

Distribución y estructuración sedimentaria de los depósitos del Holoceno Terminal en la Bahía de Cádiz

Late Holocene deposits distribution and structuration in the Bay of Cadiz

F.J. Hernández-Molina (*), M.C. Fernandez-Puga(*), L.M. Fernandez-Salas (*), E. Llave (*), F.J. Lobo (*), J.T. Vázquez (*), J. Acosta (**), y F. López-Aguayo (*)

(*) Dpto. de Geología. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Cádiz (UCA). Polígono del río San Pedro s/n. 11510 Puerto Real. Cádiz (Spain).
(**) Instituto Español de Oceanografía. Corazón de María, 8 1ª, 28002. Madrid (Spain)

ABSTRACT

Late Holocene deposits characterization in the Bay of Cádiz has been carry out by means of a high resolution seismic profiles grid. Sedimentary cover distribution allows to distinguish two different sectors in the external bay: a) eastern sector, with a thick sedimentary infill, composed of three major depocenters with a NNW-SSE direction; and b) western sector, with a thinner sedimentary cover which increases progressively towards the continental shelf. This Holocene sedimentary cover is composed of three seismic units: 1) unit a: sigmoidal-oblique progradational configuration; 2) unit b: sigmoidal progradational configuration; and 3) unit c: aggradational superficial unit that is only present in the western sector of the Bay.

Key words: *Seismic stratigraphy, sedimentary structuration, Holocene, Bay of Cádiz.*

*Geogaceta, 20 (2) (1996), 424-427
ISSN: 0213683X*

Introducción

La Bahía de Cádiz constituye un accidente físico litoral que se sitúa geográficamente entre Punta Candor (Rota) y el castiello de Santi Petri (Chiclana). Se divide en tres partes bien diferenciadas: a) **Bahía externa**, situada a N del estrechamiento que se produce entre el Bajo de la Cabezuela y las costas orientales de la Ciudad de Cádiz (al N del Puente José León de Carranza, Fig. 1). Constituye la zona más abierta con una mayor influencia del viento, del oleaje y de las corrientes, predominando los sedimentos arenosos sobre el fondo y los afloramientos del sustrato acústico constituido por los materiales consolidados del Plioceno terminal-Pleistoceno (facies roca ostionera de Zazo, 1980) de Plioceno terminal-Pleistoceno. b) **Bahía interna**, al S del estrechamiento antes mencionado. Constituye la zona más resguardada frente a los procesos erosivos y se encuentra en un proceso de continua colmatación siendo de carácter fangoso el sedimento que se encuentra sobre el fondo. c) **Bahía desecada**, constituida por las marismas del río Guadalete entre el Puerto de Santa María y Puerto Real (Zoido, 1982; Guillemot y Arriba, 1987; Barragan, 1995).

El origen y evolución de la Bahía se re-

laciona con la actuación de un sistema de fracturas conjugadas de dirección ENE-WSW y NNW-SSE, que si bien son de origen Mioceno, han actuado durante el Cuaternario terminal, permitiendo que en el bloque más hundido se genere una amplia ensenada donde el mar ha actuado sobre los materiales menos resistentes, dando lugar a la actual fisiografía que constituye el entrante de la Bahía, quedando restos que corresponderían a las zonas más elevadas y resistentes, como Cádiz, San Fernando, y Santi Petri (Benkhelil, 1976; Zazo *et al.*, 1983). La configuración actual de la Bahía de Cádiz se alcanza durante el Cuaternario Terminal, concretamente tras la transgresión Flandriense durante el Holoceno terminal (Zazo, *et al.*, 1994; Dabrio *et al.*, 1995b). Durante este intervalo la acción de la deriva litoral dio lugar a la generación de una flecha en Valdelagrana (Puerto de Santa María) al N de la Bahía y otra en Santi Petri (Menanteau, *et al.*, 1989), las cuales aislaron del mar abierto una amplia zona de lagoon. Esta zona resguardada fue rellenándose con material procedente de las mareas y sobre todo con los depósitos del río Guadalete, principal curso fluvial de la provincia de Cádiz y que desemboca en la Bahía. Por tanto los depósitos de este río han contribuido de forma importante a la estructura

sedimentaria de la bahía, especialmente de la bahía interna (Gavala, 1927, 1959; Mabessone, 1963 a y b, 1966; Gutierrez-Mas, *et al.*, 1991; Zazo, *et al.*, 1994; Dabrio, *et al.*, 1995 a y b).

