

Análisis litosísmico y estructura sedimentaria de la plataforma interna al Norte del Delta del Ebro (Sector de Vandellós)

E. CATAFAU, M. CANALS y J. SERRA.

Grupo de Geología Marina, Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona.

RESUMEN

El análisis sísmico de perfiles de alta resolución del tipo «uniboom», realizados en la plataforma interna al N del Delta del Ebro, permite definir las unidades sísmicas y establecer la estructura sedimentaria del recubrimiento cuaternario medio/superior.

Ambos aspectos reflejan la influencia diferencial de los procesos dinámicos y de las oscilaciones eustáticas.

Palabras clave: Plataforma continental. Estructura sedimentaria. Unidad sísmica. Facies sísmica.

ABSTRACT

A dense grid of HR seismic profiles from the inner shelf at the North of the Ebro delta (NE Spain, Mediterranean Sea) allows us to define the upper/intermediate Quaternary seismic units and to establish the sedimentary structure of the zone.

Both aspects are the result of the uneven influence of dynamic processes and sea level fluctuations.

Key words: Continental shelf. Sedimentary structure. Seismic unit. Seismic facies.

INTRODUCCIÓN

El análisis de perfiles sísmicos de alta resolución ha puesto de manifiesto el interés que presenta el estudio de las facies acústicas como medio de interpretación de las facies sedimentológicas. Ello es posible gracias al continuo avance que se obtiene en este campo al comprobar directamente la naturaleza de los materiales que producen las respuestas acústicas, es decir, mediante el análisis litosísmico (Colantoni *et al.*, 1981; Bouye, 1983; Got *et al.*, 1987).

Por otra parte, las discontinuidades geológicas observables en los perfiles sísmicos, las terrazas y las diferentes morfologías de erosión, se han asociado clásicamente a los pulsos transgresivos y regresivos del nivel del mar (Vail *et al.*, 1977; Beard y Sangree, 1982; Farrán *et al.*, 1984; Aloisi, 1986).

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

La zona de estudio se localiza en la plataforma continental interna-media del sector comprendido entre las poblaciones de l'Hospitalet de l'Infant y l'Ametlla de Mar (Tarragona). Las coordenadas geográficas que la limitan son los meridianos 0°47, / 1° 05, E y los paralelos 40° 50, / 41° 01, N. Los límites batimétricos quedan establecidos por las isóbatas de -20 y -75 m (fig. 1).

METODOLOGÍA

Se ha realizado una malla de perfiles de alta resolución del tipo «uniboom» de 300 J. Los perfiles se han filtrado a frecuencias comprendidas entre 700 y 3200 Hz. La resolución y la penetración obtenidas son de 2 y 90 ms, respectivamente. En total, se ha cubierto un área de 242 km² (fig. 1).

El análisis sísmico ha consistido en:

- Identificación y correlación de los reflectores principales.
- Estudio de las unidades sísmicas diferenciadas y de las relaciones geométricas existentes entre ellas (estructura sedimentaria).

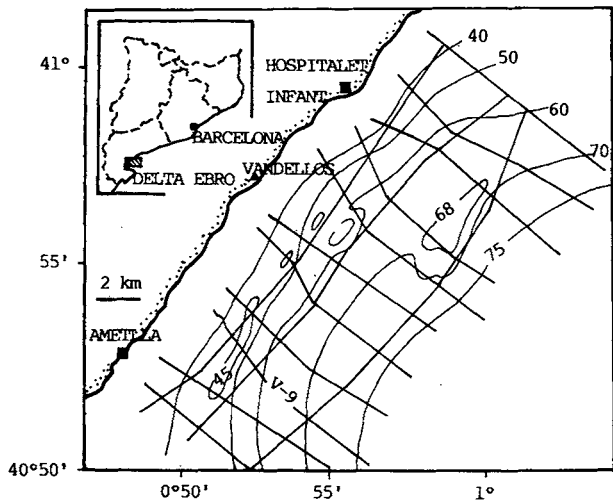


Figura 1.- Situación geográfica de la zona estudiada y red sísmica analizada.

