

Estructuración sedimentaria de los cuerpos deltaicos holocenos del margen septentrional del mar de Alborán

Sedimentary structuration of Holocene deltaic bodies in northern Alboran Sea margin

F.J. Hernández-Molina (*), J.T. Vázquez (*), L. Somoza (**), y J. Rey (***)

(*) Dpto. de Estructura y Propiedades de los Materiales, Facultad de Ciencias del Mar. Apto. 40. Polígono del Río San Pedro. 11510 Puerto Real, Cádiz.

(**) Dpto. de Geología, Facultad de Ciencias, Univ. de Salamanca. Plaza de la Merced s/n, 37008 Salamanca.

(***) Centro Oceanográfico de Fuengirola, I.E.O. Puerto Pesquero s/n, 29640 Fuengirola, Málaga.

ABSTRACT

In three deltaic areas of northern Alboran Sea margin, the different depositional bodies that establish the sedimentary structure of the holocene progradational wedge has been determined by high resolution seismic profile (3.5 kHz). Four seismic units have been differentiated: F1 seismic unit (a weak one with an oblicuo-progradational reflection configuration), F2 seismic unit (transparent), F3 seismic unit (a weak one with a sigmoidal-oblique reflection configuration), and F4 seismic unit (transparent). Each one is a real little scale depositional sequence in relation to allocyclical processes by high frequency eustatic variations during the last 6.000 years.

Key words: *Holocene, high resolution seismic profile, deltaic sedimentation, continental shelf, Alboran sea.*

*Geogaceta, 14 (1993), 40-45
ISSN: 0213683X*

Introducción

En el Mediterráneo occidental la sedimentación holocena se desarrolla en relación con la última fase de la transgresión flandriense y la posterior estabilización del nivel del mar alcanzada hace unos 6.000 años (Fairbridge, 1961; Aloisi, 1986; Hoffman, 1988). Como consecuencia de dicha estabilización, se desarrollaron los deltas actuales del margen del mar de Alborán (Hernández-Molina *et al.*, 1992 a) constituidos por una cuña sedimentaria progradante, correlacionable con las cuñas sedimentarias generadas en otros margenes continentales (Nitrouer *et al.*, 1986), y caracterizadas por presentar en los registros sísmicos de alta resolución una configuración de los reflectores sigmoidal-oblicua (Kindinger, 1988). La evolución y desarrollo de este prisma sedimentario se ha relacionado con fenómenos autocíclicos que generan fases de crecimiento y progradación, así como con fases de avulsión y abandono deltaico, considerando un desarrollo fundamentalmente horizontal en la evolución sedimentaria (Aloisi, 1986; Checa *et al.*, 1988; Swift *et al.*, 1991).

A continuación se presenta el resultado del análisis de numerosos perfiles de sísmica de alta resolución (Geopulse y 3.5 kHz) que ha permitido determinar las unidades sísmicas y los procesos se-

dimentarios que estructuran los actuales cuerpos deltaicos del margen septentrional del Mar de Alborán (Fig.1), en los sectores del delta del Guadalhorce (Fig.1-1), delta del Guadiaro (Fig.1-2), y delta del Guadalfeo (Fig. 1-3). En estos sectores la sedimentación holocena es siliciclástica, condicionada por el carácter torrencial de los sistemas fluvia-

les de aportes (Stanley *et al.*, 1975), y por una escasa influencia del oleaje y las mareas. Estos factores desarrollan pequeños cuerpos deltaicos que no progradan más allá de los sectores internos del dominio de la plataforma externa, encontrándose intensamente afectados por la interacción de la dinámica de masas de aguas atlántica y mediterránea