La estratigrafía y la estructuración sedimentaria de los depósitos de la Bahía se conoce sólo a grandes rasgos, bien a partir de diferentes sondeos, que han sido realizados en zonas emergidas de la bahía desecada (Dabrio *et al.*, 1995 a y b), o en sondeos de exploración submarina realizados, desde 1979 hasta la actualidad, en el interior de la bahía (Junta del Puerto de la Bahía de Cádiz, en preparación). En relación con la información regional de la Bahía puede considerarse básicamente tres tipos de depósitos que se estructuran sobre el sustrato, que de base a techo son: 1) **depósitos fluviales**, conglomerados y gravas correlacionadas con depósitos de bajo nivel del mar; 2) **depósitos costeros arenosos** relacionados con la transgresión flandriense, y 3) **depósitos de alto nivel del mar**, que se disponen sobre los anteriores, y se caracterizan por una gran variabilidad vertical y horizontal de facies, encontrándose facies de estuario, facies deltaicas, y facies de llanura mareal (Dabrio *et al.*, 1995a y b). Los depósitos de alto nivel se estructuran en cuatro fases de progradación costera: 4.000 años

B.P. (H_1); 4000-2500 años B.P. (H_2); 2500-1000 años B.P. (H_3); y 1000 años B.P.-actualidad (H_4) datadas mediante ^{14}C , y separadas mediante "gaps" sedimentarios (Zazo *et al.*, 1994).

En el presente trabajo se expone una síntesis de los resultados preliminares de la caracterización y la distribución de los depósitos del Holoceno terminal en la Bahía. Depósitos que son equivalentes a los depósitos de alto nivel holocenos descritos a partir de los sondeos. La metodología empleada ha consistido en el análisis de perfiles sísmicos de alta resolución de Penetrador de fangos (3,5 kHz) y Geopulse (175 julios) a $\frac{1}{4}$ de segundo obtenidos en cuatro campañas oceanográficas (Fig.1): a) Campaña de Arqueología Submarina Nereida-1985 (*Instituto Español de Oceanografía. IEO*); b) Investigaciones Geofísicas en La Bahía de Cádiz-1995 (*Autoridad Portuaria de La Bahía de Cádiz*); c) Campaña de Geología-Marina Badiz-95 (*Univ. de Cádiz. UCA-IEO*); y d) Campaña Oceanográfica Bahía-95/96 (*Instituto Hidrográfico de la Marina. IHM-UCA*): El posicionamiento de estas campañas ha sido mediante Trisponder y GPS diferencial según las campañas.

Distribución sedimentaria

La distribución de los depósitos no consolidados del Holoceno en el interior de la Bahía viene representada en la figura 2, diferenciándose una bahía externa y otra interna.

Bahía externa: En función de la distribución de sedimentos, la bahía externa puede ser dividida en dos sectores limitados por una alto del basamento acústico. Este umbral se encuentra en una zona situada 1,5 km al N de la ciudad de Cádiz, presenta una extensión aproximada a 4 km², y actúa de barrera entre las acumulaciones sedimentarias del interior de la bahía externa (sector orientado) y las del exterior de la bahía externa (sector occidental).

a) Sector oriental. En este sector los depocentros más importantes están situados en la zona comprendida entre la ciudad de Cádiz y la desembocadura del Río Guadalete. Se determinan tres depocentros con una orientación NNW-SSE. El más cercano a Cádiz, justo por debajo de la entrada de Puerto de Cádiz (Fig.2) posee una anchura cercana a 0,5 km, su extensión horizontal es de unos 4 kms, con una potencia máxima de 11 metros. El segundo (a 1,5 km de distancia de la Ciudad de Cádiz (Fig.2) tiene una longitud aproximada de 1,5-2 km y una anchura de 1 km. El tercer depocentro, más próximo al Puerto de Santa María, se encuentra situado de forma paralela con res-

