

Estructuración de los prismas litorales del Cabo de Gata: respuesta a los cambios climático-eustáticos holocenos

Structuration of the littoral wedge of Cabo de Gata: response to the climatic-eustatic holocene changes

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

(*) Dpto. de Cristalografía y Mineralogía, Estratigrafía, Geodinámica, Petrología y Geoquímica. Facultad de Ciencias del Mar. Aptdo. 40. Polígono del Río San Pedro. 11510 Puerto Real (Cádiz).

(**) Area de Geología Marina. Instituto Tecnológico Geominero de España. ITGE. Ríos Rosas 21. Madrid.

(***) Estudios Geológicos Marinos. Espacio 4, 29006 Málaga.

ABSTRACT

The internal structuration of the littoral wedge has been made by means of high resolution seismic stratigraphy analysis in front of Cabo de Gata sector (Almería). Four seismic units have been described: Seismic Unit 1.- stratified with sigmoidal to parallel reflection configuration, related to coastal bodies laterally associated with submarine terraces, Seismic Unit 2.- transparent with aggradational reflection configuration; Seismic Unit 3.- Weak to transparent with aggradational reflection configuration; and Seismic Unit 4.- progradational unit be made up of two minor subunits; 4₁) stratified with sigmoidal progradational reflection configuration and 4₂) stratified with a tangential-oblique progradational reflection configuration. The present littoral wedge has been developed by the coastal progradation during the last highstand general trend of the sea level during the last 6.500 years BP. This general sea level trend was modulated by minor higher frequency sea level oscillations. In this way, both sedimentary bodies 4₁ and 4₂ are correlated with the two minor sea level falls in the last 6.5000 years BP; the first one (4₁) is correlated with the 6.000 to 3.800 years BP regressive sea level phase, and the second one (4₂) is correlated with the 2.300 to 1000 years B.P. regressive sea level phase.

Key words: littoral wedge, inner shelf, seismic stratigraphy, Holocene, climatic-eustatic changes.

Geogaceta, 18 (1995), 79-82
ISSN:

Introducción

Los prismas litorales actuales constituyen un cuerpo deposicional en forma de cuña paralelo a la costa, cuya fisiografía submarina se caracteriza por poseer una zona supralitoral emergida, una zona interlitoral horizontal a levemente inclinada, y una zona infralitoral representada por una rampa suavemente inclinada hacia el mar, hasta el borde del prisma litoral, y cuya pendiente es directamente proporcional al tamaño de grano de los sedimentos que la constituyen. El tránsito a la plataforma continental tiene lugar gradualmente a través de una pendiente que representa la *cuña sedimentaria adosada*. Tanto el prisma litoral, como la cuña deposicional adosada a su borde están constituidos por materiales erosionados por las tormentas, y que han sido transportados hacia mar adentro por las corrientes de retorno. Su evolución y desarrollo se produce como consecuencia de la última estabilización del nivel del mar en los últimos 6.000 años (Swift *et al.*, 1991; Zazo *et al.*, 1993).

En el presente trabajo se determina la

estructuración interna de los prismas litorales existentes en Almería, en un área ubicada entre el Cabo de Gata y Mojacar (Fig. 1). Este estudio se ha llevado a cabo mediante el análisis de estratigrafía sísmica, a partir de 2000 kms de perfiles sísmicos de alta resolución de Geopulse (175 Julios). Estos prismas litorales se desarrollan hasta los 35-40 metros de profundidad, con una sedimentación silicico-clástica constituida por gravas y arenas, y que en función de la dinámica litoral se distribuyen hacia el SW. Del prisma litoral se pasa a una plataforma continental con una sedimentación de tipo mixto (IGME, 1982; Vázquez y Zamarreño, 1983; Zamarreño *et al.*, 1983). Los prismas litorales estudiados, tienen una media de 1 a 2 km de anchura, y la cuña sedimentaria adosada unos 500 m de anchura, caracterizándose por poseer una gran continuidad lateral aunque son poco potentes dada la ausencia de importantes aportes fluviales.