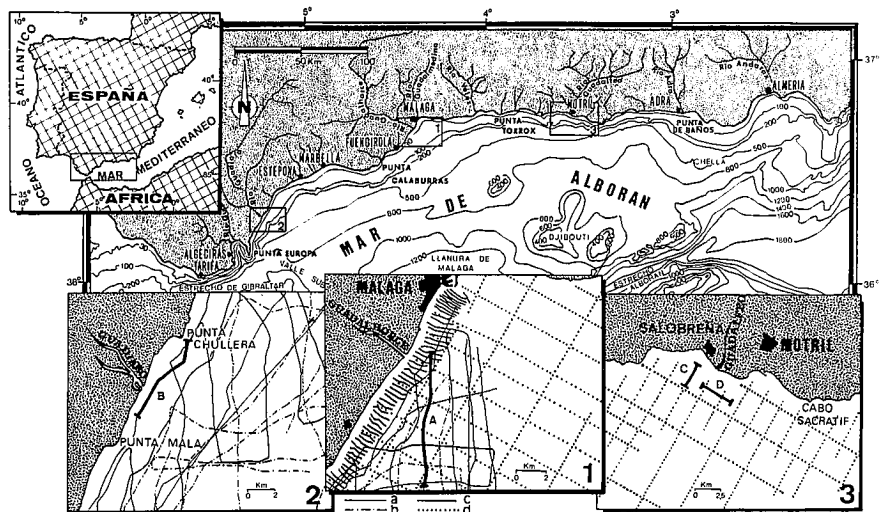


Fig.1.- Situación geográfica general del margen septentrional del Mar de Alborán, y del área del delta del Guadalhorce (1), área del delta del Guadiaro (2), y área del delta del Guadalfeo (3). Situación de los perfiles sísmicos de alta resolución: A) delta del Guadalhorce, B) delta del Guadiaro, y C y D) delta del Guadalfeo. a, b, y d.- perfiles de 3.5 kHz, c.- perfiles de Geopulse.

Fig.1.- Ssect of the geographical setting of Northern Alboran Sea. (1) Guadalhorce delta area, (2) Guadiaro delta area, and (3) Guadalfeo delta area. Hig resolution seismic profiles situation: A) Guadalhorce delta prolile, B) Guadiaro delta profile, and C) Guadalfeo delta prolile. a, b, and d.- 3.5khz seismic profiles, c.- Geopulse seismic profiles.

(Rey *et al.*, 1992; De-La-Cruz *et al.*, 1992).

Unidades sísmicas y estructura sedimentaria

El análisis de los perfiles sísmicos de alta resolución de geopulse han permitido diferenciar un conjunto inferior formado por unidades retrogradantes de otro superior, constituido por unidades progradantes (Unidad F), limitados entre sí por una superficie regional de "downlap" (DLS de Vail *et al.*, 1991) que representa la superficie de máxima inundación (MFS de Vail *et al.*, 1991). Dicha superficie se caracteriza por presentar lateralmente un apantallamiento acústico por la presencia de gases en el sedimento. Los perfiles sísmicos de 3.5 kHz, al poseer mayor resolución que los de registros de geopulse, han permitido diferenciar con suficiente detalle las unidades sísmicas menores que componen a la unidad F, determinandose las siguientes unidades (Fig.2,3 y 4):

Unidad F₁: unidad sísmica semi-transparente con configuración de los reflectores oblicuo-progradacional (Fig. 2 y 4). Esta unidad sísmica corresponde a un cuerpo sedimentario progradante con geometría cuneiforme, dispuesto sobre una potente unidad sísmica transparente (unidad E) mediante una relación de "downlap" (DLS). Esta unidad presenta en las proximidades de la desembocadura de los cursos fluviales un apantallamiento acústico debido a la presencia de gas en el sedimento. Dentro de la unidad se diferencian discontinuidades menores con cambios en la inclinación y progradación de los reflectores (Fig. 2 y 4).

Unidad F₂: unidad sísmica transparente, que se corresponde con un cuerpo sedimentario de geometría más o menos tabular en disposición agradante, y con un amplio desarrollo tanto lateral como vertical (Fig. 2,3, y 4).

Unidad F₃: unidad sísmica semi-transparente con configuración de los reflectores sigmoidal-oblicua (Fig. 2 y 4). Representa a un segundo cuerpo progradante de menor potencia respecto a F₁. Su disposición es solapante y progradante sobre las unidades anterior-