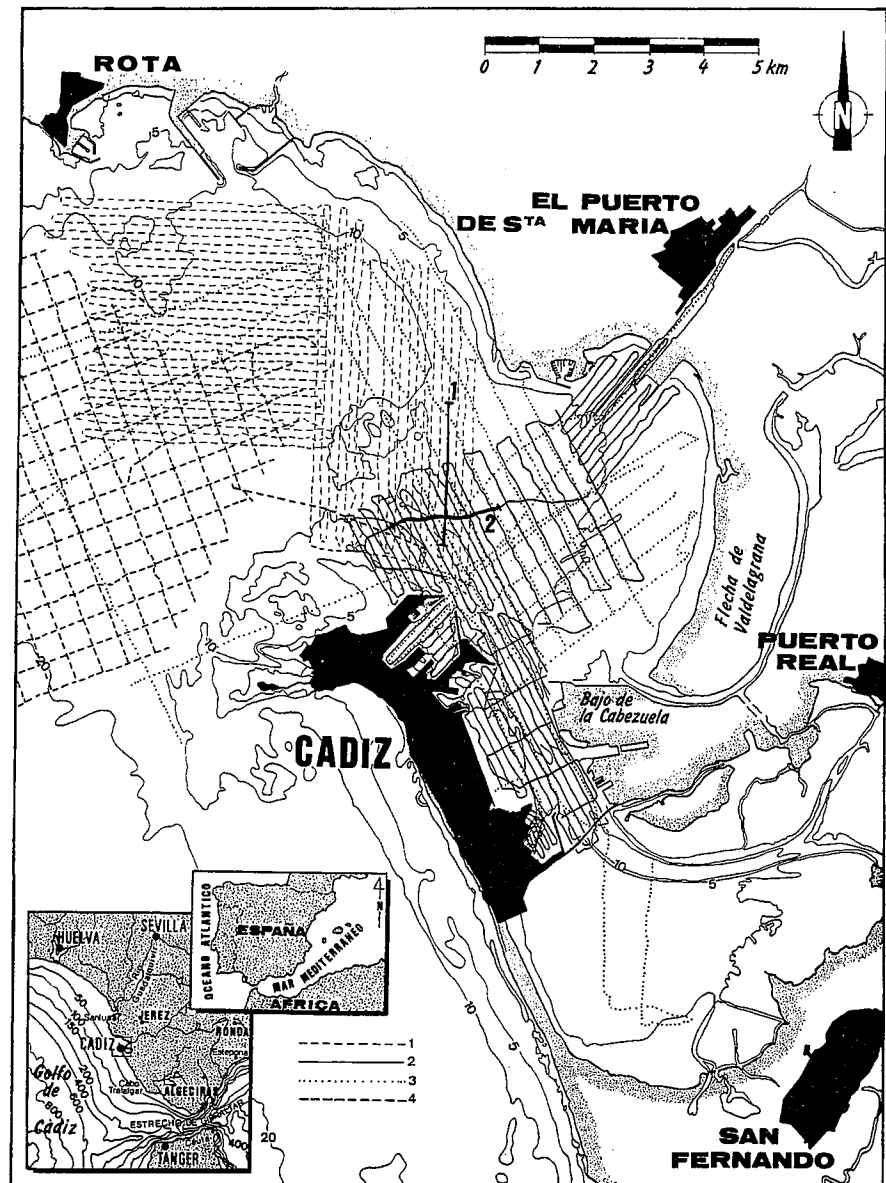


Fig.1.- Situación geográfica del área estudiada, batimetría y situación de los perfiles sísmicos (3,5 kHz y Geopulse, 175 j.). Campañas oceanográficas: a) Campaña de Arqueología Submarina Nereida-1985 (Instituto Español de Oceanografía. IEO); b) Investigaciones Geofísicas en La Bahía de Cádiz-1995 (Autoridad Portuaria de La Bahía de Cádiz); c) Campaña de Geología-Marina Badiz-95 (Univ. de Cádiz. UCA-IEO); y d) Campaña Oceanográfica Bahía-95/96 (Instituto Hidrográfico de la Marina. IHM-UCA).

