivamente dirección SW en las clinofórmulas más distales, buzamientos entre 0.3 y 2°. En el prodelta medio se producen fenómenos de inestabilidad sedimentaria (Serra y Verdager, 1983) que corresponden deslizamientos gravitacionales (Figura 3, Perfil 1A y Figura 4, Perfil 4).

### **Prodelta actual del Río Foix**

Las facies prodeltaicas del Río Foix poseen una extensión de 54 km<sup>2</sup> y pasan lateralmente a facies litorales. Se caracterizan por tener facies sísmicas similares a los anteriores pero sin facies sísmicas opacas (Figura 3, Perfil 2). Su máximo depocentro tiene 38 ms (td) y se situa frente a su desembocadura.

## **DELTAS HOLOCENOS RELICTOS**

El sistema deltaico relictos de los ríos Besós, Llobregat y Foix está claramente diferenciado del actual y separado de éste por una discordancia erosiva. Debido a la heterogeneidad de la plataforma al inicio de la transgresión Versiliense, se crean dos dominios separados por un alto existente en la plataforma al N del cañón de Almera. Al SW de dicho alto se depositan los materiales deltaicos de los ríos Llobregat y Foix, al NE los del Río Besós (Figura 5 y 6). El desplazamiento lateral de la desembocadura del Río Llobregat es de 30 km en relación a la actual, mientras que los depocentros de los deltas Holocenos relictos de los ríos Besós y Foix están situados frente a sus desembocaduras actuales. En el sector meridional, los materiales del Río Llobregat rellenan inicialmente las cabeceras de los cañones y posteriormente progradan sobre ellas (Figura 7, Perfil 5 y Figura 8). Al NE del sistema de cañones del Llobregat el inicio de la transgresión está marcado por la existencia de un delta marginal en el borde de la plataforma, a 96 metros de profundidad (Figura 4, Perfil 3B).

### **Delta Holoceno relictos del Río Besós**

El delta Holoceno relictos del Río Besós está constituido por facies sísmicas paralelas de alta amplitud y escasa continuidad. Su máximo espesor es de 15 ms (td) y presenta pequeños canales (Figura 4, Perfil 3A). Este delta está muy poco desarrollado a causa de la existencia de una unidad inferior que presenta un alto, paralelo a la línea de costa. Hacia el SW es discontinuo y de poca potencia. Esta unidad es atribuible a depósitos de llanura deltaica que han sido preservados de la erosión por rellenar depresiones de la unidad inferior. En el límite externo de la plataforma existe otra unidad de gran extensión longitudinal (16 km) con facies sísmicas progradacionales divergentes, y reflectores de amplitud media y alta continuidad que presentan convergencia interna. Su techo, a 96 m de profundidad es erosivo, donde los reflectores internos presentan terminaciones erosivas (Figura 4, Perfil 3B). Esta unidad, interpretada como un delta marginal, representa los materiales depositados durante el mínimo eustático.

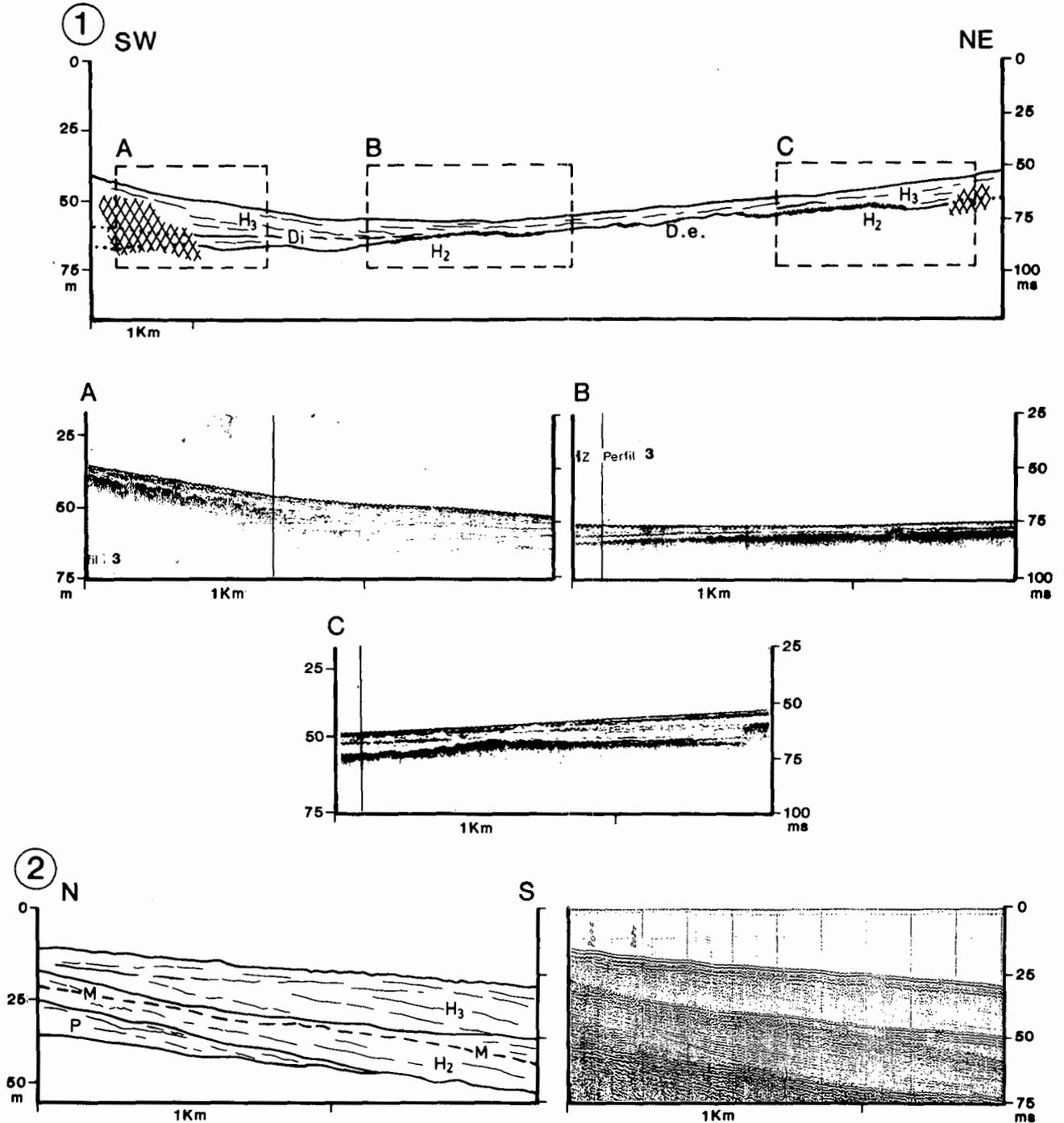


Figura 3.- Perfil 1 (3,5 KHz). H3: Sistema deltaico actual. H2: Sistema deltaico relicto. Di: Discordancia interna. D.e.: Discordancia erosiva. A: Prodelta actual del Río Llobregat y Besós. C: Prodelta actual del Río Besós.  $\otimes$  Facies sísmicas opacas. Perfil 2 (Geopulse). H3: Prodelta actual del Río Foix. H2: Sistema deltaico relicto de los ríos Llobregat y Foix. M: Múltiple. P: Pleistoceno.