Figure 1.- Seismic tracks and general situation map of the studied zone.

— Análisis e interpretación de las facies sísmicas observables.

Todo ello nos ha permitido individualizar y caracterizar cada unidad sísmica y establecer la estructura sedimentaria del conjunto de dichas unidades en la plataforma interna del sector estudiado.

UNIDADES SÍSMICAS

Se han distinguido 9 unidades sísmicas por encima del basamento acústico, separadas por discontinuidades (discordancias y/o superficies erosivas) y caracterizadas por uno o varios tipos de facies sísmicas internas (fig. 2). La presencia de tres superficies principales de carácter erosivo, cartografiables en toda la zona de estudio, permite agrupar dichas unidades en 3 secuencias que hemos denominado *Secuencia Superior* (unidades A, B, C, D), *Secuencia Media* (unidades E, F, G) y *Secuencia Inferior* (unidades H, I) (fig. 2). El fondo marino actual está constituido por el techo de la Secuencia Superior, excepto en aquellos lugares en que afloran unidades más antiguas.

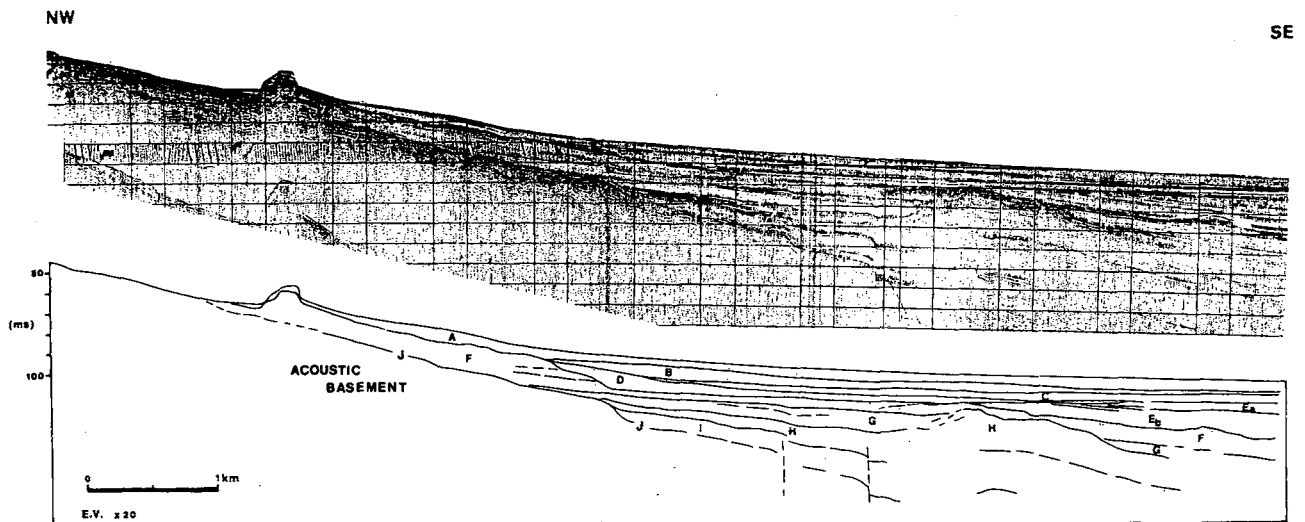


Figura 2.- Perfil V-9 e interpretación (localización en la fig. 1). Escala vertical en ms t.d. Las unidades se acúan hacia la costa en «onlap» costero, excepto la unidad E que se dispone en «offlap» (en el texto Ea y Eb son E1 y E2 respectivamente).

Figure 2.- Seismic profile V-9 (location shown on fig. 1). Two way reflection time in msec. Note wedging of seismic units on coastal onlap, except E unit wich is disposed on offlap (Ea and Eb are refered as E1 and E2 in the text).