Fig.1.- Geographic and bathimetric sketch of studied area. Location of the high resolution seismic profiles (3,5 kHz & Geopulse, 175 j.). Oceanographic cruises: a) Campaña de Arqueología Submarina Nereida-1985 (Instituto Español de Oceanografía. IEO); b) Investigaciones Geofísicas en La Bahía de Cádiz-1995 (Autoridad Portuaria de La Bahía de Cádiz); c) Campaña de Geología-Marina Badiz-95 (Univ. de Cádiz. UCA-IEO); and d) Campaña Oceanográfica Bahía-95/96 (Instituto Hidrográfico de la Marina. IHM-UCA).

pecto a los anteriores; su extensión horizontal es de 5 kms, mientras que su anchura es aproximadamente de 1,5 km. Esta acumulación alcanza un espesor de 17-18 metros de media, aunque hacia la costa llega a alcanzar hasta los 32 metros de espesor, y se extiende lateralmente más de 2 km hasta la desembocadura del Río Guadalete. En relación con la actual desembocadura del río

Guadalete se desarrolla una pequeña acumulación con una disposición alargada en dirección SW. Su extensión horizontal no supera el kilómetro y su potencia máxima es de 8 m.

b) Sector occidental. En general en este sector de la bahía externa, las acumulaciones sedimentarias son importantes, y no muestran una gran variabilidad, siendo la