Figure 3.- Profile 1 (3,5 KHz). H3: Actual deltaic system. H2: Relict deltaic system. Di: Inner truncation. D.e.: Erosional truncation. A: Actual prodelta of Llobregat River. B: Llobregat and Besos prodelta overlapped. C: Actual prodelta of Besos River.  $\otimes$  Opaque seismic facies. Profile 2 (Geopulse). H3: Actual prodelta of Foix River. H2: Relict deltaic system of Llobregat and Foix rivers. M: Multiple. P: Pleistocene.

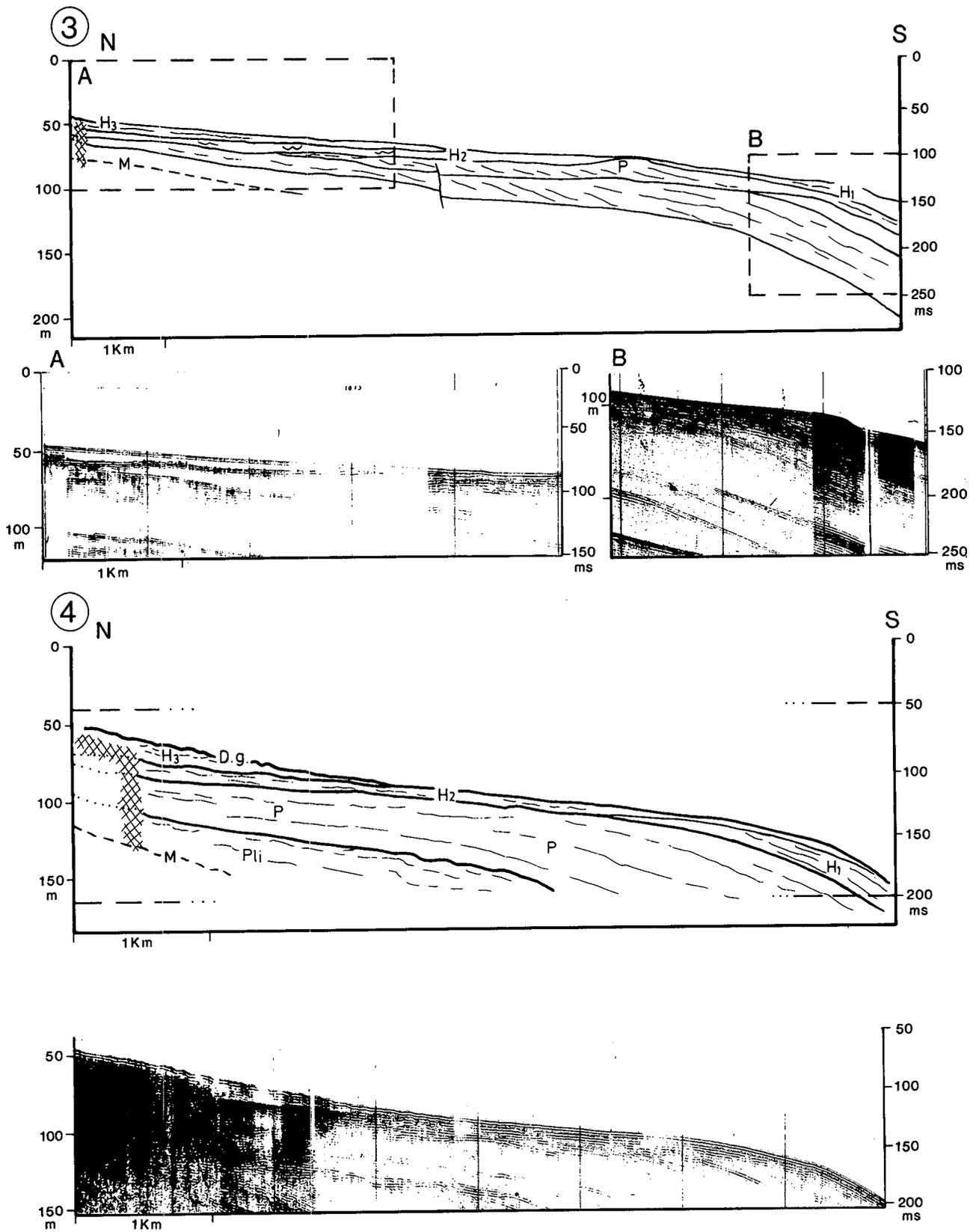


Figura 4.- Perfil 3 y 4 (Geopulse). H3: Prodelta actual del Río Llobregat. H2: Delta relicto del Río Besós. H1: Delta marginal. P: Pleistoceno. Pli: Plioceno. M: Múltiple. D.g.: Deslizamiento gravitacional.  Facies sísmicas opacas.

Figure 4.- Profiles 3 and 4 (Geopulse). H3: Actual prodelta of Llogregat River. H2: Relict delta of Besos River. H1: Margin delta. P: Pleistocene. Pli: Pliocene. M: Multiple. D.g.: Creep.  Opaque seismic facies.

### Delta Holoceno relicto de los ríos Llobregat y Foix

El delta Holoceno relicto del Río Llobregat se caracteriza por presentar una gran longitud, 40 km, y una clara diferenciación entre las facies prodeltaicas y las de llanura y frente deltaico. La mayor parte del delta, excepto las facies prodeltaicas, está cubierto por una delgada capa (4 a 12 ms (td)) de sedimentos litorales relictos (IGME, 1986). Esta unidad es difícil de apreciar con los métodos sísmicos empleados en la zona (Surfboom), pues su respuesta sísmica queda enmascarada en la producida por la interfase agua-sedimento. Solo se puede diferenciar una barra de mayor potencia, 8-12 ms (td), situada entre 30 y 37 m de profundidad. Estas barras de arena adquieren un mayor desarrollo en el Maresme, al NE del Besós (Díaz *et al.*, 1986).

