

Descripción de las facies presentes en el relleno holoceno del sector externo de la Bahía de Cádiz

Description of the facies within the holocene record of the outer sector of the Cadiz Bay.

J. López-Arroyo ⁽¹⁾, J.A. Morales ⁽¹⁾ y J.M. Gutiérrez Mas ⁽²⁾

⁽¹⁾ Departamento de Geología. Facultad de Ciencias Experimentales. Universidad de Huelva. Campus Universitario del Carmen, s/n. 21007 Huelva.

⁽²⁾ Departamento de Geología. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Cádiz. Cádiz. Campus del Río San Pedro, Puerto Real, 11071 Cádiz.

ABSTRACT

The Holocene sedimentary evolution in the continental margin of Cadiz Gulf is affected by different factors, which control the nature and distribution of the deposits. The physiography of coast and sea bottom linked to a hydrodynamic regime controlled by storms and tidal current system control the short term deposition. The aim of this paper is to study the sedimentary record in terms of facies and facies sequences, so as determine the sedimentary conditions of Cadiz Bay and their evolution during the Holocene.

Drilling data were used to know the nature and distribution of the nonconsolidated recent sedimentary deposits. Thickness distribution shows significant variations related with the infilling of palaeochannels incised during the Late Pleistocene lowstand. The sedimentary record presents a succession of facies, having recognized 10 main sets of lithofacies, organized in sequences. According to the sedimentary record and to the prevalent dynamic process, the area has been divided in four different sectors. The first and second ones are respectively characterized by sequences of gravels (generated by storm relaxation currents) to muddy sand (deposited by tidal currents). The third sector is a rocky shoal with a thin gravel cover. A fourth sector is a zone partially protected from waves, due to the presence of the rocky shoal, and its sedimentary infill is constituted by sand and mud generated by the tidal currents, including some gravelly storm layers. The general decrease of energy shown by the sedimentary record is interpreted as a result of the decrease of tidal prism of the bay and the deviation of the main outlet currents to the southwest caused by the infilling.

Key words: Holocene, facies, sediment dynamics, Cadiz Bay.

Geogaceta, 39 (2006), 135-138

ISSN: 0213683X

Introducción

La Bahía de Cádiz se localiza en la zona central de la costa Sur-Atlántica española, entre la desembocadura del Río Guadalquivir y el Estrecho de Gibraltar, con latitud 36° 30' N y longitud 6° 10' W (Fig. 1). Actualmente, la Bahía de Cádiz constituye un ambiente natural protegido que tiene una extensión de aproximadamente 100 km² incluyendo medios inter y submareales. Morfológicamente, este sistema costero se subdivide en dos bahías, donde la interna está parcialmente cerrada por dos largas barreras arenosas que protegen una albufera poco profunda. Un río principal proporciona agua y sedimento directamente a la bahía externa, es el Río de Guadalete que principalmente drena: (1) Cuarzoarenitas de las Unidades Flysch del campo de Gibraltar (2) calcarenitas del Mioceno; (3) terrazas pleistocenas (Moral-Cardona *et al.*, 1996).

Esta costa está afectada por un régimen mesomareal donde el rango de la marea medio es 2,2 m, en las mareas vi-

vas el rango máximo alcanza 3,7 m y en las mareas muertas el rango mínimo es 0,65 m (Benavente *et al.*, 2000). La velocidad actual de la marea en la Bahía de Cádiz alcanza los valores máximos a lo largo del Estrecho de Puntales donde puede ser mayor de 1,5 m/s durante los momentos de reflujos de mareas vivas (Guillemot y Arriba, 1987).

La mayor parte del tiempo actúa el oleaje procedente del oeste. Las olas de tormenta están relacionadas mayoritariamente con los temporales Atlánticos y llegan del sudoeste (Jódar *et al.*, 2002). Las alturas de la ola significativa ($H_{1/3}$) muestran valores medios de 0,85 metros, con períodos de 4,58 segundos. Los valores de $H_{1/3}$ alcanzados durante las tormentas son de 2,20 m, con períodos de 6,24 s.

La Bahía de Cádiz ha sido el objetivo de numerosos trabajos durante las últimas décadas. Una amplia variedad de estudios se dedicó a la comprensión de acción de los agentes hidrodinámicos (e.g. Jódar *et al.*, 2002; Kagan *et al.*, 2003). Por otro lado, numerosos trabajos caracterizan los

sedimentos superficiales en la Bahía (e.g. Parrado *et al.*, 2000; Achab *et al.*, 1999). Otros estudios se enfocaron hacia los procesos de intercambio del sedimento entre la Bahía y la plataforma adyacente (e.g. Gutiérrez-Mas, 1994; Achab, 2000). No obstante, nunca se describieron globalmente las sucesiones de facies del relleno sedimentario.