ESTRUCTURA SEDIMENTARIA DEL RECUBRIMIENTO CUATERNARIO

La disposición general de las unidades es en «onlap», acuñaándose progresivamente hacia la costa (fig. 2). Sin embargo, en la zona sometida a la influencia directa de río Ebro se desarrollan unidades en «offlap» que progredan hacia mar adentro (fig. 2). La distribución de estas unidades no es uniforme en toda el área, encontrándose los máximos espesores en el sector SW, en las proximidades del Delta del Ebro.

Los mapas de isócronas de las superficies erosivas principales muestran como, en dirección a la costa, las secuencias Inferior y Media (figs. 4 y 5) se acuñan contra la superficie basal (fig. 3), desapareciendo a profundidades de 100/110 ms y 60 ms (t.d.), respectivamente. Asimismo, cabe destacar la presencia de altos morfológicos subparalelos a la costa en las secuencias Inferior y Media (figs. 4 y 5).

El afloramiento de algunas de las unidades inferiores en las partes más internas de la plataforma puede relacionarse, bien con la erosión de las unidades suprayacentes durante los mínimos eustáticos, bien con la no deposición de las mismas por hallarse estos sectores por encima del nivel de base durante el secrón o secrones correspondientes, dado al carácter erosivo de las superficies que las limitan y la disposición en «onlap» de las unidades que las recubren.

Por otra parte, las secuencias están afectadas por pequeñas fracturas normales que se atenuan progresivamente hacia las unidades superiores. Estas fracturas se

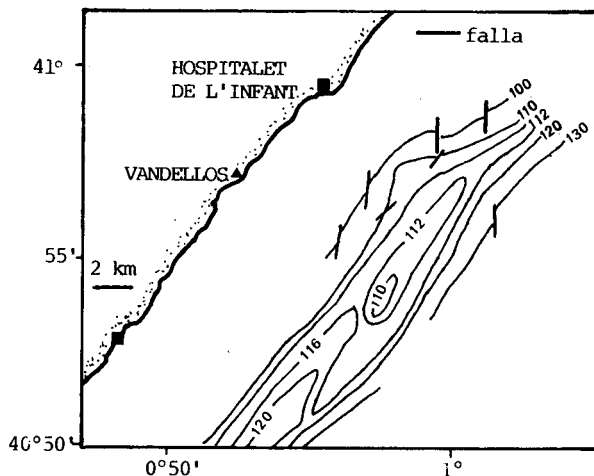


Figura 4.- Mapa de isócronas del techo de la Secuencia Inferior (unidades I, H) en ms. t.d.

Figure 4.- Top of the Lower Sequence isochrone map (I, H units) in ms. d.t.t.

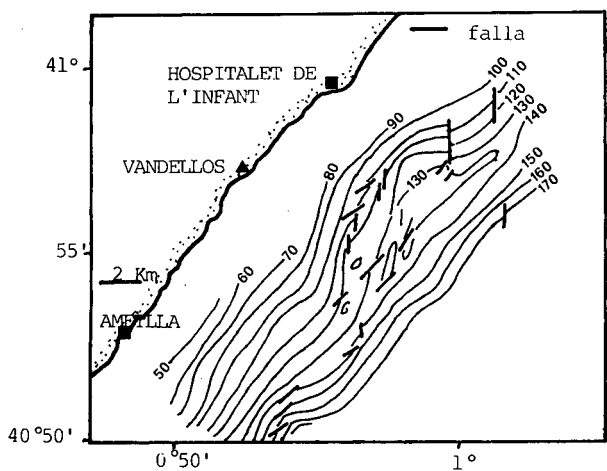


Figura 3.- Mapa de isócronas de la superficie basal (techo del basamento acústico). Isócronas en ms. t.d.

Figure 3.- Basal surface isochrone map (acoustic basement top) in ms. d.t.t.