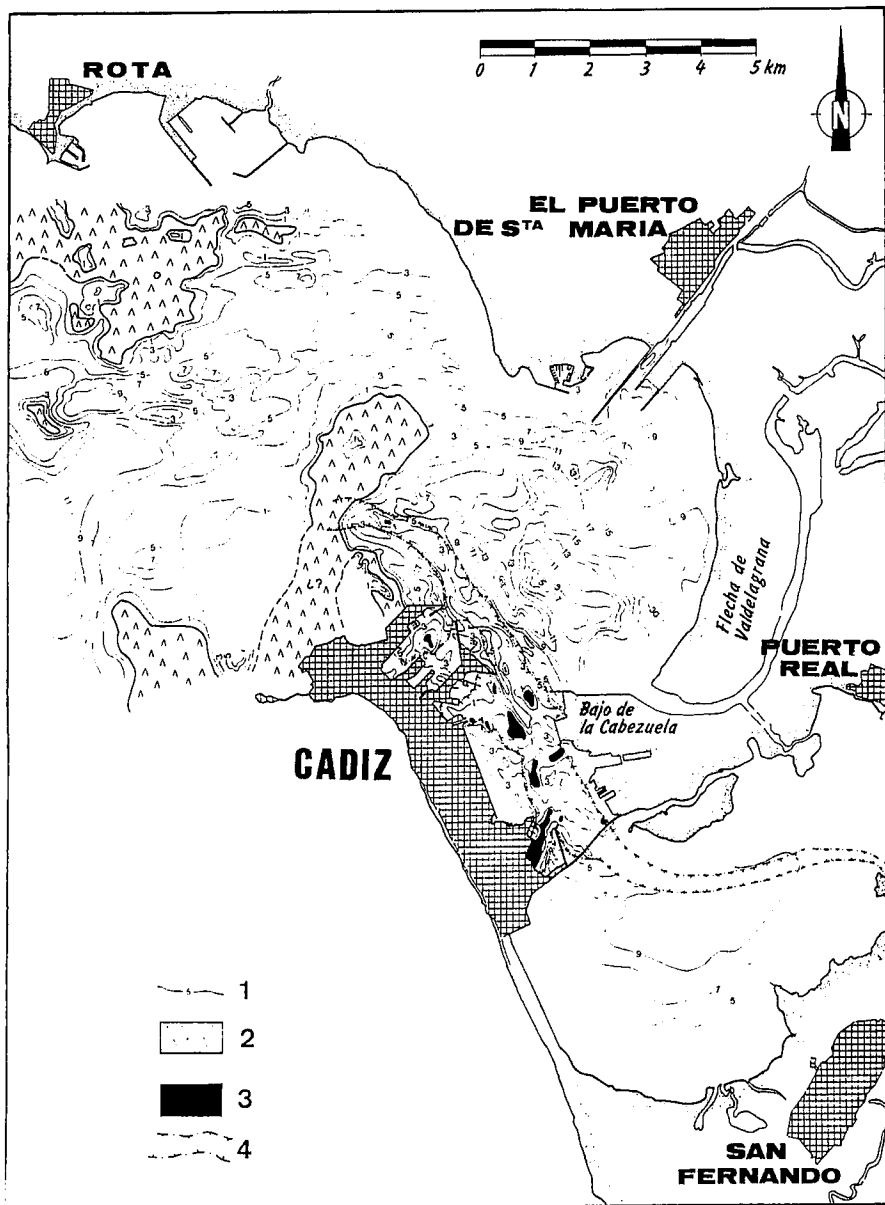


Fig.2.- Mapa de isopacas de los depósitos del Holoceno terminal en la Bahía de Cádiz: 1) isopacas; 2) basamento acústico (roca ostionera. Plioceno terminal-Plioceno); 3) áreas sin depósito como consecuencia del dragado de la canal de navegación de la Bahía de Cádiz. y 4) Límites de la canal dragada.

Fig.2.- Isopachs map of the Late Holocene deposits in the Bay of Cádiz: 1) isopach; 2) acoustic basement (facies of "ostionera" rock. Late Pliocene-Pleistocene); 3) areas without deposits as a consequence of the navigation channel dredge of the Bay of Cádiz. y 4) Channel dredge limits.

potencia máxima de unos 6-7 metros (Fig.2). No obstante, hacia la plataforma continental empiezan a observarse nuevamente importantes acumulaciones. En este sentido, se destaca un depocentro de pequeñas dimensiones situado unos 4 km al S de Rota, con una orientación E-W, una extensión horizontal próxima a los 2 kms, y una potencia sedimentaria máxima de unos 10 m. La conexión de la Bahía externa con la plataforma continental se realiza mediante un depocentro de dirección NE-SW, que va aumentando su espesor progresivamente

hacia la plataforma, alcanzando valores superiores a los 11 metros (Lobo, 1995).

Los sectores orientales y occidentales de la bahía externa, se encuentran unidos al N del afloramiento del basamento acústico (Fig. 2) mediante un depocentro orientado en dirección NNW-SSE, con una extensión horizontal cercana a 1 km y una potencia máxima de 5 m.

Bahía Interna: En la bahía interna no se dispone de muchos datos (Fig.1), pero con los existentes se observa que el espesor

sedimentario máximo es de 10 metros mostrando una dirección preferente en su acumulación. Entre la bahía interna y la externa (entre el "Bajo de la Cabezuela" y las costas orientales de la Ciudad de Cádiz) los depósitos del Holoceno terminal se encuentran profundamente erosionados por el dragado del canal de navegación de la Bahía de Cádiz, encontrándose localmente zonas sin depósito (Fig. 2) y como consecuencia aflorando las arenas basales transgresivas. Arenas que, tras los dragados, se utilizan para la regeneración de las playas cercanas.

Análisis de estratigrafía sísmica de alta resolución

Los depósitos no consolidados holocenos, se estructuran en tres unidades sísmicas:

Unidad a: unidad basal caracterizada por un "downlap", respecto a la discontinuidad inferior y una concordancia en las zonas proximales a "toplap" hacia las zonas dístales respecto de la discontinuidad superior. La configuración de la unidad es progradante sigmoidal-oblicua y su forma es de cuña, alcanza localmente potencias de hasta 10 metros. En esta unidad, se aprecia un cambio lateral de las facies sísmicas desde el sector oriental de la bahía externa hacia el sector occidental, variando desde una respuesta acústica reflectiva (indicativa de sedimentos arenosos), a una respuesta transparente (indicativa de sedimentos fangosos).

Unidad b: caracterizada por un "downlap" respecto al límite inferior en las zonas dístales y un "onlap" en las zonas proximales. Respecto a la discontinuidad superior la terminación de los reflectores es concordante a "toplap" muy tendido. La configuración es en cuña, si bien las potencias máximas que presentan son menores (6-7 m). En la unidad b, también se aprecia un cambio lateral de las facies sísmicas desde el sector oriental de la bahía externa con una respuesta acústica reflectiva, indicativa de sedimentos arenosos, hacia el sector occidental con una respuesta acústica más transparente, indicativa de sedimentos fangosos.