El objetivo principal de este trabajo es la identificación y descripción de litofacies para reconstruir la secuencia de facies holocenas del registro sedimentario e interpretar la historia dinámica del relleno sedimentario del sector externo de la Bahía de Cádiz. En este sentido, el único estudio del registro sedimentario de la Bahía (Lobo *et al.*, 2001) estuvo enfocado a la definición de cuerpos sedimentarios usando registros sísmicos de alta resolución, pero sin análisis de facies directo.

Metodología

El presente trabajo de investigación se basa en el estudio de 41 testigos de vibración

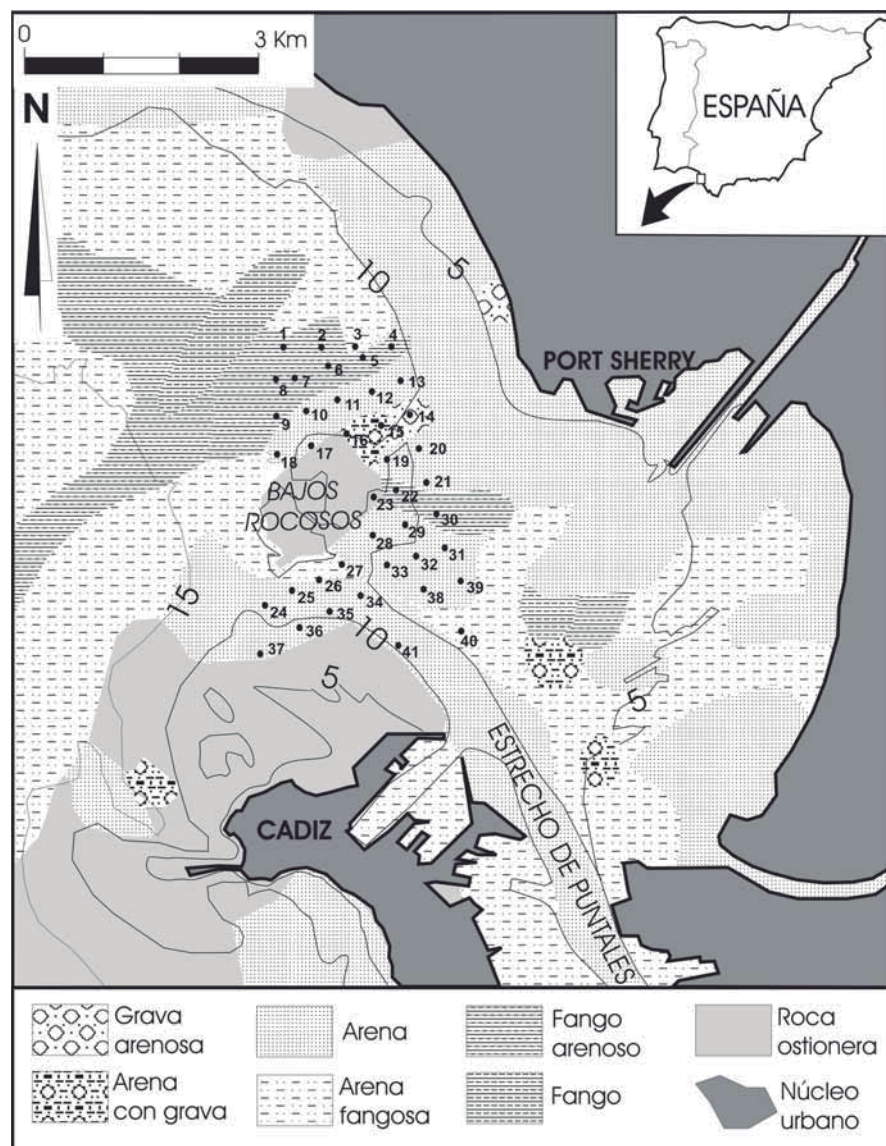


Fig. 1.- Localización del área de estudio y de los sondeos de vibración sobre un mapa de distribución del sedimento superficial en la Bahía de Cádiz.