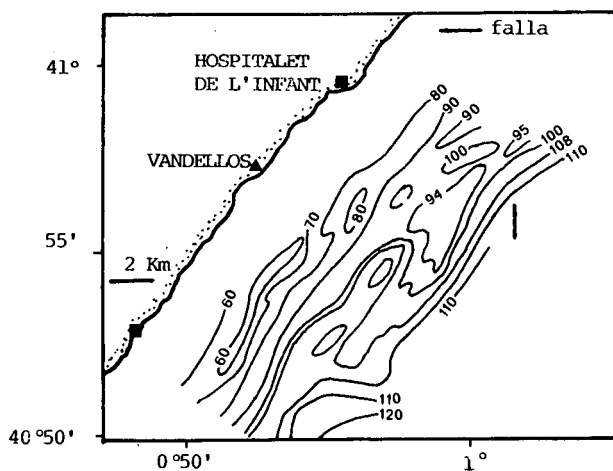


Figura 5.- Mapa de isócronas del techo de la Secuencia Media (unidades G, F y E) en ms. t.d.

Figure 5.- Top of the Intermediate Sequence isochrone map (G, F and E units) in ms. d.t.t.

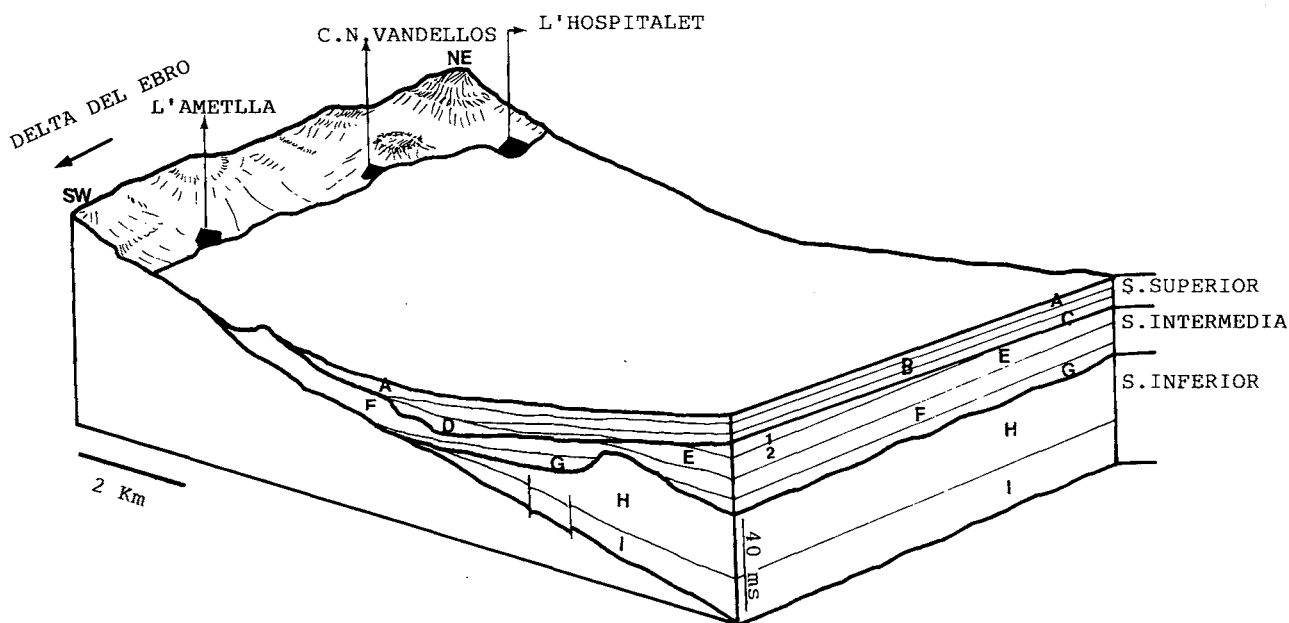


Figura 6.- Bloque diagrama que muestra la estructura sedimentaria de conjunto de las unidades diferenciadas.