Los materiales de llanura deltaica están parcialmente erosionados y son difíciles de diferenciar de la uni-

dad litoral relicta existente en su techo. Posee geometría laminar, con reflectores paralelos o débilmente divergentes, contactos en muro concordantes o localmente translapantes, continuidad baja, amplitud media y techo erosivo. Dentro de las facies de llanura deltaica se han diferenciado dos canales (Figura 7, Perfil 6B).

En el frente deltaico relicto se sitúan los mayores espesores de la unidad deltaica (Figura 5) cuya principal característica es la de encontrarse a menor batimetría para posiciones cada vez más cercanas a la línea de costa. Presentan facies sísmicas divergentes con amplitud baja y continuidad media. Los principales depocentros tienen las características descritas en la Tabla 2.

Las facies prodeltaicas poseen gran extensión y se pueden diferenciar dos zonas en cuanto al sector fisiográfico en que han sido depositadas: (1) materiales prodeltaicos en las proximidades de los cañones, y (2) materiales prodeltaicos depositados en la plataforma. Los

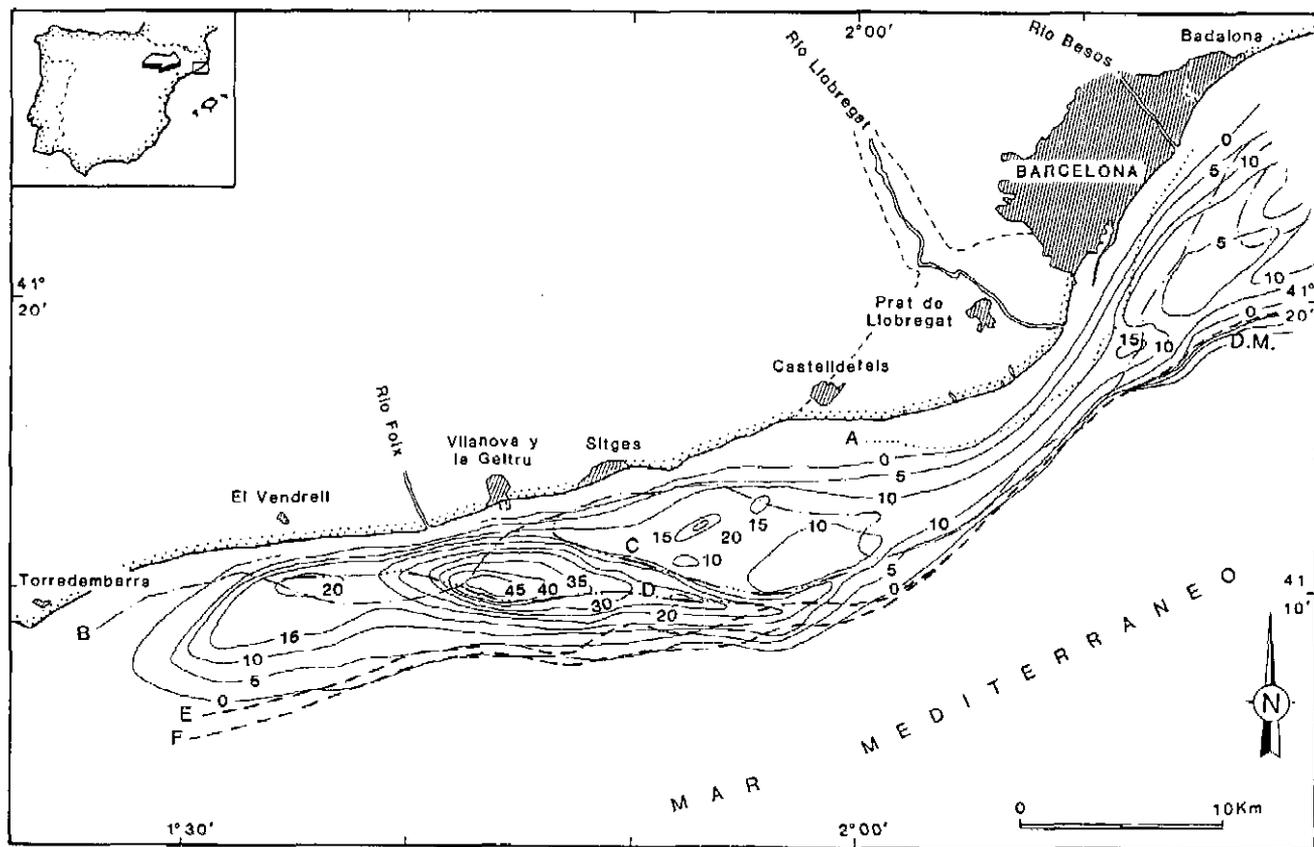
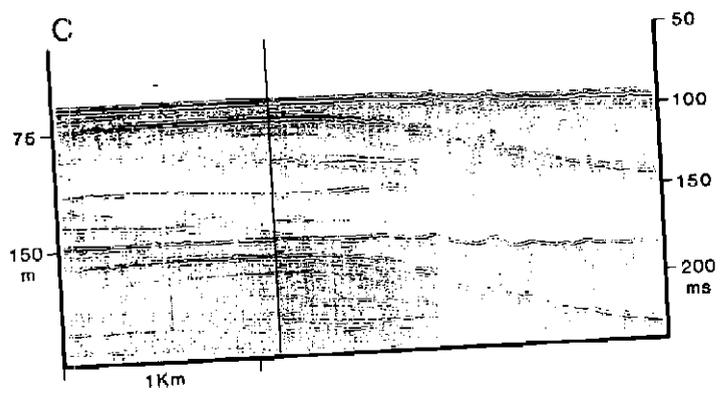
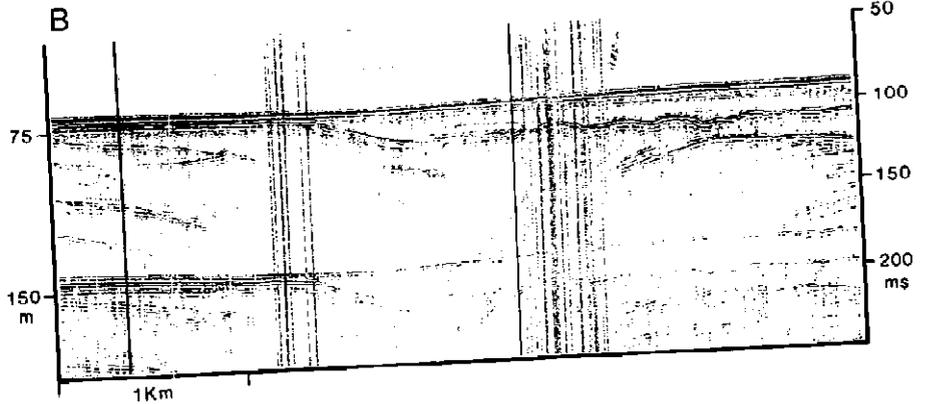
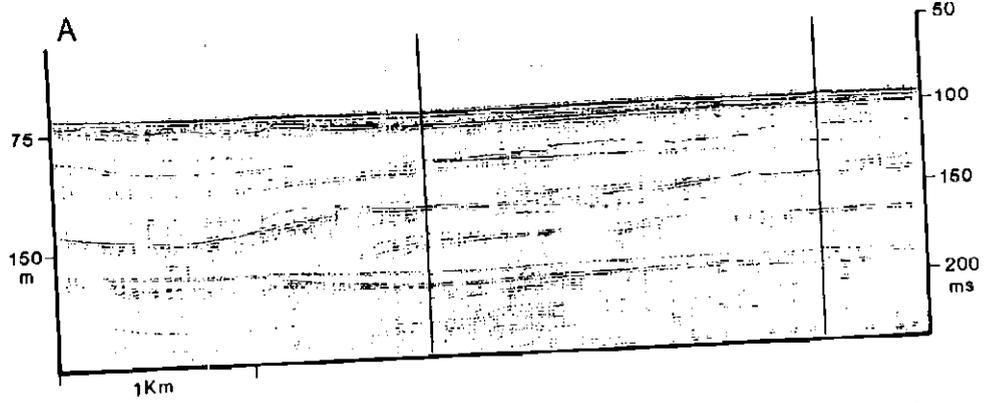
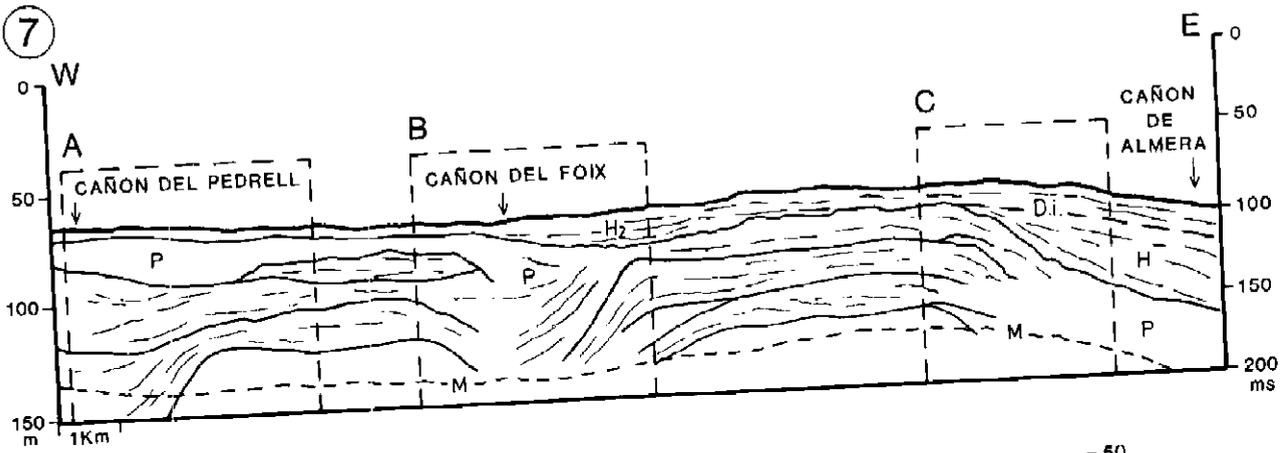