Análisis de estratigrafía sísmica

Mediante el análisis de estratigrafía sísmica de alta resolución, se determina que

los prismas litorales están estructurados en cuatro unidades sísmicas (Fig. 1 y 2):

Unidad sísmica 1.- *Semitransparente, estratificada con configuración de los reflectores progradante sigmoidal a paralela*. Unidades retrogradantes localizadas a la base del prisma litoral (Fig. 1 y 2) y sobre una superficie erosiva y aterrazada que afecta al basamento acústico (Superficie Transgresiva, ST). Individualmente, cada unidad presenta unas facies sísmicas estratificadas y muy reflectivas que caracterizan a los depósitos arenosos (Bouye, 1983). La terminación de los reflectores es en downlap respecto al límite inferior, y de toplap a truncación erosiva respecto al límite superior. La configuración interna de los reflectores es progradante tangencial-oblicua a progradante paralela, típica de ambientes de alta energía (Bouye, 1983). La geometría de la unidad es en banco o lobular. La potencia media de la unidad es de unos 5 a 8 metros, y la anchura de 50 a 100 m, destacándose una muy buena correlación lateral. Las unidades sísmicas 1 constituyen pequeños cuerpos sedimentarios progradantes asociados lateralmente a terrazas submarinas, y

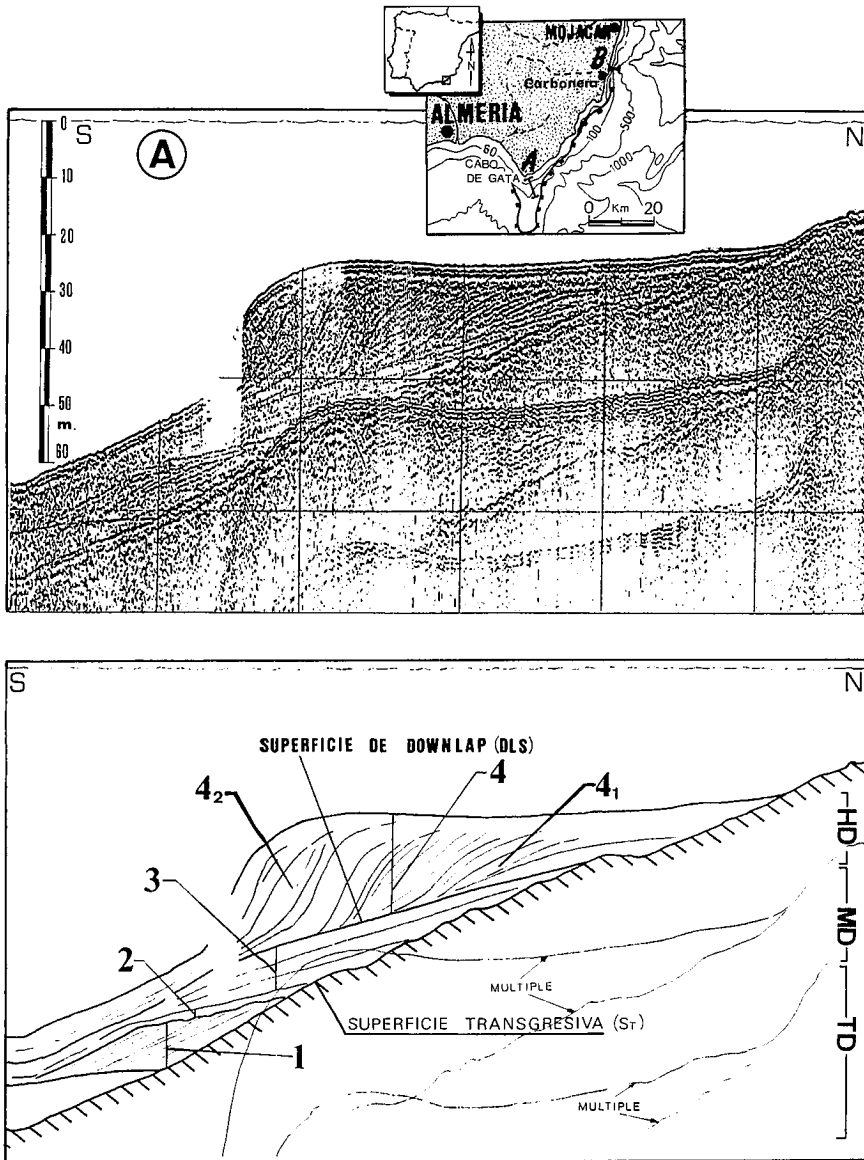


Fig. 1.- Encuadre del área estudiada, caracterización batimétrica, y situación de los perfiles sísmicos. Perfil de sísmica de alta resolución (Geopulse, 175 Julios) frente al Cabo de Gata (perfil -A-). Se observan las unidades sísmicas 1 y 2, pertenecientes a los depósitos transgresivos (TD); la unidad sísmica 3, perteneciente al depósito durante el intervalo de máximo eustático (MD); así como la unidad sísmica 4, atribuida a depósitos de alto nivel del mar (HD).

Fig. 1.- Study area sketch, bathymetrical characterization, and seismic profile situation. High resolution seismic profile (Geopulse, 175 Joules) in front of Cabo de Gata (-A- profile). Notice the Transgressive Deposits (TD): seismic units 1 & 2; Maximun Eustatic Deposits (MD): seismic unit 3; and Highstand Deposits (HD): seismic unit 4 progradational be made up of two minor subunits; 4₁ stratify with sigmoidal progradational reflection configuration and 4₂ stratify with a tangential-oblique progradational reflection configuration.

son atribuidas a crestas playeras arenosas o litosomas costeros en el sentido de Belknap y Kraft (1985).

Unidad sísmica 2.- *Transparente con configuración agradante*. Unidades retrogradantes que se superponen e interdigitan con las unidades 1 (Fig.1). Unidad transparente a semitransparente al poseer una respuesta acústica débil, relacionándose con un carácter más fangoso (Bouye, 1983). Su configuración interna es agradacional, con una terminación de los reflectores en onlap respecto del límite in-