Figure 6.- Block diagram showing, unit by unit, the general sedimentary structure of Vandellós inner and middle continental shelf.

localizan preferentemente en el sector NE del área de estudio (figs. 3, 4 y 5). La estructura sedimentaria del conjunto de las unidades queda esquematizada en la figura 6.

FACIES SÍSMICAS

Entendemos por facies sísmicas el conjunto de atributos sísmicos (amplitud, frecuencia, número de fases, signatura, continuidad lateral y configuración) de un grupo relativamente homogéneo de reflexiones internas asociadas a un mismo conjunto sedimentario (Vail *et al.*, 1977).

En la serie analizada se han podido diferenciar 8 facies sísmicas distintas, que coinciden, en su totalidad o en parte, con las descritas por otros autores (Mitchum *et al.*, 1977; Ravenne, 1978; Colantoni *et al.*, 1981; Droz, 1983; Bouye, 1983; Got *et al.*, 1987). Estas facies son (fig. 7):

Facies indicadoras de acreción vertical predominante:

a.- paralela de alta continuidad (fig. 7A): configuración interna paralela a subparalela. Los reflectores son de fuerte a moderada amplitud y frecuencia variable (alta a moderada).

b.- paralela de baja continuidad (fig. 7B): configuración interna paralela a subparalela con reflectores de amplitud moderada o débil y frecuencia baja.

c.- transparente / semitransparente (fig. 7C): sin reflexiones o con reflectores de muy baja amplitud y poca continuidad lateral.

d.- caótica (fig. 7D): reflexiones internas discontinuas y discordantes entre ellas, de fuerte a moderada amplitud.

Facies indicadoras de acreción lateral predominante (de progradación):

e.- irregular («hummocky» / «frustre») (fig. 7E): reflexiones de fuerte amplitud, frecuencia alta a moderada y de poca continuidad lateral, que se disponen de manera irregular entre ellas, con cierto paralelismo.

f.- en tejas («shingled» / «toit de bardeaux») (fig. 7F): reflectores de fuerte amplitud y moderada frecuencia, que se disponen inclinados entre dos superficies paralelas.

g.- oblicua tangencial (fig. 7G): reflexiones de amplitud moderada a débil y de baja frecuencia. Las reflexiones terminan en «toplap» contra el límite superior

