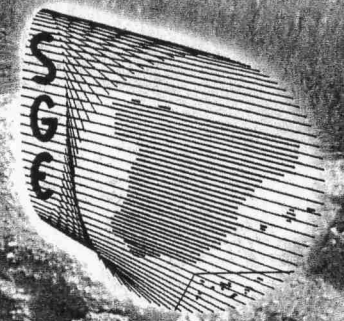


Geo-Temas



Volumen 6 (5)

**VI Congreso Geológico de España,
Zaragoza. 12-15 julio, 2004**



**Instituto Geológico
y Minero de España**

El modelo deposicional contornítico del talud medio del Golfo de Cádiz en el contexto morfosedimentario y estratigráfico del margen continental

F.J. Hernández-Molina¹, E. Llave², D. Stow³, M. García⁴, L. Somoza², J.T. Vázquez⁵, F. Lobo⁶, M.C. Fernández-Puga², A. Maestro², T. Medialdea², V. Díaz del Río⁷, T. Mulder⁸ y J. Gardner⁹

1 Facultad de Ciencias del Mar, Univ. de Vigo, 36200 Vigo.

2 Instituto Geológico y Minero de España, Ríos Rosas 23, 28003 Madrid.

3 Southampton Oceanography Centre (SOC), Waterfront Campus, Southampton SO14 3ZH, UK.

4 Instituto de Ciencias del Mar, CSIC, Paseo Marítimo de la Barceloneta 37-49, 08003 Barcelona.

5 Facultad de Ciencias del Mar, Univ. de Cádiz, 11510 Puerto Real, Cádiz.

6 Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, CSIC, Campus de Fuentenueva s/n, 18002 Granada.

7 Instituto Español de Oceanografía, C/ Puerto Pesquero s/n, 29640 Fuengirola.

8 Département de Géologie et Océanographie, Univ. Bordeaux, Avenue des facultés, 33405 Talence Cedex, France.

9 Naval research Laboratory, Code 7420, 455 Overlook Avenue SW, Washington, D.C. 20081, USA.

ABSTRACT

A study of the contourite depositional model of the middle slope of the Gulf of Cadiz is presented within the regional morphosedimentary and stratigraphic framework of the continental margin. The margin is characterized by: a) a lack of submarine canyons (except in the Algarve margin); b) a large slope in which the middle slope is dominated by along-slope processes related to the Mediterranean Outflow Water (MOW) and generating the Contourite Depositional System (CDS) during the Pliocene and Quaternary; c) the dominance of down-slope processes across parts of the upper and lower slope and abyssal plain; d) the lack of true continental rise; and e) an active compressive structural context where the "Cadiz Allocthonous Unit" represents an unstable substratum for the late Miocene, Pliocene and Quaternary sedimentation. The CDS on the Gulf of Cadiz's middle slope comprises five major morphosedimentary sectors related to the progressive deceleration of the MOW, bathymetric stress on the margin, and the Coriolis force. The CDS of the Gulf of Cadiz can be interpreted as a mixed Contourite-turbidite system (a detached combined drift system), which has developed in a mid-slope setting. This is rather different from the principal contourite systems along parts of the Northwest Atlantic margins, where the along-slope processes are developed in a more distal part of the mixed system. There may be closer similarities with the drift systems along the NW Hebridean margin.

Key words: *Gulf of Cadiz, morphology, seismic stratigraphy, contourite deposits, Mediterranean Outflow Water.*

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo es caracterizar el modelo deposicional contornítico del talud medio del Golfo de Cádiz (Fig. 1), en el contexto regional morfosedimentario y estratigráfico del margen continental. Para ello se ha utilizado una base de datos procedente de diversos proyectos y campañas oceanográficas españolas, del laboratorio naval de los Estados Unidos (*US Naval Research Laboratory, NRL*) y del proyecto francés CADISAR. Dicha base de datos consta (Fig. 2) de *datos batimétricos*, de *sonar de barrido lateral (Seamap)*, de *registros sísmicos de reflexión (MCS, Sparker, Airgun, Geopulse, 3.5 kHz y TOPAS)* y de *sondeos profundos y testigos de gravedad de 20 m y de 3 m de largo*.

Oceanográficamente el Golfo de Cádiz se caracteriza por el intercambio de masas de agua entre el Océano Atlántico y el Mar Mediterráneo, regulado por la salida de la masa de agua mediterránea (Mediterranean Outflow Water, *MOW*) y por la entrada de la masa de agua Atlántica en el Mediterráneo. La *MOW* circula de SE a NW a lo largo del talud medio entre los 300 y 1200 m de profundidad como una corriente de contorno intermedia caliente (>13°C) y muy salina (>36,2‰), por encima de la masa de agua noratlántica profunda. La *MOW* forma un flujo turbulento de 150-200 m de ancho en dirección ONO y con una velocidad que supera los 200 cm/s tras pasar el estrecho de Gibraltar. La *MOW* se generó tras la apertura del Estrecho de Gibraltar al final de Mesiniense (ver síntesis oceanográfica en Llave *et al.*, 2001).