ferior y concordancia respecto del superior. Presenta una geometría tabular o laminar, (en ocasiones lenticular), con unos 3 a 5 m de potencia. La unidad 2 se atribuye a cuerpos sedimentarios o litosomas costeros agradantes.

Unidad sísmica 3.- *Transparente*. Unidad sísmica en forma de cuña semitransparente a transparente de unos 5 a 15 metros de potencia, que se dispone sobre las unidades 1 y 2 infrayacentes. Su configuración interna es agradante y paralela (Fig. 1 y 2). La terminación de los reflectores con res-

pecto al límite inferior es de onlap y concordante respecto al superior en el cual se determina hacia tierra una marcada truncación erosional, como consecuencia de la erosión y depósito de la unidad sísmica progradante suprayacente. Esta unidad constituye un cuerpo sedimentario agradante de carácter fangoso.

Unidad sísmica 4.- *Progradante*. Unidad sísmica más superficial dispuesta sobre la unidad 3 (Fig. 1 y 2), con forma de cuña. Unidad sigmoidal-oblicua, cuya terminación de los reflectores respecto al límite inferior es de downlap (Superficie de Downlap: DLS), y la terminación de los reflectores respecto al límite superior (superficie actual de deposición) es de toplap. Esta unidad tiene unos 5 metros de potencia en los sectores proximales y de hasta 20 metros en los sectores más distales, destacándose marcadas variaciones laterales. Su desarrollo horizontal alcanza los 300 m de anchura. Los perfiles sísmicos de Geopulse han permitido diferenciar dos subunidades menores que componen la unidad 4 (Fig. 1 y 2): 4₁) estratificada con configuración de los reflectores progradante sigmoidal; y 4₂) Estratificada con configuración de los reflectores progradante tangencial-oblicua.

La estructuración interna de los prismas litorales como respuesta a los cambio climático-eustáticos holocenos

Las unidades determinadas, constituyen depósitos sedimentarios desarrollados durante el Cuaternario terminal, deduciéndose en función de sus facies sísmicas la posición relativa del nivel del mar durante el intervalo temporal en el cual se desarrolló el depósito. En este sentido se han determinado (Fig. 1, 2, y 3) tres tipos de depósitos sedimentarios: A) *Depósitos Transgresivos* (TD) caracterizados por la retrogradación de las unidades sísmicas 1 (progradantes), y las unidades sísmicas 2 (agradantes), que se disponen sobre una superficie transgresiva aterrazada (St). B) *Depósitos asociados al máximo eustático* (MD) representados por la unidad sísmica 3 agradante. C) *Depósitos de alto nivel del mar* (HD) caracterizados por la cuña sedimentaria progradante de la unidad sísmica 4, e individualizados de los depósitos transgresivos mediante una superficie regional de downlap (DLS). Internamente están estructurados por la superposición vertical y/o lateral de dos cuerpos menores de progradación (4₁ y 4₂).