Fig. 1.- Location of the study area and location of the cores on a map of surficial sediment distribution on the Cadiz Bay.

tomados por las empresas HIDROCARSA y GEOMY TSA dentro de una malla situada en el centro de la bahía externa alrededor de los bajos de La Galera y El Diamante (Fig. 1). La campaña tuvo lugar entre los días 24 de Febrero y 9 de Marzo de 1995. La extracción de los sondeos se realizó con un *vibrocóre* de funcionamiento hidráulico modelo Asther-2 con 4000 rev/min. Para el posicionamiento de estos sondeos se utilizó un sistema GPS diferencial TRIMBLE 4000 RS con un rango de error de 1m.

Para la apertura se utilizó una amoladora tipo «radial», realizándose dos cortes laterales a lo largo de todo el testigo. Una vez cortado se separaron en dos mitades, utilizándose un hilo de nylon. Una vez abierto se procedió a su descripción y a la toma de muestras de sedimentos para su

posterior análisis granulométrico. Se han realizado también pieles de laca (*lacquer peels*) empleando laca nitrocelulósica de secado rápido.

Litofacies

En la descripción de litofacies se han tenido en cuenta cinco características: Litología, composición, ordenamiento interno, tipo de bioturbación y grado de bioturbación. Al aparecer un elevado número de litofacies individuales se ha procedido a la agrupación de las mismas utilizando el tamaño de grano como criterio diferenciador principal y la composición como criterio secundario, de este modo se han distinguido 10 conjuntos de litofacies. En estas descripciones el término fango se

emplea como equivalente al inglés *mud* y se refiere a sedimento no consolidado inferior a 63 mm.

Gravas

Las gravas de carácter terrígeno han sido observadas en una sola muestra, en este caso son facies masivas y sin bioturbación, compuestas principalmente por clastos de calcarenita cementada con contacto inferior erosivo. El resto de las ocasiones las gravas tienen un acusado carácter bioclástico, aunque los bioclastos aparecen mezclados con clastos cuarcíticos. Se han definido dos litofacies con esta composición: a) con ordenamiento masivo y b) con laminación cruzada planar y granuloclasificación normal. En todos los casos los contactos inferiores son de carácter erosivo.

Gravas con Arenas Siliciclásticas

Al igual que en el caso anterior la bioturbación está completamente ausente. Existen dos subfacies: gravas arenosas y gravas arenosas con matriz limosa, no presentando bioclastos en ninguno de los casos.

Gravas con Arenas Bioclásticas

Suelen presentar granuloclasificación normal y el contacto inferior suele ser erosivo, si bien el ordenamiento interno es variable, pudiendo aparecer de forma masiva o con estructura interna correspondiente a la migración de formas de fondo, como estratificación cruzada planar o laminación paralela inclinada.

Arenas con Gravas Siliciclásticas

Estas facies son muy parecidas a las anteriormente descritas, distinguiéndose principalmente por una mayor proporción relativa entre las fracciones arena y grava. La composición terrígena mayoritaria es característica de ambas fracciones. En la fracción arena dominan los granos de cuarzo y en las gravas los cantos de cuarcita o los fragmentos de roca. Se han distinguido dos litofacies: una masiva sin bioturbar y de color marrón-amarillo y otra, en la que alternan láminas de estas mismas facies con otras con un importante contenido en fangos de colores grises.

Arenas con Gravas Bioclásticas

Al igual que en el caso anterior son facies groseras aunque, tanto las arenas como las gravas están compuestas fundamentalmente por bioclastos, aunque las arenas tienen también un importante porcentaje de cuarzo. Dentro de este conjunto de facies se han diferenciado tres tipos de litofacies que destacan por presentar un porcentaje variable de sedimentos de fracción grava: a) con carácter masivo, b) con laminación paralela