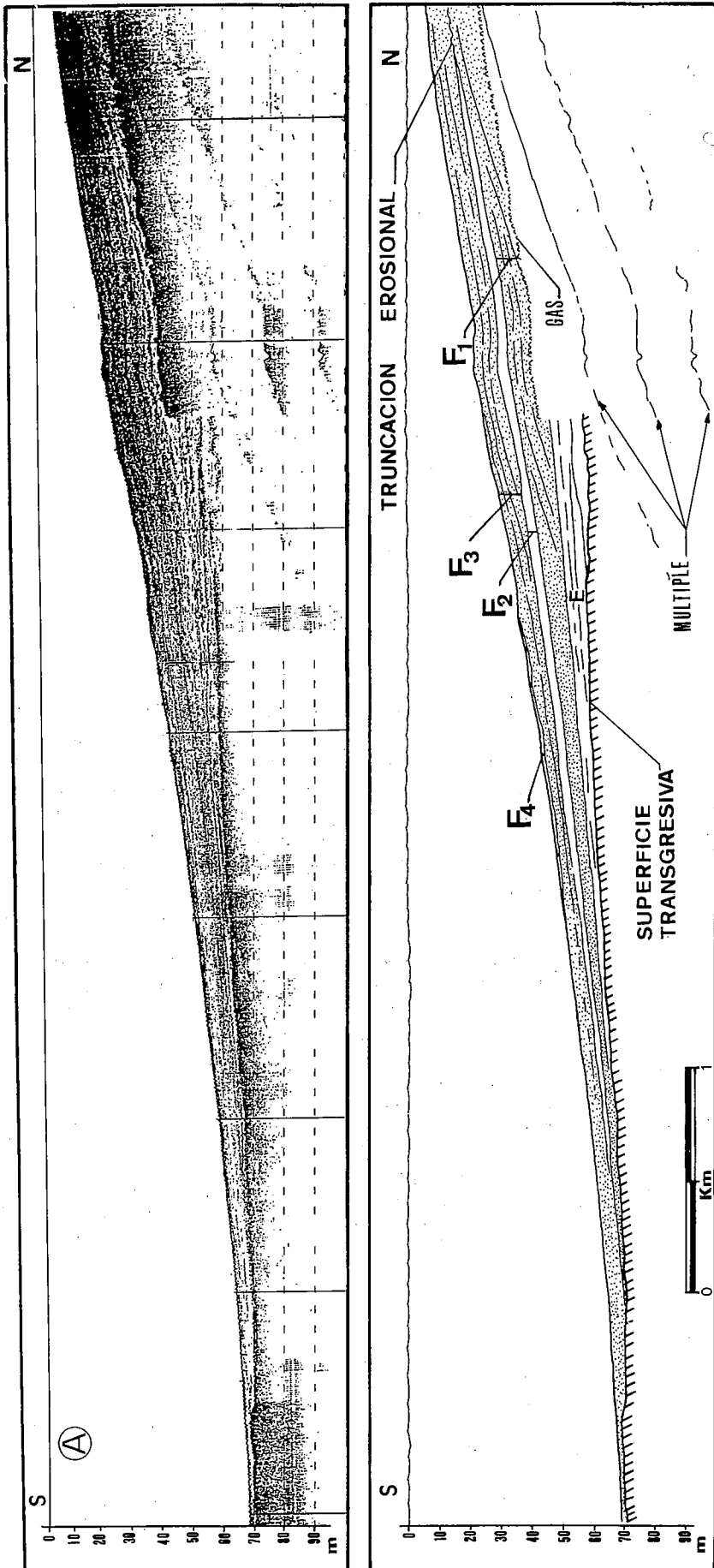


Fig.2.- Perfil de sísmica de alta resolución (A) del delta del Guadalhorce.

Fig.2.- Hig resolution seismic profile (A) of Guadalhorce delta.