Los depósitos de TD, MD, y HD pueden ser correlacionados con los depósitos identificados en los cuerpos deltáicos existentes tanto en el Mar de Alborán (Hernández-Molina *et al.*, 1993), como en el Mar Tirreno (Chiocci, 1994).

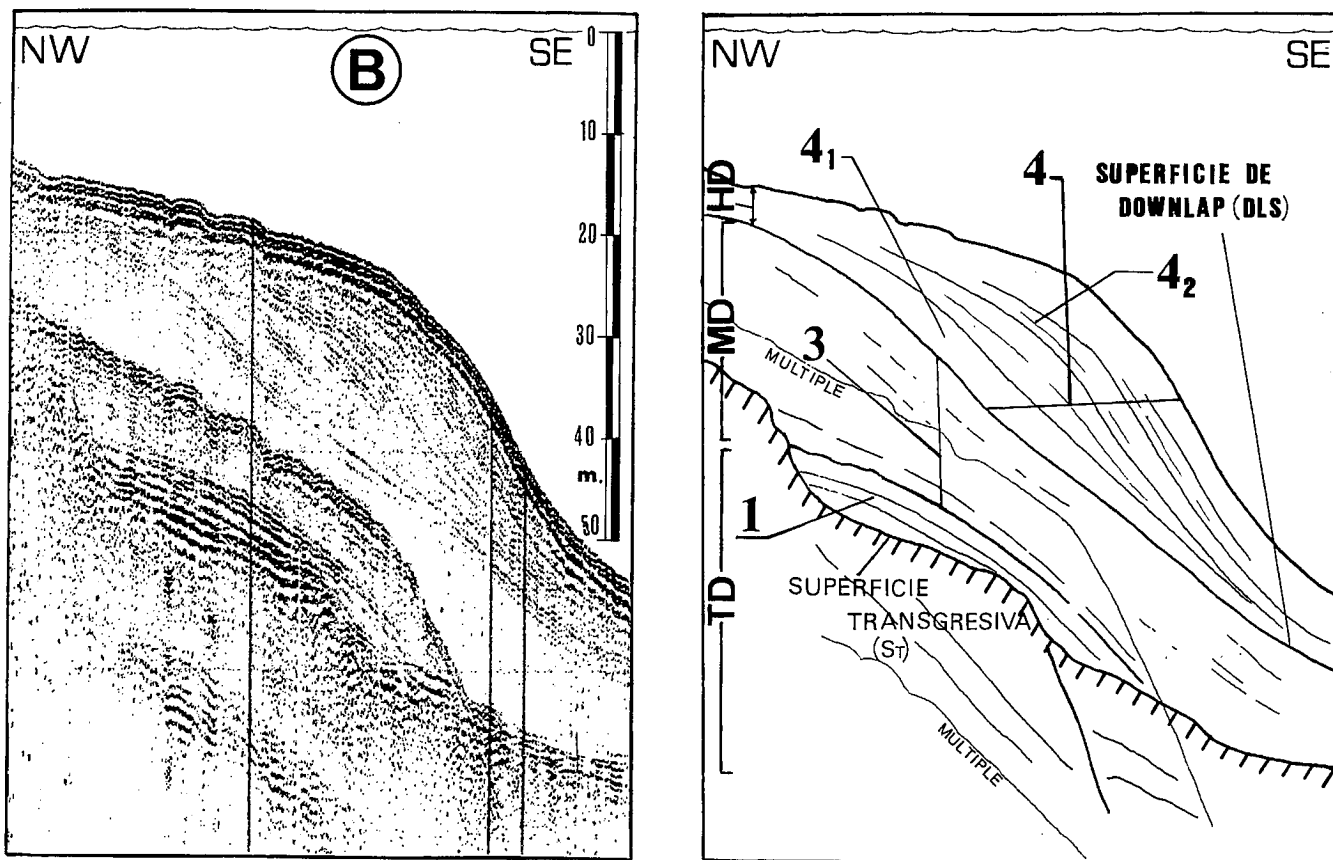


Fig. 2.- Perfil de sísmica de alta resolución (Geopulse, 175 J.) en Carboneras (perfil -B-). Se observan las unidades sísmicas 1 y 2; pertenecientes a los depósitos transgresivos (TD), la unidad sísmica 3 perteneciente al depósito durante el intervalo de máximo eustático (MD), así como la unidad sísmica 4, atribuida a depósitos de alto nivel del mar (HD).

Fig. 2.- High resolution seismic profile (Geopulse, 175 Joules) in front of Carboneras (-B- profile). Notice the Transgressive Deposits (TD): seismic units 1 & 2; Maximun Eustatic Deposits (MD); seismic unit 3; and Highstand Deposits (HD): seismic unit 4.

Los tres tipos de depósitos determinados pueden ser correlacionados con los cambios climático-eustáticos que han tenido lugar durante el último estadio isotópico caliente del Holoceno (estadio isotópico 1), que comenzó hace 10.000 años con posterioridad al último período neoglacial del "Younger Dryas" (Bradley, 1989). Durante este estadio las nuevas condiciones climáticas generaron un decrecimiento en la masa de hielo de los casquetes polares y una brusca subida del nivel del mar, distinguiéndose en el detalle tres intervalos (Hernández-Molina *et al.*, 1994): A) Holoceno inferior (10.000-6.500 años BP), en este intervalo tuvo lugar una rápida subida relativa del nivel del mar de unos 60 metros, que generó la total inundación de las plataformas continentales anteriormente emergidas. Durante este intervalo se encuadra el desarrollo de los depósitos TD (unidades sísmicas 1 y 2). B) Máximo eustático (6.500 años BP). Entre 6.500 años y 6000 años el nivel relativo del mar alcanzó unos 3 metros por encima del nivel actual, lo que condicionó la inundación de la