Un rasgo muy destacable es el hecho que las unidades a y b se encuentran limitadas por una discontinuidad claramente erosiva (truncación erosional) tanto en las zonas proximales más someras como en las zonas más profundas de la bahía externa (Fig.3).

Unidad c: la unidad c es la unidad más superficial y aparece solamente presente en el sector occidental de la bahía externa, no siendo identificable ni en el sector oriental ni en la bahía interna. Se trata de una unidad poco potente (1-1,5m), que interna-

mente, y en función de los perfiles sísmicos de 3.5 kHz presenta una fuerte reflectividad (arena media a gruesa) y una configuración agradable.

Conclusiones

Del trabajo realizado, se puede considerar las siguientes conclusiones:

En función de la distribución de los depósitos del Holoceno terminal se puede considerar una bahía externa dividida en dos sectores: un **sector oriental** donde se encuentran los mayores espesores de sedimentos, los cuales se acumulan en tres depocentros de dirección NNW-SSE, que se van haciendo progresivamente más reducidos y de menor potencia desde El Puerto de Santa María a Cádiz. Un **sector occidental** con poco espesor de sedimentos que va aumentando progresivamente hacia la plataforma hasta alcanzar los 11 metros en la salida de la bahía externa.

Los depósitos no consolidados holocenos se estructuran verticalmente en tres unidades sísmicas: 1.-**unidad a**: progradante sigmoidal-oblicua; 2.-**unidad b**: progradante sigmoidal. Ambas unidades se encuentran separadas por una truncación erosional muy marcada, que se observa a lo largo de toda la Bahía, tanto en las zonas someras, como en las más profundas. 3.- **unidad c**: unidad más superficial de configuración agradable, que se encuentra presente sólo en el sector occidental de la bahía externa.

Agradecimientos

El presente trabajo, constituye parte de los resultados del Proyecto de la CICYT AMB94-0501. Nuestro más sincero agradecimiento al *Instituto Español de Oceanografía* (IEO), a la *Junta del Puerto de la Bahía de Cádiz*, y al *Instituto Hidrográfico de la Marina* (IHM), por su autorización a la utilización de datos de campañas previas, su colaboración en la realización de nuevas campañas oceanográficas, y sobre todo por su gran apoyo y su contagiosa ilusión al reciente grupo de **Geología Marina y Litoral** (PAI 4166) de la Facultad de Ciencias del Mar de la Univ. de Cádiz. Nuestro agradecimiento a las tripulaciones del barco "Sánchez Aguilar" (Junta del Puerto de La Bahía de Cádiz) y de los buques hidrográficos "Rigel" y "Pollux" del IHM, por su esfuerzo y gran profesionalidad durante la realización de las campañas. Este trabajo constituye parte del proyecto IGCP 367.