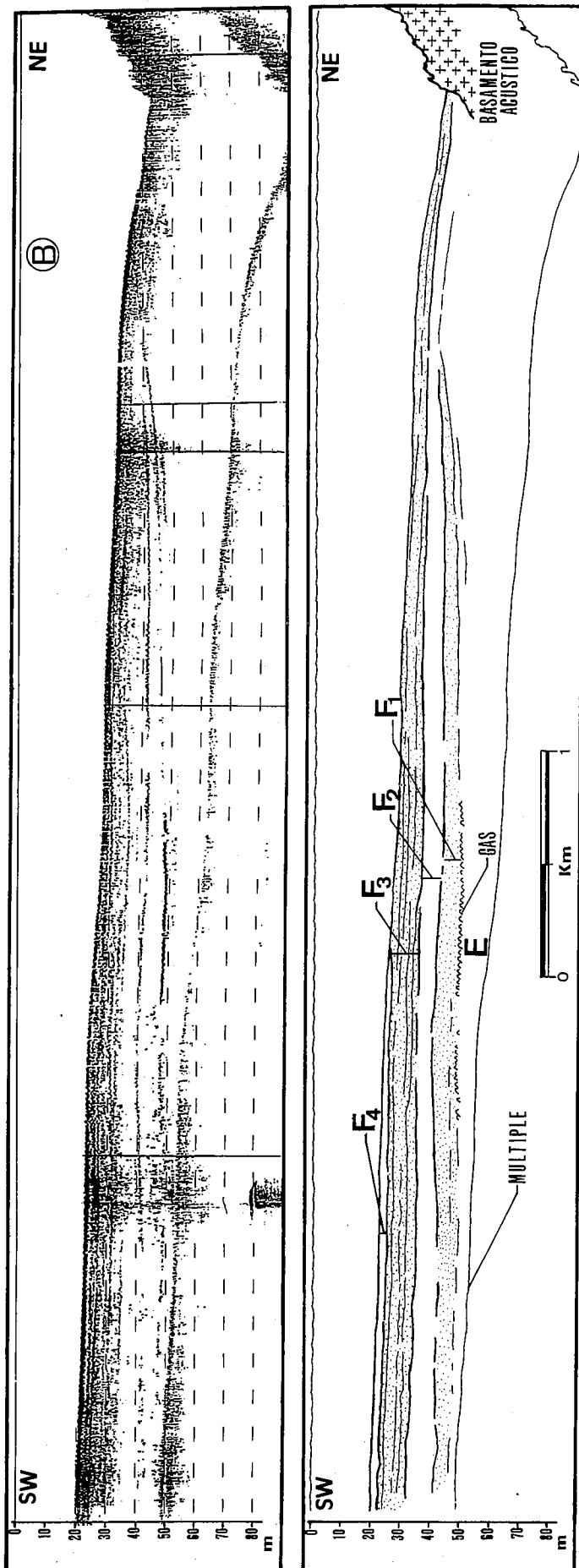


Fig.3.- Perfil de sismica de alta resolución (B) del delta del Guadiaro.

Fig.3.- Hig resolution seismic profile (B) of Guadiaro delta.

mente citadas, generando en los sectores más proximales una truncación erosional sobre la unidad F₁ infrayacente.

Unidad F₄: unidad sísmica transparente poco desarrollada, similar a F₂ pero de menor potencia.

Estas unidades han sido determinadas mediante una densa malla de perfiles sísmicos para cada uno de los tres cuerpos deltáicos estudiados. Son continuas lateralmente para cada uno de ellos, y no se aprecian cambios laterales de las diferentes unidades entre sí. No obstante, dentro de cada unidad y preferentemente en las progradantes F₁ y F₃, se observan modificaciones importantes en la inclinación de los reflectores (Fig.2 y 4), expresión de discontinuidades internas producidas por la migración lateral de las fuentes de aportes.

Interpretación y discusión de la estructura sedimentaria

Las unidades sísmicas que estructuran los deltas del Guadalhorce, Guadiaro, y Guadalfeo, se encuentran en su conjunto en disposición progradante sobre una superficie de máxima inundación (MFS) y pueden ser atribuidas (Hernández-Molina *et al.*, 1992 a) a un modelo de desarrollo incipiente de cortejo sedimentario de alto nivel del mar (Early HST de Vail *et al.*, 1991) en relación con una etapa de estabilización de la tendencia eustática global. No obstante, el crecimiento de unidades progradantes y agradantes de amplio desarrollo y continuidad lateral, sin variaciones ni cambios laterales entre ellas, así como la existencia de relaciones menores de "donwlap" y "onlap" que caracterizan a sus superficies limitantes, implica un condicionante vertical en el desarrollo de las unidades diferenciadas. En este sentido, el control de los cuerpos sedimentarios progradantes y agradantes sería alocíclico en relación con variaciones relativas del nivel del mar, lo suficientemente importantes para producir modificaciones en la relación tasa de acomodación/tasa de aportes sedimentarios.