cabecera de los cursos fluviales. Durante este intervalo se encuadra el desarrollo de los depósitos MD (unidad sísmica 3). C) Holoceno superior (6.500 años BP-Actualidad). Después de la tendencia eustática transgresiva, se establece durante el Holoceno superior, un período de estabilización en la tendencia eustática general como consecuencia de una estabilización general en el deshielo de los casquetes polares. No obstante, durante este período se suceden oscilaciones climáticas y cambios relativos del nivel del mar de mayor frecuencia, destacándose cuatro fases: I.- Fase regresiva (6.000-3.800 años BP); II.- Fase transgresiva (3.800-2.300 años BP); III.- Fase regresiva (2.300-1000 años B.P.); IV.- Fase transgresiva (1.000 años BP-Actualidad). Durante este intervalo se desarrollarían los depósitos HD (unidad sísmica 4), correlacionándose los dos cuerpos progradantes menores que componen el prisma litoral con la Fase I (4_1) y Fase III (4_2).

A su vez, en función de las dimensiones y de la estructuración interna de los cuerpos litorales estudiados, se determina dos tipos de prismas litorales: a) *NUSTRIDOS*, de considerable potencia (de 25 a 30 m), generados a partir de la progradación de la unidad 4 sobre una unidad infrayacente 3 que suele ser poco potente

(5 a 7 m). En estos prismas, se determina con gran facilidad los dos cuerpos menores 4_1 y 4_2 (Fig. 1); b) *DESNUSTRIDOS O EROSIONADOS*, prismas litorales escasamente desarrollados, o que han sido parcialmente desmantelados como consecuencia de procesos erosivos, observándose un gran número de discontinuidades internas. Estos prismas se generan mediante la progradación de la unidad sísmica 4, en la que difícilmente se diferencian las subunidades 4_1 y 4_2 (Fig. 2). Bajo la unidad 4 la unidad sísmica 3 puede estar presente o no. Cuando está presente la unidad 3 su espesor es muy variable según las zonas, puede ser muy pequeño, de 2 a 5 metros, o muy potente (10-15 metros).