Figura 5.- Isopacas del sistema deltaico relicto (H2). A: Límite externo de las facies sísmicas opacas. B: Límite del sistema deltaico actual. C: Límite de las facies de llanura deltaica. D: Límite de las facies de frente deltaico. E y F: Límite externo de la plataforma anterior y posterior al sistema deltaico relicto, respectivamente.

Figure 5.- Isopach map (in ms two-way travel time) of relict deltaic system (H2). A: Extern limit of opaque seismic facies. B: Actual deltaic system limit. C: Relict deltaic plain facies limit. D: Relict deltaic front facies delta limit. E and F: Shelf break previous and later of relict deltaic system, respectively.

7



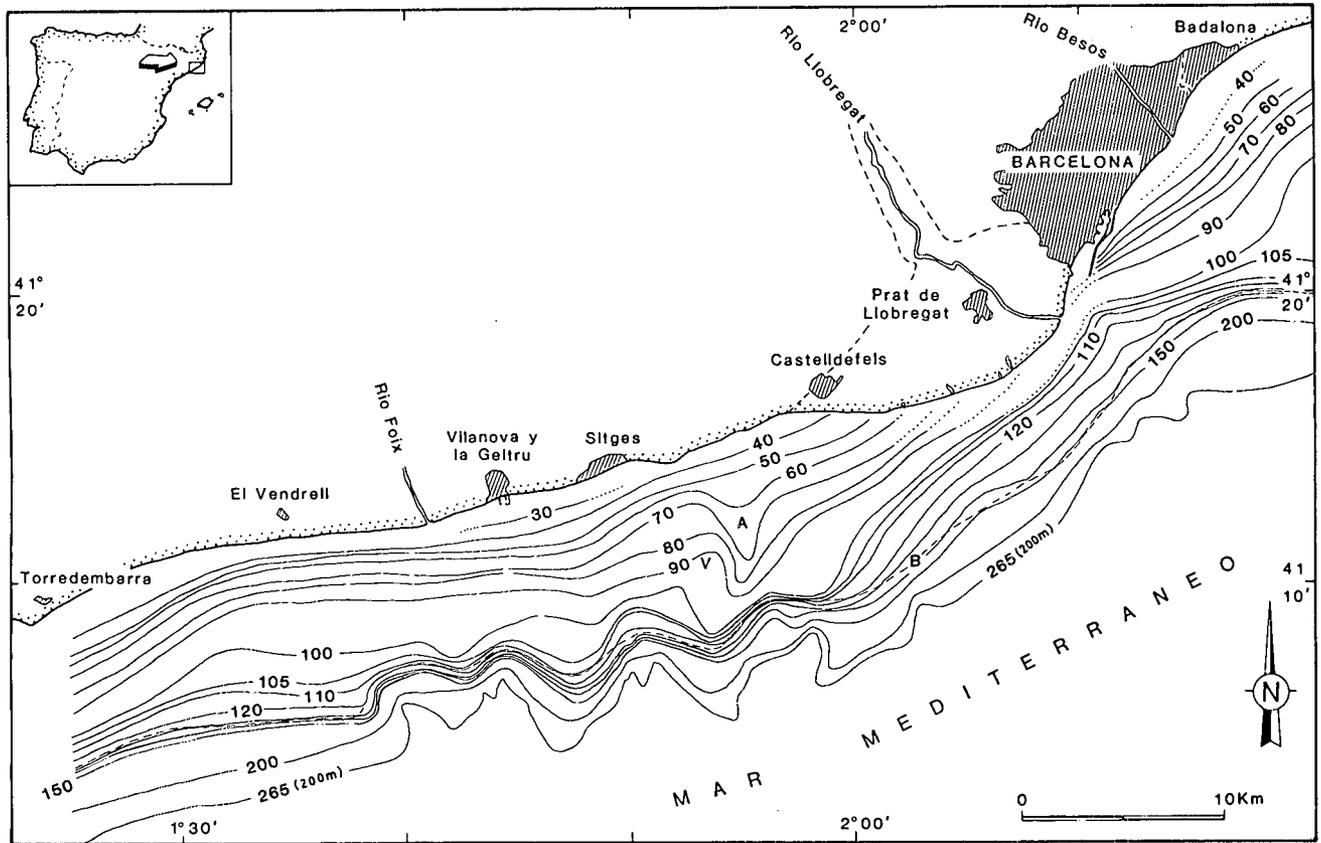


Figura 9.- Mapa paleobatimétrico (en ms, td) anterior a la deposición de sistema deltaico relicto (Pretransgresión Versiliense). A: Alto. B: límite externo de la plataforma pre-Versiliense. V: Valle.

Figure 9.- Paleobathymetry (in two-way travel time) previous to sedimentation of Relict Deltaic System (Pretransgression Versilian). A: High. B: Pre-transgression Versilian shelf break. V: Valley.

taico relicto de los ríos Llobregat y Foix del delta relicto del Río Besós (Figura 9).

La evolución del sistema deltaico de los ríos Llobregat y Foix queda reflejada por la posición y batimetría de los tres depocentros de las facies de frente deltaico (Tabla 2). Es en estas facies donde han quedado marcados los diferentes niveles de erosión, pues las de llanura deltaica, por su geometría y posición, están parcialmente erosionadas. Los tres depocentros, que tienen el techo erosivo, marcan tres posiciones del nivel del mar correlacionables con la migración de la desembocadura del Río Llobregat durante la transgresión ver-

siliense, situándose dichos niveles a 65, 38 y 22 m de profundidad. El depocentro más profundo, 65 m, corresponde a los materiales que rellenan la cabeza del Cañón de Almera y en menor medida el Cañón del Foix. Las cabezas de los cañones de Pedruell y Foix son rellenadas durante el Pleistoceno por unidades procedentes del NW (Figura 8). El mayor de los depocentros se sitúa a 38 m de profundidad y asociado a él se han podido diferenciar dos canales dentro de las facies de llanura deltaica (Figura 7). El depocentro más somero, 22 m, es edificado tanto por el Río Llobregat como por el Río Foix (Figura 3, Perfil 2).

Figura 8.- Perfil 7 (Surfboom). H2: Delta relicto del Río Llobregat. Materiales relleno de las cabezas de los cañones de Almera y Foix (este último en menor medida). P: Pleistoceno. M: múltiple. D.i.: Dircordancia interna.

Figure 8.- Profil 7 (Surfboom). H2: Llobregat relict delta; the sediments are filled Almera and Foix head canyons. P: Pleistoceno. M: Multiple. D.i.: Inner truncation.

El sistema deltaico del Río Besós sigue durante este periodo una evolución desmarcada de los otros dos ríos debido a que la plataforma en la que se desarrolla presenta una fisiografía muy diferente y el límite externo a mayor profundidad. El inicio de la etapa transgresiva queda marcado por el abandono del delta marginal. Este delta, con el nivel de erosión de su techo a 96 m y dirección N-80°-E, está edificado por los materiales del Río Besós más los materiales de la plataforma de abrasión existente entre el cañón de Blanes y el sistema de cañones del Llobregat que son arrastrados por la corriente general hacia el SW (IGME, 1986; 1989). En el sector del sistema deltaico de los ríos Llobregat y Foix no existe ninguna unidad equivalente, debido a que el límite externo de la plataforma estaba a 85 m. Situada más cerca de la línea de costa, encontramos otra unidad de escaso desarrollo, 10-15 ms (td), discontinua vertical y lateralmente, con el techo a 65

m, que ha sido preservada de la erosión por rellenar depresiones de una unidad más antigua (Figura 4, Perfil 3).

### Sistema deltaico actual

La formación del sistema deltaico actual está influenciada por factores análogos a los del relicto, a los que hay que añadir la migración de la desembocadura del Río Llobregat. La Figura 10 muestra la fisiografía de la plataforma al inicio de la formación del sistema deltaico actual. El alto existente al comienzo de la formación de los deltas relictos no existe, al haber sido rellenados sus valles adosados por las unidades relictas. Las facies sísmicas opacas impiden apreciar posibles discordancias internas en los depósitos proximales.

Marqués (1975), utilizando como método de trabajo principal la correlación a partir de sondeos, sitúa los