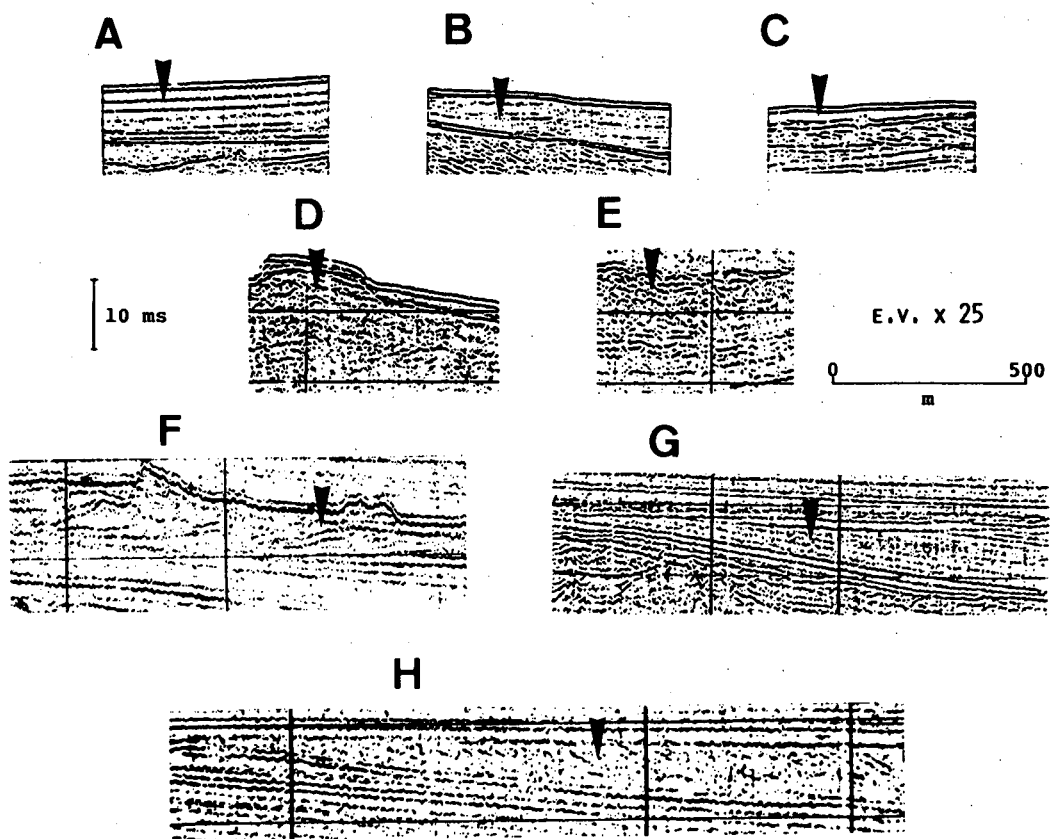


Figura 7.- Facies sísmicas. A) paralela de alta continuidad lateral; B) paralela de baja continuidad lateral; C) transparente/semitransparente; D) caótica; E) irregular; F) en tejas; G) oblicua tangencial; H) oblicua paralela.

Figure 7.- Seismic facies: A) parallel of high lateral continuity; B) parallel of weak lateral continuity; C) transparent/semitransparent; D) chaotic; E) hummocky; F) shingled; G) tangential oblique; H) parallel oblique.

y en «downlap» contra el límite inferior, formando un suave ángulo.

h.- oblicua paralela (fig. 7H): presenta las mismas características que la anterior, pero las reflexiones forman un ángulo más fuerte contra los límites superior e inferior.

En las distintas unidades sísmicas definidas, se han observado numerosos cambios laterales graduales de facies sísmicas (Canals *et al.*, 1987). La facies caótica, no obstante, pasa bruscamente a las facies sísmicas adyacentes. Tales cambios laterales de facies sísmicas, graduales o bruscos, dan lugar a una zonación de las mismas no sólo en la dirección plataforma interna-plataforma externa, sino también según una dirección NE-SW, paralela a la costa.

En el esquema de la figura 8, se indica la distribución de las facies sísmicas en cada unidad, diferenciando los sectores SW y NE del área de estudio.

ANÁLISIS LITOSÍSMICO

La interpretación litosísmica de las facies sísmicas se basa en las interpretaciones hechas por los autores citados en el apartado anterior y da los siguientes resultados:

— *Secuencia Inferior (unidades I, H)* (fig. 8): en el sector SW predomina la facies paralela de alta continuidad, que indicaría alternancias de niveles de propiedades físicas bien diferenciadas, correspondientes a in-

FONDO MARINO unidades		facies							
		a	b	c	d	e	f	g	h
SEC. SUP.	A		▲▽	▲▽					
	B	▲▽	▲▽	▲▽					
	C		▲▽	▲▽					
	D	▲	▲	▲					
SEC. MEDIA	E ₁								▲
	E ₂		▽					▲	
	F	▲▽	▲▽	▲▽	▲▽		▲▽		
	G	▲▽	▲▽	▽	▲▽		▽		
SEC. INF.	H	▲	▲	▲▽	▲	▽			
	I	▲	▲			▽			
Bas. Acústico		▲	▽			▽			

Figura 8.- Distribución de las facies sísmicas en cada unidad. El triángulo negro indica el sector SW y el blanco el sector NE. Las facies sísmicas de progradación se localizan en las secuencias Inferior y Media. Obsérvese que las unidades E₁ y D solo se desarrollan en el sector SW.

Facies sísmicas: a) paralela de alta continuidad lateral; b) paralela de baja continuidad lateral; c) transparente; d) caótica; e) irregular; f) en tejas; g) oblicua tangencial y h) oblicua paralela.