Conclusiones

En función del análisis estratigráfico efectuado y del encuadre teórico de las unidades y cuerpos sedimentarios con las fluctuaciones climático-eustáticas más recientes, se ha determinado que el prisma litoral se desarrolla como tal, durante la última tendencia de estabilización del nivel

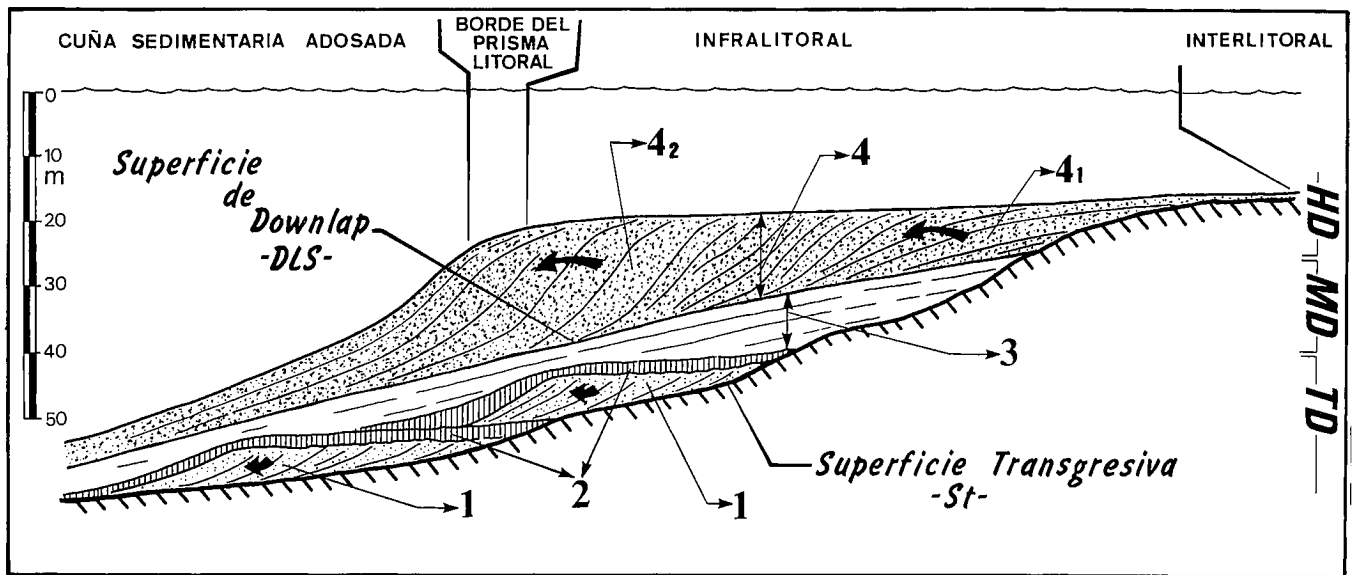


Fig. 3.- Modelo teórico en el cual se indica la posición de las unidades sísmicas que estructuran los prismas litorales del Cabo de Gata, correlacionándose con las fluctuaciones climático-eustáticas que han tenido lugar durante el Holoceno. Depósitos transgresivos (TD; 10.000-6.500 años B.P.): Unidad sísmica 1.- cuerpos costeros progradantes asociados a terrazas submarinas; y Unidad sísmica 2.- cuerpos sedimentario agradante. Depositos asociados al máximo eustático (MD; 6.500 años B.P.): Unidad sísmica 3.- agradante y paralela; y Depositos de alto nivel del mar (HD; 6.500-Actualidad): Unidad sísmica 4.- importante cuerpo sedimentario progradante constituido por dos cuerpos menores: 41) progradante sigmoidal (6.000-3.800 years. B.P.); y 42) progradante tangencial-oblicua (2.300-1000 years B.P.).