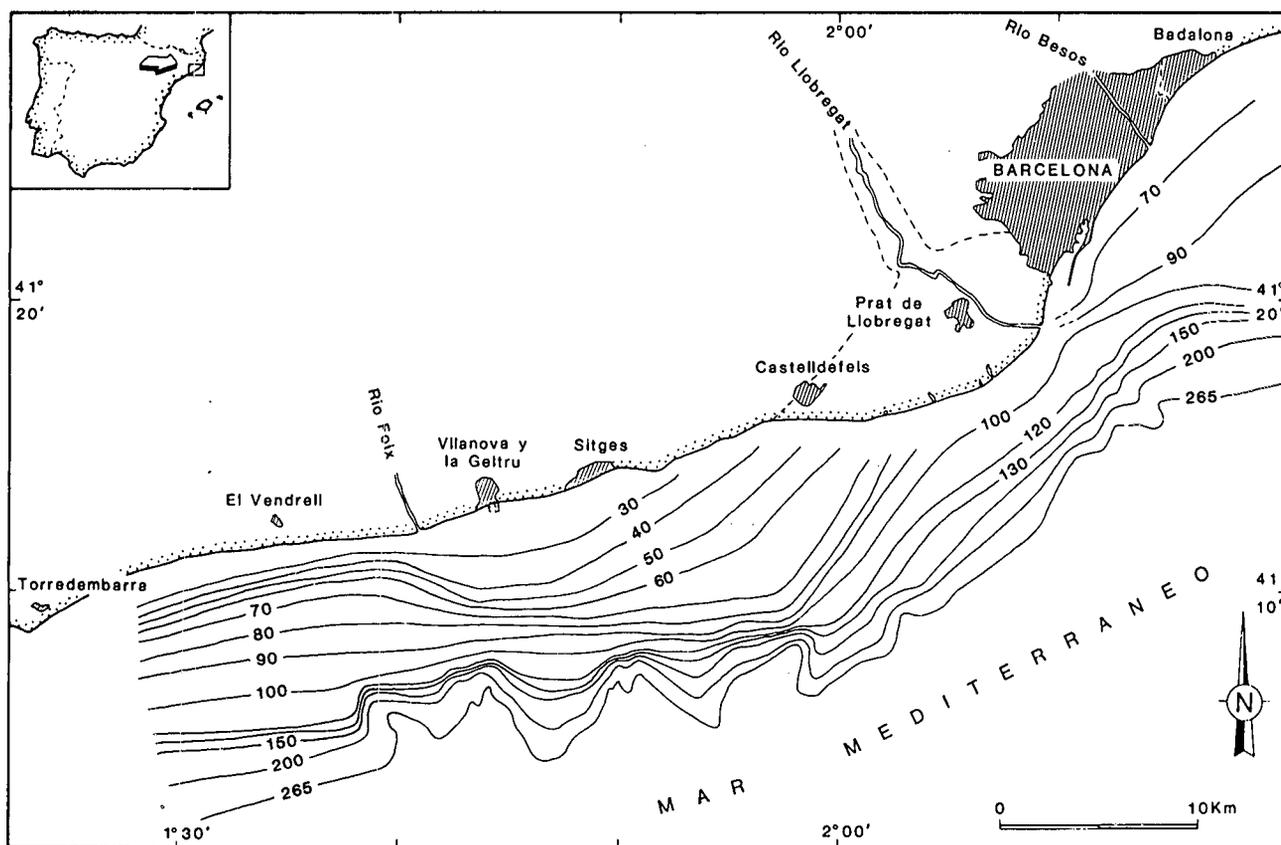


Figura 10.- Mapa paleobatimétrico (en ms, td) anterior a la formación del sistema deltaico actual. El valle de la Figura 9 ha sido rellenado por el sistema deltaico relicto.

Figure 10.- Paleobathymetry (in two-way travel time) previous to sedimentation of actual deltaic system; the valley represented in the Fig. 9 has been fulfilled by the relict deltaic system.

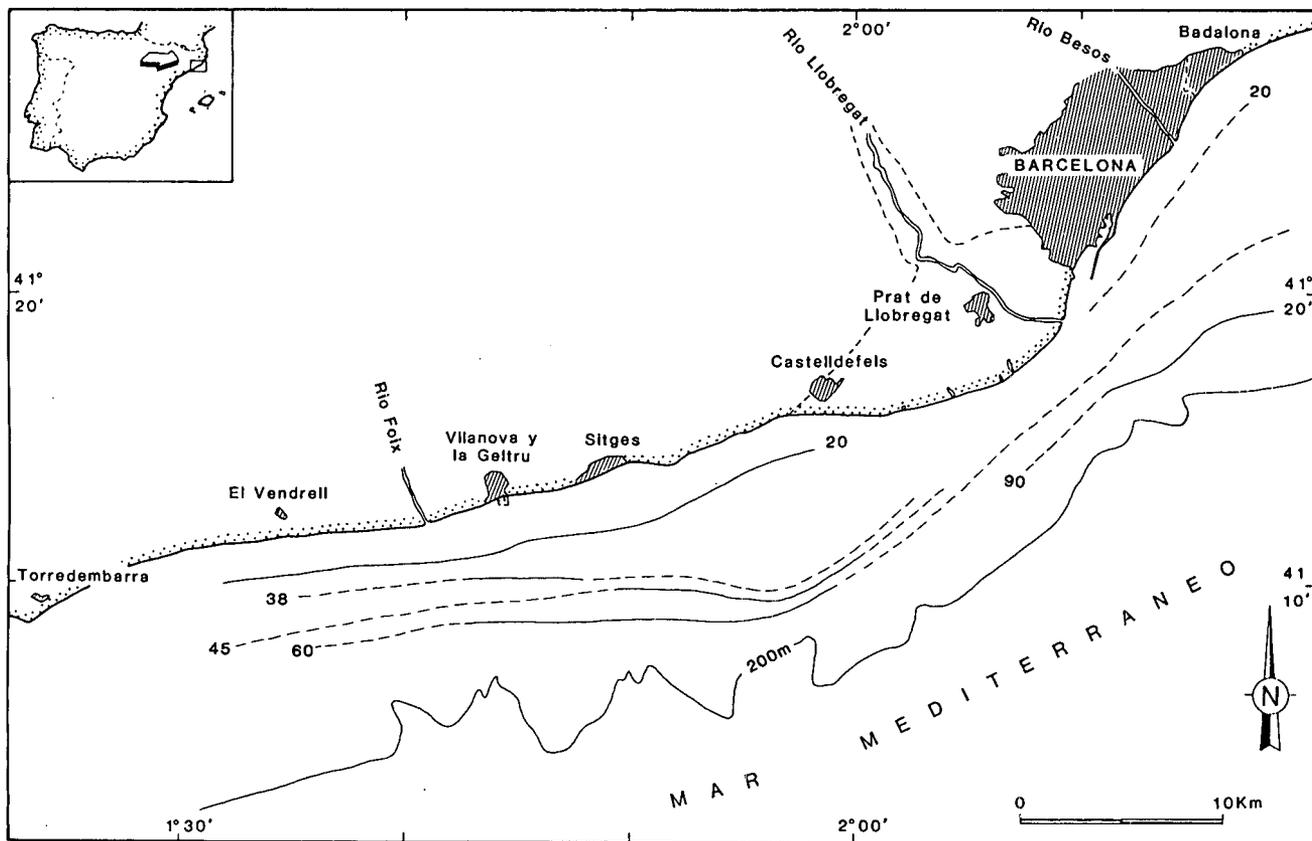


Figura 11.- Reconstrucción de la línea de costa durante la transgresión versiliense. Los números representan los niveles de estabilización de 20, 38, 45, 60 y 90 m de profundidad en relación al nivel actual del mar, correlacionables con las edades de  $6000 \pm 100$ ,  $8400 \pm 150$ ,  $10500 \pm 150$ ,  $12900 \pm 200$  y  $13800 \pm 300$  años respectivamente.