Las variaciones relativas del nivel del mar podrían haber sido inducidas por movimientos tectónicos recientes, al tratarse de una región caracterizada por su elevada actividad sísmica. No obstante, si bien se ha determinado un cierto control estructural sobre la deposición los cuerpos sedimentarios holocenos en la plataforma (Hernández-

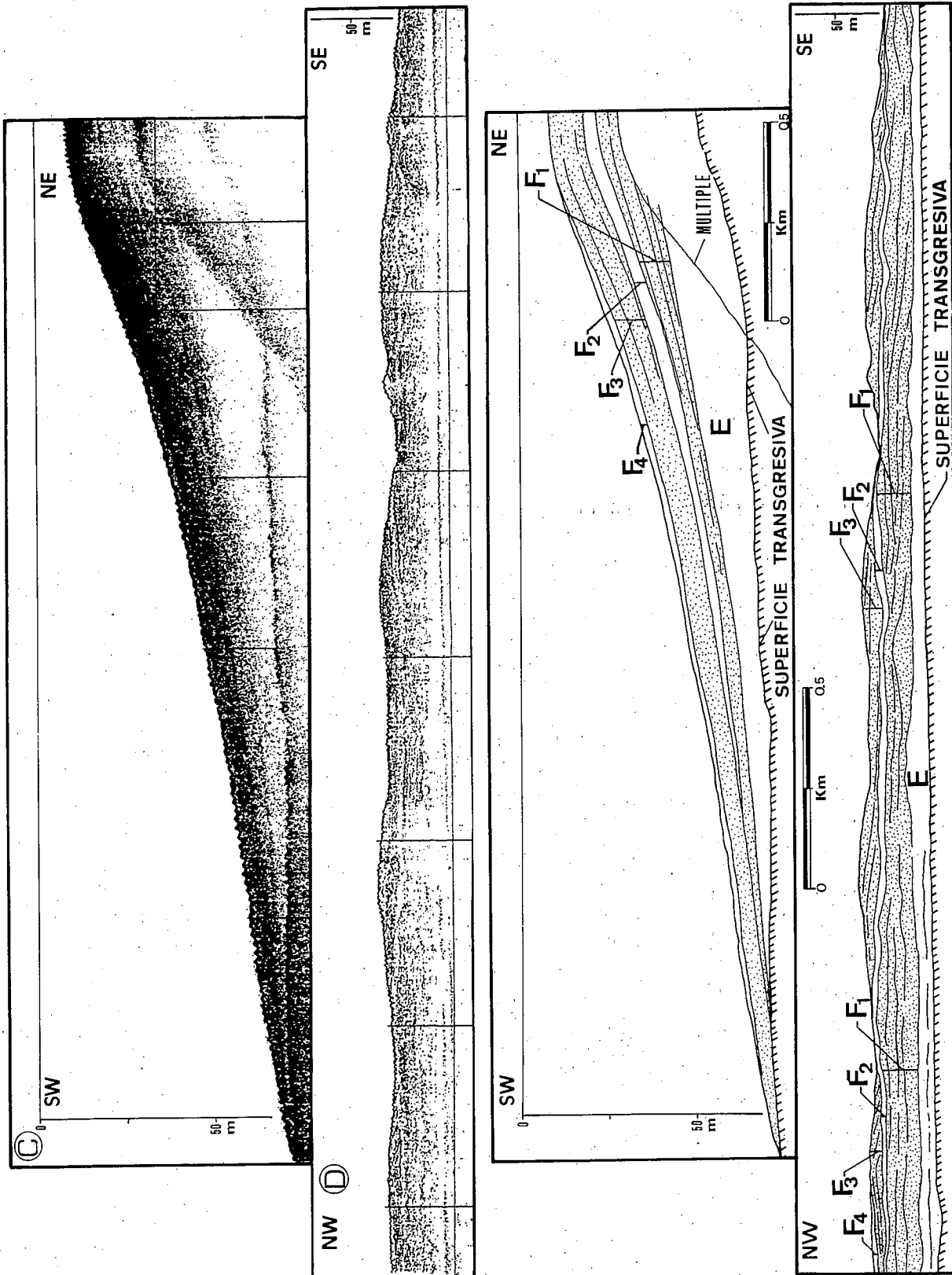


Fig.4.- Perfil de sísmica de alta resolución (C y D) del delta del Guadalfeo.

Fig.4.- Hig resolution seismic profile (C and D) of Guadalfeo delta.