Figure 8.- Seismic facies distribution across the seismic units. Black and white triangles indicate SW and NE sectors respectively. The progradational seismic facies occur in Lower and Intermediate sequences. Note that E₁ and D units only appear in SW sector. Seismic facies: a) parallel of high lateral continuity; b) parallel of weak lateral continuity; c) transparent; d) chaotic; e) hummocky; f) shingled; g) tangential oblique and h) parallel oblique.

tercalaciones areno-limosas de mayor energía y probable influencia fluvial en paquetes predominantemente fangosos más netamente marinos. Esta facies grada hacia mar abierto a la facies paralela de baja continuidad, interpretable como resultante de depósitos marinos de menor energía. El alto morfológico localizado en la unidad H (fig. 2), con disposición paralela a la costa, se interpreta como una antigua barra litoral formada por sedimentos groseros, que dan lugar a la facies caótica observada en los perfiles sísmicos.

La presencia de la facies irregular, clásicamente interpretada como depósitos de progradación prodeltaica, en el sector NE, podría estar asociada a un antiguo prodelta del río Francolí. En ambos sectores se observan facies transparentes correspondientes a sedimentos homogéneos de baja energía.

— *Secuencia Media (unidades G, F y E)* (fig. 8): la mayor diversidad de facies sísmicas, la distribución de las mismas de forma muy similar, tanto en el sector SW como en el sector NE, parece indicar, respecto a la Secuencia Inferior, un cambio importante en las condiciones dinámico-sedimentarias de la zona. Atendiendo a las facies sísmicas observadas, se han identificado depósitos predominantemente fangosos con intercalaciones areno-limosas de influencia fluvial (facies paralela de alta continuidad), sedimentos homogéneos de baja energía (facies transparente), cordones litorales (facies caótica), cuerpos de progradación en aguas muy someras (facies en tejas) y, hacia mar adentro, sedimentos marinos de baja energía (facies paralela de baja continuidad). Se han detectado, además, varios resaltes morfológicos correspondientes a terrazas, con un desnivel máximo de 5 m. Un caso especial lo constituye la subunidad E₁, que se desarrolla exclusivamente en el sector SW, presentando facies asociadas clásicamente a la progradación de lóbulos prodeltaicos (facies oblicua paralela). En este sector SW, la subunidad F₂, presenta facies oblicua tangencial que también se asocia a medios prodeltaicos (fig. 8).

— *Secuencia Superior (unidades, D, C, B y A)* atribuida a la transgresión Versiliense (Catafau, 1987), tiene una facies paralela de alta continuidad que pasa gradualmente hacia mar adentro a facies paralelas de baja continuidad y a facies transparentes. Estas facies corresponden a sedimentos esencialmente lutíticos, con intercalación arenosas de influencia litoral que pasan paulatinamente a depósitos de fangos homogéneos hacia la plataforma media-externa. Las unidades D y B se acúan hacia la plataforma media (fig. 6), constituyendo prismas litorales relictos. La unidad D se desarrolla únicamente en el sector SW (fig. 8).

CONCLUSIONES

Los resultados del estudio litosísmico del recubrimiento cuaternario superior en este sector ponen de relieve las siguientes características:

— Disposición general de las unidades sísmicas definidas en «onlap» costero, excepto para la unidad E (Secuencia Media), que se dispone en «offlap» (figs. 2 y

6). Las unidades se acuñan progresivamente hacia la costa hasta llegar a desaparecer. Las superficies de erosión, la progradación de unidades hacia el margen de plataforma (unidad E) y la presencia de terrazas deben estar directamente relacionadas con los cambios eustáticos del Cuaternario y con los períodos de estabilización relativa del nivel del mar.

— Afloramiento de las unidades inferiores en la parte más interna de la plataforma, que debe relacionarse con la erosión de las unidades suprayacentes durante los mínimos eustáticos o con la no deposición de éstas por hallarse dicho sector por encima del nivel de base durante el secón correspondiente.