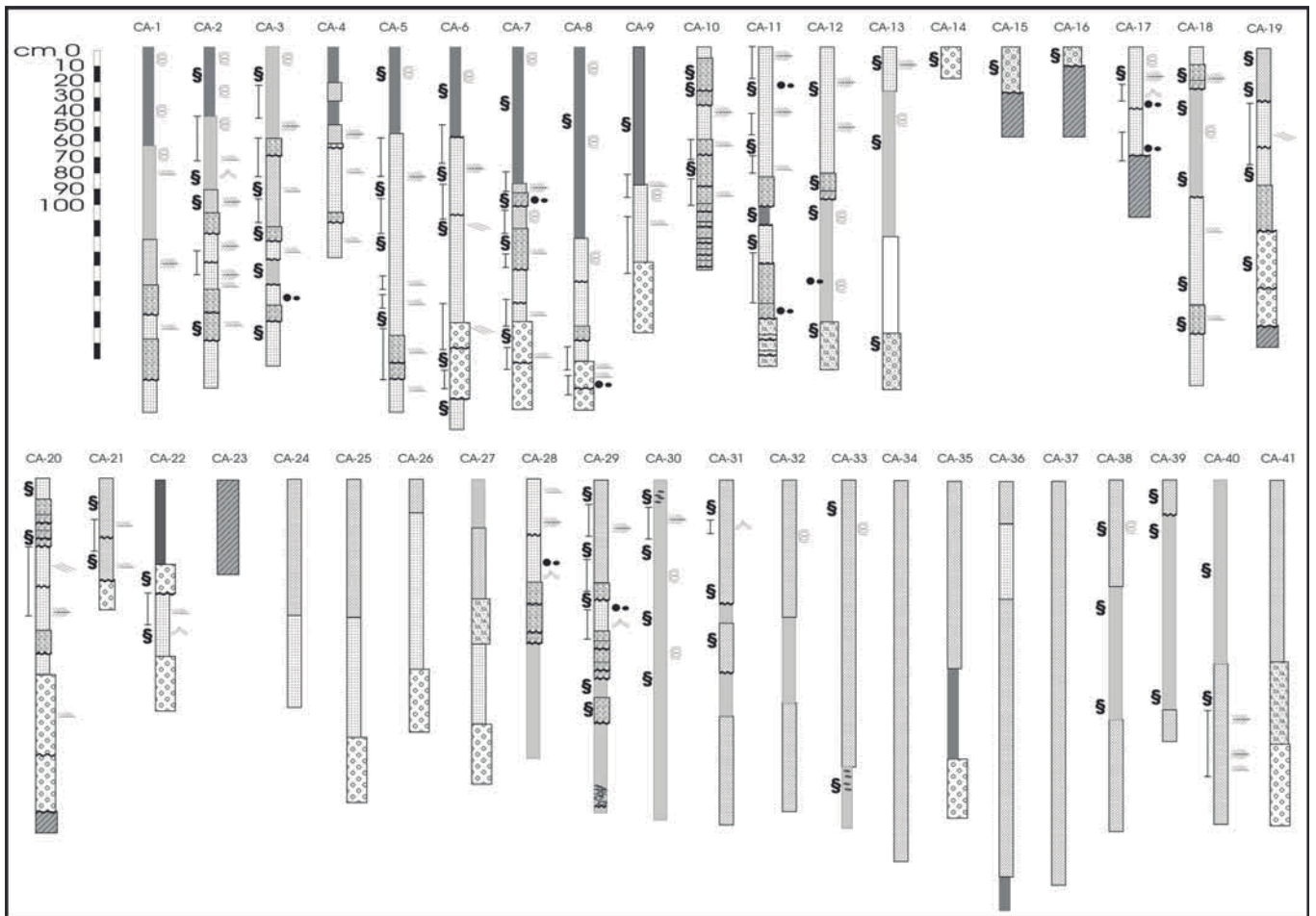
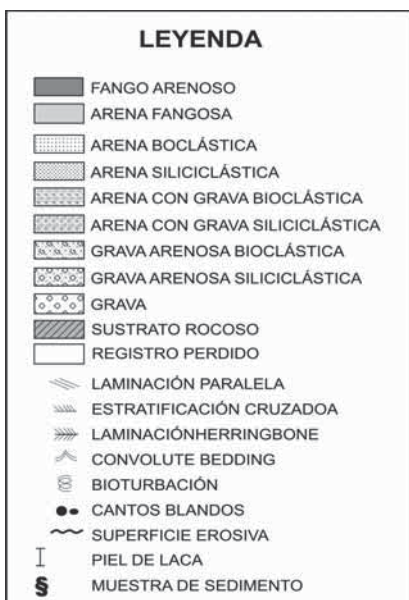


Fig. 2.- Perfiles litológicos de los sondeos estudiados.

Fig. 2.- Lithological logs of the studied cores.



Leyenda de signos.

Legend of symbols.

inclinada y c) con granuclasificación normal y con cantos blandos.