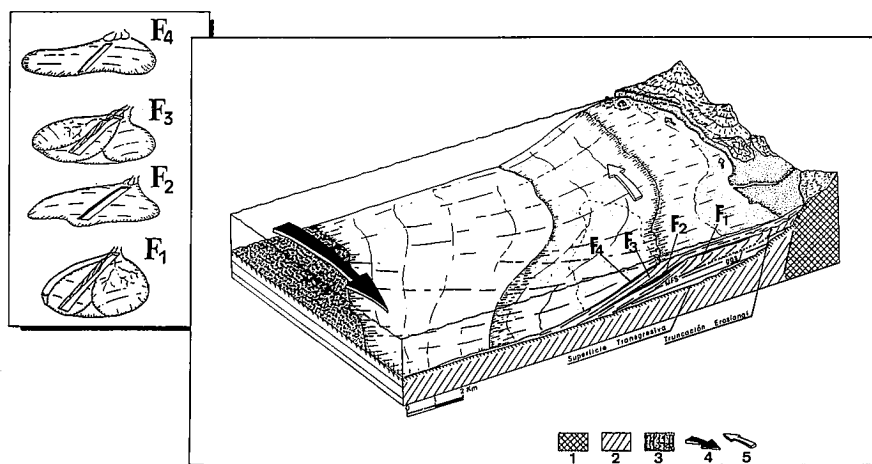


Fig.5.- Modelo teórico de estructuración sedimentaria de los cuerpos deposicionales, en las cuñas deltáicas holocenas del margen septentrional del Mar de Alborán. 1.- basamento bético, 2.- sedimentación pre-holocena, 3.- superficie transgresiva aflorante (facies relictas), 4.- dinámica de plataforma: flujo atlántico entrante en el Mar de Alborán, 5.- dinámica litoral-plataforma interna.

Fig.5.- Theoretical model of sedimentary structure of depositional bodies in the holocene deltaic wedge of northern Alborán sea margin. 1.- betic basement, 2.- pre-holocene sedimentation, 3.- transgressive surface of erosion (relict facies), 4.- shelf dynamics (atlantic water masses on Alborán sea), 5.- littoral-inner shelf dynamic.

Molina *et al.*, 1992 b), su estructura interna no está afectada por movimientos neotectónicos. Por otro lado las variaciones necesarias para producir modificaciones en la relación tasa de acomodación/tasa de aportes sedimentarios, se alcanza en fluctuaciones verticales entre 2 y 4 metros, lo que difícilmente puede obtenerse mediante movimientos tectónicos de una forma cíclica y homogénea en tan corto intervalo de tiempo y para áreas tan distantes entre sí.

La configuración de los reflectores dentro de las unidades diferenciadas, estaría controlada por oscilaciones eustáticas de alta frecuencia, en relación con los ciclos menores que modulan la estabilización de la tendencia eustática general. Oscilaciones eustáticas con fluctuaciones verticales muy grandes producidas durante los últimos 6.000 años, han sido descritas por numerosos autores (Fairbridge, 1961; Pirazzoli, 1992; Somoza *et al.*, 1992), en relación con cambios climáticos de corto periodo (Durry, 1980; Chapman *et al.*, 1982; Huairén & Zhién, 1984; Thom & Roy, 1985) e intervalos de alta actividad solar (Fairbridge, 1989). A su vez, estudios sobre la evolución de flechas playeras holocenas en las costas de Almería, han mostrado fases de crecimiento y acreción, y fases de erosión y destrucción, relacionadas con ascensos y descensos del nivel del mar, determinándose dos grandes cuerpos progra-

dantes desarrollados entre 6.400-3.800 años BP y 2.300-1.000 años BP respectivamente (Somoza *et al.*, 1992).

En este sentido las oscilaciones eustáticas constituyen un condicionante alocíclico que convierte a las unidades determinadas en verdaderas secuencias deposicionales de muy alta frecuencia. Desarrollándose durante las fases de descensos relativos la progradación deltaica, mientras que durante las fases de ascensos, la agradación deltaica, lo que permite deducir al menos dos ciclos eustáticos de cierta importancia durante los últimos 6.000 años. Los procesos autocíclicos de avulsión y crecimiento deltaico se desarrollarían dentro del intervalo de cada unidad en las zonas muy costeras durante los periodos de ascenso, y en los sectores prodeltaicos durante los periodos de descensos, tal y como se pone de manifiesto en las pequeñas discontinuidades laterales existentes en el interior de las unidades F₁ y F₂. Las dos unidades progradantes de los cuerpos deltaicos holocenos podrían ser cronológicamente correlacionables con los intervalos progradantes de los ambientes litorales, propuestos por Somoza *et al.* (1992).