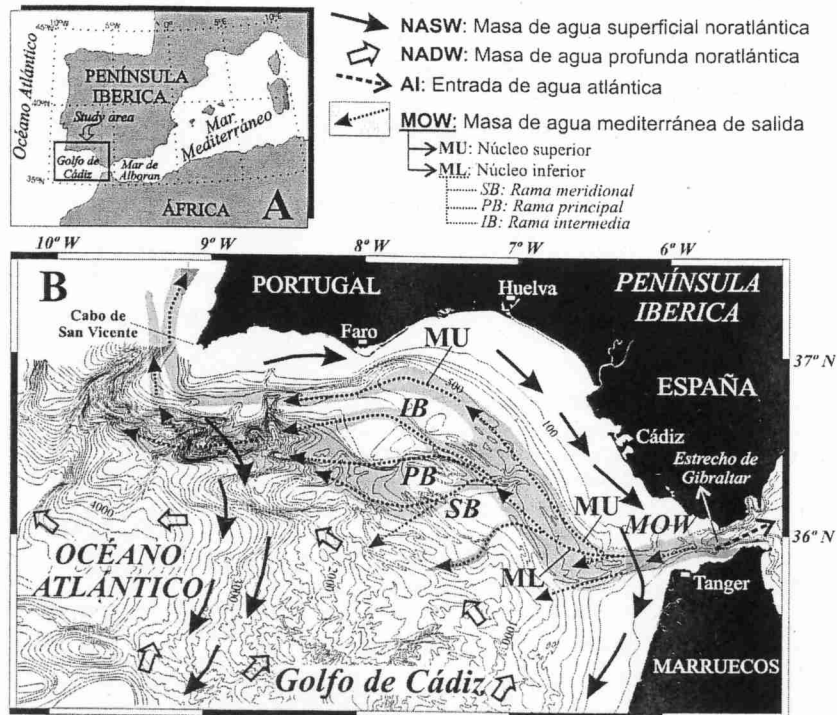


FIGURA 1. Encuadre regional del Golfo de Cádiz.

CONTEXTO MORFOSEDIMENTARIO Y ESTRATIGRÁFICO DEL MARGEN CONTINENTAL

En el margen continental del Golfo de Cádiz se reconocen los dominios fisiográficos (Fig.1) *infralitoral*, *plataforma continental*, *talud continental* y *llanura abisal*.

La plataforma continental

La plataforma continental es amplia, con una pendiente media de $0,5^\circ$ en la parte portuguesa, e inferior a $0,3^\circ$ en la parte española. La anchura es variable, presentando su mayor extensión en la parte española (~30 km) y disminuye hacia Portugal (~17 km) y hacia el estrecho de Gibraltar (<10 km). El borde de la plataforma se encuentra a una profundidad media de 120-140 m, con una pendiente máxima de 2° y una anchura máxima de 7 km. (Hernández-Molina y Lobo, 2004). Se caracteriza por el apilamiento de cuñas sedimentarias regresivas y de niveles eustáticos bajos, que condicionan la progradación de la plataforma durante el Plioceno y Cuaternario (Hernández-Molina *et al.*, 2002).

El talud continental

Presenta un relieve muy irregular, diferenciándose 3 subdominios (Fig. 1):

Talud superior

Situado entre 130 y 400 m de profundidad, con 10 km de anchura media (localmente >20 km) y una pendiente entre 1°

y 3° . Los tipos morfológicos presentes se agrupan en 5 clases: a) *Deposicionales*, caracterizados por la acumulación de talud de configuración divergente; b) *Erosivos*, representados por una suave superficie de erosión en la parte más proximal del talud superior desde Cádiz hasta Barbate; una marcada superficie de erosión entre el cañón de Portimao y la desembocadura del río Guadiana; cañones submarinos en el talud del Algarve y *gullies*; c) *Neotectónicos* (diapirismo y fracturas); d) *Gravitacionales* (deslizamientos y *creeps*); y e) *Otros*: *pockmarks* (Hernández-Molina y Lobo, 2004). Está estructurado en secuencias sedimentarias con facies transparentes a la base y progresivamente más reflectivas a techo, cuya arquitectura produce la progradación del talud superior. Dichas secuencias constituyen el cambio lateral de facies respecto de las cuñas progradante regresivas y de bajo nivel identificadas en la plataforma externa (Hernández-Molina *et al.*, 2002).