Arenas Siliciclásticas

El tamaño de grano de estas facies oscila entre arenas muy finas y arenas medias con diferentes tipos de distribu-

ción granulométrica, pero en general mala clasificación. Se ha realizado una primera distinción entre arenas bioturbadas y sin bioturbar. Las arenas siliciclásticas bioturbadas presentan ordenamiento masivo o con laminación cruzada planar, con escasas galerías y cantos blandos. Todas estas facies presentan en general colores *beige* o marrones claros.

Dentro de las arenas siliciclásticas sin bioturbar se distinguen arenas masivas con colores marrones y amarillos. Con referencia a la estructura interna, existe una amplia variabilidad en función de la escala y de la morfología de las láminas, así se presentan: a) con ordenamiento masivo y granuclasificación normal, b) con estratificación cruzada planar y con granuclasificación normal, con superficies de reactivación y contactos erosivos, c) con laminación cruzada de base curva, d) pueden aparecer también con estructuras internas de escala menor como laminación cruzada tipo *ripple* y superficies de reactivación, e) con laminación cruzada *herringbone*, f) con laminación paralela inclinada y 6) con laminación *convolute*.

Existen variaciones granulométricas en función del tipo de estructura interna, de modo que, en general, puede observarse que las arenas que presentan *ripples* son de granulometría más fina que las que presentan estratificación cruzada. Además, se han observado transiciones de estructuras sedimentarias de escala decimétrica a centimétrica acompañadas de disminución del tamaño de grano.

Arenas Bioclasticas

Granulométricamente suelen ser arenas gruesas o muy gruesas de forma dominante, aunque puede aparecer esta litología con granulometría más fina. Son generalmente facies no bioturbadas. Se han distinguido varios tipos de facies en función de la estructura dominante: a) arenas bioclasticas masivas, b) con estratificación cruzada planar, c) con estructuras de escala centimétrica como laminación cruzada acompañada de superficies de reactivación y d) con laminación paralela. En todos los casos el contacto inferior puede estar constituido por superficies erosivas.

Arenas Fangosas

Se han distinguido también entre arenas fangosas con y sin bioturbación. Dentro de las primeras destacan las arenas fangosas con estratificación cruzada planar y abundantes superficies de reactivación. También pueden aparecer arenas fangosas con laminación *ripple*, que también suele presentar superficies de reactivación y granuloclasificación normal. Todas estas facies presentan una bioturbación por galerías en trazas, de igual modo, los colores de todas estas facies son generalmente diferentes tonalidades de marrón oscuro.

Dentro de las arenas fangosas no bioturbadas destacan las facies masivas de colores marrones, grises o amarillos. Aparecen también facies con estratificación cruzada planar, con superficies de reactivación y granuloclasificación normal, estas facies pueden aparecer también con otros tipos de ordenamiento interno de menor escala y cantos blandos. Se han distinguido también arenas fangosas con *convolute bedding*.

Fangos Arenosos

Son facies bastante abundantes, mostrando con escaso grado de bioturbación o sin bioturbar y de color predominantemente gris oscuro a negro. En general presentan ordenamiento masivo, aunque suelen presentar contacto erosivo con las litologías infrayacentes. Se han distinguido entre fangos arenosos masivos con ligera bioturbación por galerías y dos tipos diferentes de fangos arenosos sin bioturbar: a) fangos arenosos masivos de base plana y b) fangos arenosos masivos con contacto inferior erosivo.

Secuencias de relleno sedimentario

Las diferentes facies descritas se ordenan en diferentes secuencias de relleno sedimentario que han sido representadas en columnas sedimentarias (Fig. 2). La variabilidad de estas secuencias ha permitido distinguir de cuatro zonas. Estas zonas se extienden en dirección NW-SE y están condicionadas por la presencia del bajo rocoso que aflora en el centro del área de estudio (Bajo del Diamante). A continuación se describen en detalle las características del relleno sedimentario de cada una de estas zonas.

Zona I

Queda delimitada por los sondeos de vibración 2, 5, 6, 7, 8 y 9 y se extiende a lo largo de los dos transectos situados más al Norte (Fig. 1). El relleno se caracteriza por una secuencia granodecreciente hacia la superficie desde gravas hasta fango arenoso.

A muro aparecen unas gravas con bioclastos y cantos silíceos hasta los 2,20 m, seguidos de unas arenas con bioclastos que a 1,30 m pasan a fangos arenosos, granulometría que se mantiene hasta la superficie. Este cuerpo superior de fango arenoso no presenta una potencia homogénea aumentando los espesores hacia el SO.