Conclusiones

Los cuerpos deltaicos holocenos del margen septentrional del Mar de Al-

borán generan una cuña sedimentaria de potencia variable, que se estructura verticalmente en cuatro unidades (Fig. 5). F₁, semitransparente con configuración de los reflectores oblicuo-progradacional, F₂; agradante-transparente, F₃, semitransparente con configuración de los reflectores sigmoidal-oblicua, y F₄; agradante-transparente. La disposición de estas unidades en su conjunto, permite atribuirles al desarrollo incipiente de un cortejo sedimentario de alto nivel del mar relacionado con una estabilización en la tendencia eustática. No obstante, cada unidad sísmica constituye en sí misma una secuencia deposicional relacionada con oscilaciones eustáticas de alta frecuencia y corto periodo. Estas oscilaciones modulan la tendencia de estabilización eustática general, y condicionan los procesos alocíclicos que generan cuerpos progradantes durante los periodos de descensos y cuerpos agradantes durante los periodos de ascenso. Los ciclos eustáticos serían de un rango menor que los ciclos de Milankovitch, por lo que son difícilmente correlacionables con los ciclos mayores propuestos por Haq *et al.* (1987).

Referencias

- Aloisi, J.C. (1986): Thèse Univ. Perpignan. 162 pg.
- Checa, A.; Diaz, J.I.; Farrán, M.; y Maldonado, A. (1988): Acta Geol. Hisp., 23:241-255.
- Chapman, D.; Geary, M.; Roy, P.S. y Thom, B.G. (1982): Coastal Council of N.S.W., Sydney, 341 p.
- De-La-Cruz, J.A.; Hernández-Molina, F.J. y Vázquez, J.T. (1992): III Congr. Geol. España y VIII Cong. Latinoamer. Geol. Salamanca, Actas tomo 2:141-145.
- Durry, G. (1980): Australian Geographical Studies, 18:62-78.
- Fairbridge, R.W. (1961): Phy. Chem. Earth, 4:99-185.
- Fairbridge, R.W. (1989): Eartwath Report.
- Haq, B.U.; Hardenbol, J. y Vail, P.R. (1987): Science, 235:1156-1167.
- Hernández-Molina, F.J.; Somoza, L.; Rey, J. y Díaz-del-Río, V. (1992 a): Symposium Sequence Stratigraphy of European Basins. Dijon. Abstract Volume, 452-453.
- Hernández-Molina, F.J.; Vázquez, J.T.; De-La-Cruz, J.A.; Rey, J.; Somoza, L.; Medialdea, T.; San Gil, C.; y Díaz-del-Río, V. (1992b): III Congr. Geol. España y VIII Congr. Latinoamer. Geol. Salamanca, Simposios tomo 2:510-514.
- Hoffman, G. (1988): Berichte aus dem Fachbereich der Geowissenschaften. Universität Bremen, n°2, 173p.

- Huairén, Y. y Zhien, X. (1984): *Oceanol. Limmolo. Sin.*, 15(1):1-13.
- Kindinger, J.C. (1988): *Mar. Geol.* 83:73-94.
- Nittrouer, C.A.; Demaster, D.J.; Kuehl, S.A. y Mc.Kee, B.A. (1986): En: *Shelf Sand and Sandstones* (Eds R.J. Knight & J.R. McLean). *Can. soc. Petrol. Geol. Mem* 11:17-25.
- Pirazzoli, P.A. (1992): *Elsevier Oceanography Series*, 58, 300pp.
- Rey, J., Hernández-Molina, F.J., Somoza, L. y Díaz-del-Río, V. (1992): En: *El Cuaternario de Andalucía Oriental*. AEQUA. (En prensa).
- Somoza, L., Zazo, C., Goy, J.L. y Díaz-del-Río, V. (1992): En: *The Ocean Change: Management* (Ed. J.L. Suarez). *Patterns and the Environment*. Univ. de Sevilla: 19-26.
- Stanley, D.J.; Kelling, G.; Vera, J.A. y Slieng, H. (1975): *Earth Sci.*, 15., 51 pg.
- Swift, D.J.P.; Oertel, G.F.; Tillman, R.W. y Thorne, J.A. (1991): *Spec. Publ. Int. Ass. Sediment*, nº14, 532 pp.
- Thorn, B.G. y Roy, P.S. (1985): *Jour. Sedim. Petrol.*, 55(2):257-264
- Vail, P.R.; Andenard, F.; Bowman, S.A.; Eisner, P.N. y Pérez-Cruz, G. (1991): En: *Cycles and Events in Stratigraphy* (Eds G. Einsele et al.). *Tübingen Univ.* 617-659.