— Los cambios laterales de las facies sísmicas dentro de una misma unidad denotan cambios laterales de las facies sedimentológicas, resultado de la influencia del río Ebro en el sector SW y del río Francolí en el sector NE, así como de los aportes de tipo torrencial y de una deriva litoral dominante hacia el SW.

— La influencia del río Ebro en el sector SW se refleja, entre otros aspectos, en el hecho de que los mayores espesores para el conjunto de las unidades estudiadas se hallan en este sector (90 m) (fig. 6), y en que la unidad de progradación E₁ (Secuencia Media) y la unidad D (Secuencia Superior) se desarrollan exclusivamente en este sector (fig. 8).

BIBLIOGRAFÍA

- ALOISI, J.C., 1986: *Sur un modele de sedimentation deltaique. Contribution a la connaissance des marges passives*. Thèse d'Etat. Univ. Perpignan. 162 p.
- BEARD, J.H. y SANGREE, J.B., 1982: Quaternary chronology. Paleoclimate, Depositional sequences and Eustatic cycles. *A.A.P.G. Bull.* 66: 158-159.
- BOUYE, C., 1983: *Étude des correlations entre la réponse sismique haute resolution de quelques types de dépôts meubles et leurs caractéristiques sédimentologiques*. Thèse d'Etat. Univ. Perpignan, 163 p.
- CANALS, M., 1985: *Estructura sedimentaria y evolución morfológica de talud y el glacis continentales del Golfo de León: fenómenos de desestabilización de la cobertura sedimentaria plio-cuaternaria*. Tesis doctoral. Univ. Barcelona, 618 p.
- CANALS, M., CATAFAU, E. y SERRA, J., 1988: Sedimentary structure and seismic facies of the inner continental shelf north of the Ebro delta (northwestern Mediterranean Sea). *Cont. Shelf Res.*, 8 (8): 961-977.
- CATAFAU, E., 1987: *Estructura sedimentaria y análisis litosísmico de la plataforma interna del sector de Vandellós (Tarragona)*. Tesis de Licenciatura. Univ. de Barcelona, 131 p.
- COLANTONI, P., FABRI, A. y GALLIGNANI, P., 1981: Seismic stratigraphic interpretation of high resolution profiles. Some applied examples. *Bull. Geol. Teor. App.*, 23 (90-91): 89-106.
- DROZ, L., 1983: *L'éventail sous-marin profond du Rhône (Golfe de Lion): grands traits morphologiques et structure semiprofonde*. Thèse 3 cycle. Univ. P. et M. Curie, Paris VI, 195 p.
- FARRAN, M., ALONSO, B., DIAZ, J.I., GIRÓ, S., MALDONADO, A., MIRABILE, L. y VAZQUEZ, A., 1984: Secuencias litosísmicas del Cuaternario en el margen continental catalán (Mediterráneo nor-occidental). *I Congreso Español de Geología* (1). Segovia: 327-338.
- GOT, H., BOUYE, C. y MIRABILE, L., 1987: L'analyse lithosismique, une methode de la sedimentologie. *Ocean. Acta*, 10: 1-13.
- MITCHUM, R.M., VAIL, P.R., y SANGREE, J.B., 1977: Stratigraphic interpretation of seismic reflection patterns in depositional sequences. *A.A.P.G. Memoir* 26: 53-63.
- RAVENNE, C., 1978: Étude bibliographique des publications d'Exxon concernant l'interpretation stratigraphique des sections sismiques. *Rev. Inst. Fr. Pet.*, 26: 179 p.
- VAIL, P.R., MITCHUM, R.M., TODD, R.G., WIDMIER, J.M., THOMPSON, S., SANGREE, J.B., BUBB, J.N. y HATLELID, W.G., 1977: Seismic stratigraphy and global changes of sea levels». *A.A.P.G. Memoir* 26: 49-205.