Figure 11.- Migration of coastal line during the versilian transgression. Numbers represent the estabilization levels of 20, 38, 45, 60 y 90 m beneath actual sea level. Their ages are  $6000 \pm 100$ ,  $8400 \pm 150$ ,  $10500 \pm 150$ ,  $12900 \pm 200$  and  $13800 \pm 300$  years, respectively.

niveles de estabilización a 95, 75, 60, 50, 20, y 10 m de profundidad en la formaciones cuaternarias del Llobregat. Estas son comparables con las obtenidas en este trabajo tanto para el sistema deltaico actual como para el relicto.

## MODELO EVOLUTIVO

Los mecanismos de evolución de las plataformas en márgenes pasivos más estudiados, implican la edificación de cuerpos deltaicos y litosomas costeros durante el descenso del nivel del mar, mientras que en las fases transgresivas tiene lugar la erosión de los depósitos localizados por encima del nivel de equilibrio del oleaje. Esta teoría elaborada por Brunn (1962) ha sido modificada por diferentes investigaciones (Swift, *et al.*, 1972), en cuanto a determinar los factores que podrían influir y modificar el tipo de edificación. Maldonado

y Zamarreño (1983) demuestran su validez para el delta del Ebro, cuyo mecanismo de edificación corresponde básicamente al anterior. Recientemente se está poniendo de manifiesto la posibilidad de edificación de cuerpos deltaicos (Aloisi, 1986) y litosomas costeros (Belknap y Kraft, 1981; Díaz *et al.*, 1986), durante periodos transgresivos. La migración a través de la plataforma continental de estos cuerpos es una respuesta a la subida del nivel eustático durante el Holoceno. Fracciones variables de la secuencia transgresiva pueden ser preservadas dependiendo de la topografía preexistente, nivel de erosión, energía del oleaje, aportes sedimentarios, resistencia a la erosión y subida relativa y estabilizaciones del nivel eustático.

Las estabilizaciones indentificadas en la plataforma varían según el sector. En los deltas relicto de los ríos Llobregat y Foix se identifican tres niveles a 65 (Figura 8, Perfil 7), 38 (Figura 7, Perfil 5) y 22 m (Figura 3, Perfil 2) de profundidad, marcados por la batime-

tría del techo de los tres depocentros de las facies de frente deltaico. En el sector del delta relicto del Río Besós se identifica una estabilización a 96 m (Figura 4, Perfil 3B) relacionada con el desarrollo del delta marginal y otra a 65 m (Figura 4, Perfil 3A) para el techo del delta relicto. Cada una de estas estabilizaciones ha sido interpretada de la siguiente manera:

1) Estabilización del nivel del mar a 96 m que representa el inicio de la transgresión Versiliense. Está marcada por el desarrollo del delta marginal al Este del sistema de cañones del Llobregat.

2) Estabilización a 65 m. Marca el inicio de la formación del sistema deltaico relicto.

3) Estabilizaciones a 38 y 22 m. Están en las facies de frente deltaico relicto del Río Llobregat y representan dos estabilizaciones existentes dentro de la transgresión Versiliense.

4) Estabilización a 22 m. Marca el inicio de la formación del sistema deltaico actual.

No ha sido posible realizar dataciones absolutas de las diferentes unidades, debido a que los sedimentos son predominantemente detríticos. Existe una datación realizada por Marqués (1974) con el método del C14. La muestra corresponde a unos niveles de turbas situados entre 50 y 60 m de profundidad, en el dominio de la parte emergida del delta del Llobregat, dando una edad de  $10900 \pm 140$  años. Este nivel puede corresponder al encontrado en la plataforma a 65 m de profundidad y que marca el inicio de la formación del sistema deltaico relicto. Los otros niveles los podemos comparar con los establecidos en zonas próximas, como los datados por Monaco *et al.* (1972) en la zona del Rossellón y la Camarga los de Aloïsi *et al.* (1975) y Aloïsi *et al.* (1978) en el Golfo de León. Los primeros sitúan los niveles de estabilización a 85, 70, 60, 40 y 20 m de profundidad, con edades de  $13800 \pm 200$ ,  $10500 \pm 150$ ,  $8400 \pm 150$  y  $6000 \pm 100$  años respectivamente. De esta comparación podemos estimar la edad de los deltas relictos como comprendida entre  $10900 \pm 140$  y  $6000 \pm 100$  años respectivamente. Estos datos se pueden comparar con los encontrados en el Mediterráneo oriental (Aksu *et al.*, 1987) o con datos más generales (Dillon y Oldale, 1978). Estas edades concuerdan con la migración de la desembocadura del Río Llobregat que se estima comenzó hace  $\approx 6000$  años. La Figura 11 representa la evolución de la línea de costa durante la transgresión Versiliense.

## CONCLUSIONES

1.- Existencia en la plataforma continental del área

de Barcelona, de dos sistemas deltaicos. El sistema deltaico relicto edificado durante la transgresión versiliense y el sistema deltaico actual. El sistema deltaico migra a través de la plataforma continental en respuesta a la subida del nivel del mar. Porciones variables de la secuencia transgresiva han sido preservadas de la erosión dependiendo de la topografía preexistente, aportes sedimentarios, resistencia a la erosión, energía del oleaje y subida relativa y estabilizaciones del nivel eustático.

2.- El inicio de la transgresión versiliense está marcado por la existencia de un delta marginal desarrollado en el límite externo de la plataforma al NE del sistema de cañones del Llobregat y situado a 96 m de profundidad.

3.- El sistema deltaico relicto se desarrolla entre las estabilizaciones de 65 y 22 m de profundidad, correspondientes a  $\approx 10900$  y  $\approx 6000$  años, respectivamente. Durante este periodo el Río Llobregat presenta la desembocadura desplazada 30 km hacia el SW en relación a la actual. Los depocentros del sistema deltaico relicto sufren una migración hacia tierra en respuesta a la subida del nivel eustático. Dicha migración ha quedado marcada en los depocentros del frente deltaico relicto del Río Llobregat, que han sido preservados de la erosión a causa de la topografía preexistente y de la gran cantidad de aportes sedimentarios. El delta relicto del Río Besós ha sido erosionado en su mayor parte por presentar escasos aportes sedimentarios, desarrollarse sobre un sector de la plataforma muy horizontal y ser inestable en relación al perfil de equilibrio de la plataforma.