Fig. 3.-Theoretical sedimentary structuration model which shows the seismic units position comprise the Almería littoral wedge. The seismic units are correlated by the Holocene climatic-eustatic changes. Transgressive deposits (TD, 10.000-6.500 years B.P.): Seismic Unit 1.- stratified with sigmoidal to parallel reflection configuration, related to coastal bodies laterally associated with submarine terraces; Seismic Unit 2.- transparent with aggradational reflection configuration; Maximum eustatic deposits (MD, 6.500 years B.P.): Seismic Unit 3.- Weak to transparent with aggradational reflection configuration; Highstand deposits (HD, 6.500 years B.P.-Present): Seismic Unit 4.- progradational unit be made up of two minor subunits; 41) stratified with sigmoidal progradational reflection configuration (6.000-3.800 years. B.P.) and 42) stratified with a tangential-oblique progradational reflection configuration (2.300-1000 years B.P.).

del mar (6.500 años BP-actualidad), favoreciéndose la progradación de los depósitos costeros (Fig. 3). No obstante, se ha determinado que la estructuración interna del prisma litoral se debe al apilamiento de dos importantes cuerpos sedimentarios progradantes (4₁ y 4₂). El desarrollo de estos cuerpos menores se ha correlacionado con las oscilaciones de alta frecuencia que modulan la tendencia general. En este sentido, el primero de ellos (4₁) de configuración de los reflectores progradante sigmoidal se relaciona con la fase regresiva que tuvo lugar entre 6.000-3.800 años BP, y el segundo (4₂) de configuración de los reflectores progradante tangencial-oblicua, se desarrolla con la fase regresiva que tuvo lugar entre 2.300 y 1000 años B.P.

Referencias

Belknap, D. F. y Kraft, J. C. (1985): *Mar. Geol.* 63:235-262.
 Bouye, C. (1983): *Tesis Doctoral*. Univ. Perpignan. Francia. 163 pp.
 Bradley, R. S. (1989): *Global Changes of the Past*. UCAR Office For Interdisciplinary Earth Studies. 514 pp.
 Chiocci, F. L. (1994): *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 78(3):378-395.
 Hernández-Molina, F. J.; Vázquez, J. T.; Somoza, L.; y Rey, J. (1993): *Geogaceta* 14:40-45.
 Hernández-Molina, F. J., Somoza, L., Rey, J., y Pomar, L. (1994): *Mar. Geology*, 120 (1-20).
 IGME; Instituto Geológico y Minero de España (1982): *Mapa geológico de la Plataforma Continental Española y zonas adyacentes*. Escala 1:200.000. Memoria y hojas 84,85,84S y 85S (Alme-

ría-Garrucha-Chella-Los Genoveses). Ed. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía, Madrid. 105 pp
 Swift, D. J. P., Oertel, G. F., Tillman, R. W. y J. A. Thorne (1991): *Spec. Publ. Int. Ass. Sediment.* IAS, nº 14. 532 pp.
 Vázquez, A. y Zamarreño, I. (1983): *Seminario sobre Geología Marina del Mediterráneo Español*. X Congr. Nac. Sedim. Menorca (sept. 1983). Comunicaciones A. Obrador (Ed). Univ. Auto. Barcelona, 8.12-8.16.
 Zamarreño, I.; Vázquez, A. y Maldonado, A. (1983): *Estudio Oceanográfico de la Plataforma Continental E.O.P.C. Seminario Interdisciplinar*, Cádiz 15-18 Marzo., 97-120.
 Zazo, C., Goy, J. L., Somoza, L., Dabrio, C. J., Belluomini, G., Impronta, S., Lario, J., Bardají, T., y Silva, P. G. (1993): *Jour. Quat. Res.* 10(3):1-15.

Preguntas

Pregunta (F. Colombo): Al ser una zona tectónicamente activa ¿como se justifica que sean cambios de origen eustático?.

Respuesta: Los episodios agradantes y progradantes considerados se pueden correlacionar de forma regional en el Mar de Alborán y Golfo de Cadiz, rías de Galicia, Baleares y Valencia (Hernández-Molina et al. 1994)

Pregunta (C. Dabrio): ¿Que criterios se han empleado para justificar las edades?

Respuesta: Se ha correlacionado la progradación de los prismas litorales con los sistemas de flechas litorales de Roquetas (Almería) datados por ¹⁴C (Zazo et al. 1993)