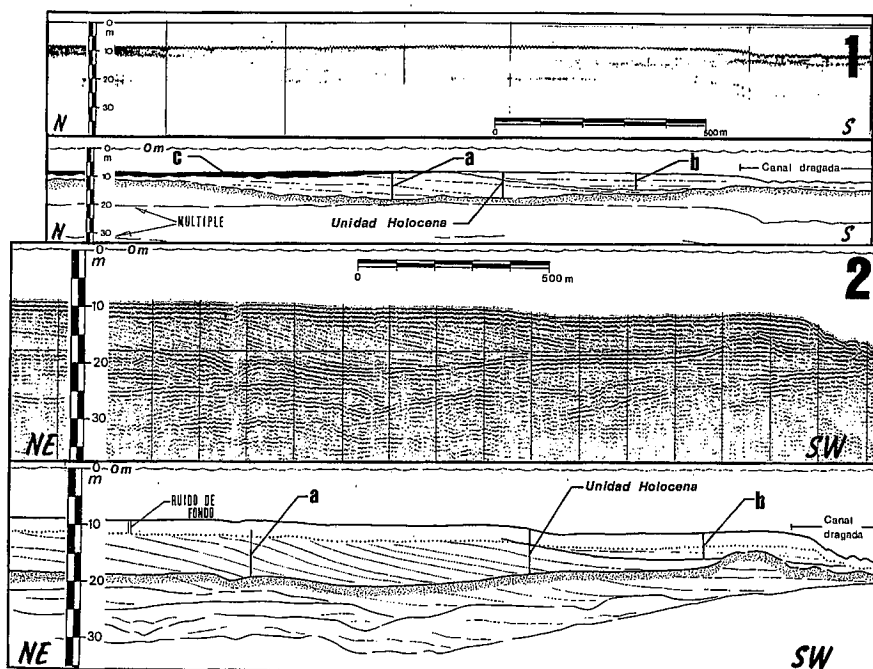


Fig.3.- Estructuración de los depósitos del Holoceno terminal: 1) perfil sísmico de 3,5 kHz; 2) Perfil de Geopulse. a).- *unidad a*: progradante sigmoidal-oblicua; b) *unidad b*: progradante sigmoidal. Ambas unidades se encuentran separadas por una marcada truncación erosional, que se observa a lo largo de toda la bahía, tanto en las zonas someras, como en las más profundas. c).- *unidad c*: unidad más superficial de configuración agradable, que se encuentra presente sólo en el sector occidental de la bahía externa.

Fig.3.- Late Holocene deposits structuration in the Bay of Cádiz: 1) seismic profile of 3.5 kHz; 2) seismic profile of Geopulse. a).- unit a: sigmoidal-oblique progradational; b) unit b: sigmoidal progradational. Both units are separated by a remarked erosional truncation notice in the shallow and deep waters zones of the Bay. c).- unit c: aggradational superficial unit only located in the western sector of the external bay.

Referencias

- Barragán, J.M. (1995): Puerto, Ciudad y Espacio Litoral en la Ciudad de Cádiz. *Autoridad Portuaria de la Bahía de Cádiz*. 387pp.
- Benkheilil, J. (1976): Etude Neotectonique de la terminaison occidentale des Cordilleres Betiques (Espagne). *These d'etat, Nice*. 185pp.
- Dabrio, C.J., Goy, J.L., Lario, J., Zazo, C., Borja, F. y González, A. (1995a): *Newsletter* nº 17, INQUA: 19-22
- Dabrio, C.J., Lario, J., Goy, J.L. y Zazo, C. (1995b): El cambio de la costa: los sistemas de rías. *Vigo* 95'
- Gavala, J. (1927): *Boletín del Instituto Geológico y Minero España*. 49.
- Gavala, J. (1959): *Mapa geológico de España a escala 1:50.000*, Hoja 1.061 (Cádiz) Instituto Geológico y Minero España.
- Guillemot, E. y DeArriba, J.A. (1987): Bahía de Cádiz. 237pp.
- Lobo, F.J. (1995): Estructuración y Evolución morfosedimentaria de un sector del margen continental septentrional del Golfo de Cádiz durante el Cuaternario terminal. *Tesis de Licenciatura*. Univ. de Cádiz. 200pp.
- Mabesoone, J.M. (1963a): *Geol. Minj.* 42: 309-328.
- Mabesoone, J.M. (1963b): *Geol. Minj.* 42: 23-43.
- Mabesoone, J.M. (1966): *Geol. Minj.* 45: 25-32.
- Mennanteau, L.; Vanney, J.R. y Guillemot, E. (1989): *Mapa Fisiográfico del Litoral Atlántico de Andalucía*. 1/50.000. Junta de Andalucía. Casa de Velázquez.
- Zazo, (1980): El Cuaternario Marino-Continental y el límite Plio-Pleistoceno en el litoral de Cádiz. *Univ. Complutense*, 399 pp.
- Zazo, C., Goy, J.L. y Dabrio, C.J. (1983): *Mediterráneo* 2: 29-52.
- Zazo, C., Goy, J.L., Somoza, L., Dabrio, C.J., Belluomini, G., Impronta, S., Lario, J., Bardají, T. y Silva, P.G. (1994): *Jour. Coast. Res.* 14(4): 933-945.
- Zoido, F. (1982): Bahía de Cádiz. *Diputación provincial de Cádiz*, 200 pp.