4.- Los modelos globales para explicar la evolución y edificación de las plataformas continentales, deben ser aplicados teniendo en cuenta únicamente los parámetros globales. Sin embargo, a escala regional o local, es mayor la influencia relativa de los parámetros de control regionales (subsistencia, aportes sedimentarios) y locales (energía del oleaje, resistencia a la erosión, topografía). Por tanto, a escala regional o local, pueden predominar condiciones erosivas o de depósito tanto para un estadio transgresivo como regresivo.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido llevado a cabo en el marco del convenio entre el Instituto Geológico y Minero y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas para la realización de la cartografía de las plataformas continentales españolas. Queremos agradecer al Dr. Juanjo Dañobeitia sus comentarios críticos, a Emilio Hernández su ayuda en el tratamiento informático de los datos, así como a Eduardo Clavero por la realización de las figuras.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALOÏSI, J.C., 1986: *Sur un modèle de sédimentation deltaïque. Contribution a la connaissance des marges passives*. Thèse de 3<sup>o</sup> Cycle. Université de Perpignan, Perpignan, 162 p.
- ALOÏSI, J.C., MONACO, A., PLANCHAIS, N., THOMMERET, J. y THOMMERET, Y., 1978: The holocene transgression in the Golfe du Lion, southwestern France: paleogeographic and paleobotanical evolution. *Geogr. Phys. Quat.* Vol. XXXII, n<sup>o</sup> 2, 145-162 p.
- ALOÏSI, J.C., MONACO, A., THOMMERET, J., y THOMMERET, Y., 1975: Evolution paléogéographique du plateau continental Languedocien dans le Cadre du Golfe du Lion. Analyse comparée des données sismiques, sédimentologiques et radiométriques concernant le Quaternaire récent. *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dynam.*, (2). Vol. XVII, fasc. 1, pp. 13-22. Paris.
- ALONSO, B., DIAZ, J.I., FARRAN, M., GIRO, S., MALDONADO, A. y VAZQUEZ, A., 1984: Cañones submarinos del margen catalán meridional: morfología y evolución. *I Congreso Español de Geología*. Tomo I, pp. 301-311.
- AKSU, A.E., PIPER, D.J.W., KONUK, T., 1987: Quaternary growth pattern of Büyük Menderes and Küçük Menderes deltas, Western Turkey. *Sedimentary Geology*, V 52, N<sup>o</sup> 3/4, pp. 227-250.
- BALLESTER, A., CASTELLVI, J. y MALDONADO, A., 1981: Presence de gaz methane dans les sediments prodeltaïques recents de l'Ebre. XXVII C.I.E.S.E.M., Inter. Congress and Planary Assembly., Comité de Géologie et Geophysique-Marine. Gagliari, pp 131-133.
- BELKNAP, D.F. y KRAFT, J.C., 1981: Preservation potential of transgressive coastal lithosomes on the U.S. Atlantic Shelf. *Marine Geology*, 42: 429-442.
- BROWN, L.F. y FISHER, W.L., 1984: Seismic Stratigraphic Interpretation and Petroleum Exploration. *Bur. Eco. Geol.* Univ. Texas. 126 p.
- BRUNN, P., 1962: Sea-level rise as a cause of shore erosion. *J. Waterways Harbours Div., Am. Soc. Civ. Eng. Proc.*, 88: pp. 117-130.
- DIAZ, J.I., FARRAN, M., GIRO, S. y MALDONADO, A., 1986: Dorsales de arena relictas en la Plataforma Continental del Maresme (Barcelona). *XI Congreso Español de Sedimentología*, p. 64.
- DILLON, W.P., OLDALE, R.N., 1978: Late Quaternary sea-level curve: reinterpretation based on glaciotectionic influence. *Geology*, 6, pp. 50-60.
- FONT, J., 1986: *La circulación general de la Mar Catalana*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona. Barcelona, 323 p.
- GARAU, C., 1983: Estudio de la geomorfología reciente y de los procesos litorales de las playas de Barcelona. *Inypsa*. Vol. II.
- HOPKINS, T.S., 1985: *Physic of the Sea*. R. Margalef (Ed). *Key Environments. Western Mediterranean*. Pergamon Press, Oxford. pp. 100-125.
- IGME, 1986: Mapa Geológico de la plataforma continental española y zonas adyacentes. Escala 1:200000. Hojas 41-42 E. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria. 124 p., 1 mapa pleg.
- IGME, 1989: Mapa Geológico de la plataforma continental española y zonas adyacentes. Escala 1:200000. Hoja 35. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria.
- INSTITUT CARTOGRAFIC DE CATALUNYA, 1983: Mapa topográfico de Catalunya. Escala 1:250000. Institut Cartogràfic de Catalunya. Barcelona, 158 p.
- MALDONADO, A. y ZAMARREÑO, I., 1983: Modelos sedimentarios en las plataformas continentales del Mediterráneo español: Factores de control, facies y procesos que rigen su desarrollo. Josefina Castellvi (Ed.). *Estudio Oceanográfico de la Plataforma Continental*. Seminario Científico, Cádiz. pp. 24-83. Barcelona.
- MARQUES, M<sup>a</sup> A., 1974: *Las formaciones cuaternarias del delta del Llobregat*. Tesis Doctoral. Barcelona, 401 p.
- MARQUES, M<sup>a</sup> A., 1975: Las formaciones cuaternarias del delta del Llobregat. *Acta Geológica Hispánica*. Tomo X, n<sup>o</sup> 1, pp. 21-28.
- MONACO, A., THOMMERET, J. y THOMMERET, Y., 1972: L'âge des dépôts quaternaires sur le plateau continental du Roussillon (Golfe de Lion). *C.R.Ac.Sc. sér. D*, T. 247, pp. 2.280-2.283. Paris.
- SERRA, J. y VERDAGUER, A., 1983: La sedimentación holocena en el delta del Llobregat. *X. Congreso nacional de sedimentología*. Ed. Obrador, A. 2.49-2.51 pp.
- SWIFT, D.J.P., KOFOED, J.W., SAULSBURY, P.J. y SEARS, P., 1972: Holocene evolution of the shelf surface, central and southern Atlantic Shelf of North America. D.J.P. Swift, D.B. Duane y O.H. Pilkey (Eds). *Shelf Sediment Transport: Process and Pattern*. Dowden Hutchinson and Ross, Stroudsburg, P.A., pp. 159-196.
- VAIL, P.R., TODD, R.G. y SANGREI, J.B., 1977: Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level, Part 5: Chronostratigraphic Significance of Seismic Reflection. In: C.E. Payton (Editores). *Seismic Stratigraphy-Applications to Hydrocarbon Exploration*. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Memoir, 26, Tulsa, Oklahoma, pp. 99-134.

Recibido, octubre de 1987