Zona II

Se extiende por una zona que incluye los sondeos 3, 10, 11, 12, 13 y 18 (Fig. 1). En general, corresponden con el tercer y parte del cuarto transectos de la malla de sondeos. En líneas generales, la secuencia de facies se caracteriza por presentar también un carácter granodecreciente incluyendo arenas con gravas bioclásticas y arenas fangosas, si bien las arenas fangosas se presentan en un cuerpo intercalado dentro de las arenas bioclásticas.

Zona III

Están incluidos los sondeos 14, 15, 17, 20, 21, 22 y 23 situándose al NE de los bajos rocosos (Fig. 1). Destaca por presentar secuencias de escasa potencia constituidas por sedimentos groseros desde prácticamente el comienzo de los sondeos llegándose a cortar al sustrato rocoso en cuatro de ellos. Este sustrato rocoso está constituido por calcarenita cementada del Pleistoceno. Las arenas y las gravas que aparecen presentan gran cantidad de bioclastos y fragmentos de la propia calcarenita, evidencia clara de la procedencia del sedimento desde la erosión y retrabajo del propio bajo. Destaca el sondeo CA-22 por presentar un paquete de fangos de casi 0,60 m. de potencia en superficie que rompe el dominio de materiales groseros propios de la zona. Esta irregularidad parece deberse a la existencia de una depresión en la zona de ejecución de dicho sondeo que puede favorecer la sedimentación de materiales finos.

Zona IV

Queda delimitada por los sondeos 24 al 41 correspondiendo con los transectos situados al SE de los bajos rocosos (Fig. 1). Destaca por presentar cuerpos de arenas fangosas y arenas que en los tramos más cercanos a la zona anterior pueden llegar a tener bastantes bioclastos y fragmentos de calcarenita. En general esta zona no presenta materiales tan groseros como los de la zona III y la composición es fundamentalmente siliciclástica, representativo de un medio bastante más tranquilo.

Conclusiones

Las secuencias de relleno muestran en general un decrecimiento de energía en to-

das las zonas descritas. Las secuencias de las zonas más externas (I y II) comienzan con facies más groseras que se han interpretado como depósitos de tormentas y finalizan con sedimentos más finos que se interpretan como depósitos mareales de baja energía. La zona más interior (zona IV) presenta una secuencia de sedimentos más finos que ha sido interpretada como resultado de la acción de corrientes mareales de baja energía al estar protegida del oleaje por los bajos de la zona III.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado con fondos CICYT, del Plan Nacional de I+D de los proyectos: MAR98-0796 y REN2002-01142/ MAR. Las pieles de laca fueron realizadas por J. M. Jódar. Se agradece también la contribución de un revisor anónimo.

Referencias

- Achab, M. (2000). *Estudio de la transferencia sedimentaria entre la Bahía de Cádiz y la plataforma continental adyacente*. Tesis Doctoral, Univ. de Cádiz, 533 p.
- Achab, M., Gutiérrez Mas, J. M., Moral Cardona, J.P., Parrado Román, J.M., González Caballero, J.L y López Aguayo, F. (1999). *Geogaceta*, 27, 7-10.
- Benavente, J., 2000. *Morfoodinámica litoral de la Bahía Externa de Cádiz*. Tesis Doctoral, Univ. de Cádiz, 533 pp.
- Guillemot, E. y Arriba, J.A. (1987). En: *Evolución de los paisajes y ordenación del territorio en Andalucía Occidental*. (J. Velásquez, Ed.). Junta de Andalucía y Diputación de Cádiz, 237.
- Gutiérrez-Mas, J.M., López-Galindo, A., Domínguez-Bella, S., Villanueva, P. y López Aguayo, F. (1994). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 7, 169-178.
- Jodar, J.M., Voulgaris, G., Luna del Barco, A y Gutiérrez-Mas, J.M. (2002). En: *Littoral 2002, The Changing Coast*, 3, 287-291.
- Kagan, B.A., Álvarez, O., Izquierdo, A. Mañanes, R., Tejedor, B y Tejedor, L. (2003). *Continental Shelf Research*, 23, 435-456.
- Lobo, F. J., Hernández-Molina, F. J., Somoza, L. y Díaz del Río, V. (2001). *Marine Geology*, 178, 171-195.
- Parrado Román, J.M., Gutiérrez-Mas, J.M., Achab, M., Luna del Barco, A. y Jódar Tenor, J.M. (1999). *Geogaceta*, 27, 189-192.