Talud medio

Situado entre 400/450 y 1200 m de profundidad. Se trata de una plataforma marginal con una anchura máxima de hasta 100 km y una pendiente entre $0,5-1^\circ$. En este dominio se desarrolla el Sistema Deposicional Contornítico (SDC), diferenciándose 5 sectores (Hernández-Molina *et al.*, 2003):

1) *Sector proximal al estrecho de Gibraltar* comprendido entre el estrecho y la ciudad de Cádiz. Predominan los tipos morfológicos erosivos, principalmente superficies de abrasión, alineamientos y surcos erosivos, si bien al NO del sector se identifican campos de ondas y *sand ribbons*.

2) *Sector de desbordamiento de la MOW* situado al SO del sector 2.1. Representa un megacuerpo sedimentario con forma

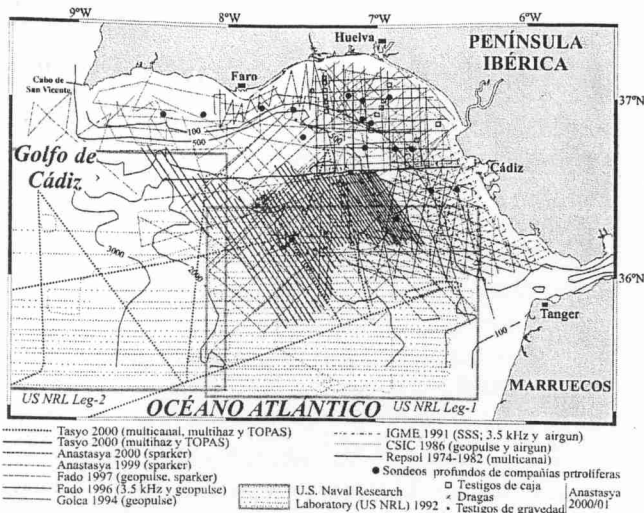


FIGURA 2. Base de datos geofísicas (registros sísmicos de reflexión y datos de batimetría de Multihaz).

de abanico atravesado por surcos erosivos. Los tipos morfológicos presentes se agrupan en: a) *deposicionales* (lóbulos de fango, lóbulos de arena; campos de ondas de fango y ondas de arena); b) *erosivos* (surcos erosivos de dirección NE-SO); y c) *gravitacionales* (deslizamientos y *slumps*).

3) *Sector de canales contorníticos y umbrales diapíricos* localizado entre Cádiz y Faro (Fig. 3). Predominan los tipos morfológicos erosivos, determinándose 5 canales contorníticos (Cádiz, Guadalquivir, Huelva, Diego Cao y Gusano) de más de 100 km, con anchuras de 1,5-10 km e incisiones de hasta 350 m. Presentan forma de "S", con un tramo de dirección NO-SE paralelo al talud que cambia a una dirección NE-SO perpendicular al talud, debido a la presencia de tres umbrales diapíricos (Cádiz, Guadalquivir y Doñana) y del Banco del Guadalquivir (Fig. 3b). Al N de los umbrales diapíricos se reconocen valles marginales de carácter erosivo (Fig. 3).

4) *Sector deposicional entre Cádiz y el cañón de Portimao*. Dominan los tipos morfológicos deposicionales representados por el depósito monticular, elongado y separado de Faro-Albufeira (80 km de largo; 12 km de ancho y 600 ms de espesor) y los depósitos laminares de Faro-Albufeira y Bartolomé Dias. Los depósitos monticulares se encuentran separados del talud superior mediante la fosa de Alvarez Cabral (80 km de largo y 4-11 km de ancho).

5) *Sector de cañones submarinos* localizado entre Portimao y el cabo de San Vicente. Las formas más relevantes son erosivas por la presencia de cañones submarinos (Portimao; Lagos; Sagres; y San Vicente), y deposicionales, representadas por los depósitos contorníticos laminares. Son muy frecuentes las formas ligadas a migración de fluidos y a presencia de gas en el fondo (volcanes de fango, *pockmarks*, etc). En general la arquitectura de los depósitos contorníticos se caracteriza por secuencias sedimentarias constituidas por facies transparentes que progresivamente pasan a muy reflectivas y que terminan con una marcada superficie de

erosión, encuadradas con episodios transgresivos, regresivos y de nivel eustático bajo (Llave *et al.*, 2001).

Talud inferior

Situado entre 1200 y 4000 m de profundidad con una pendiente entre 2° y 4°, y una anchura variable entre 50 km al NO y más de 200 km al SE (Fig. 1). A escala regional tiene una morfología convexa, con una fisiografía de detalle ondulada e irregular condicionada por el relieve pre-existente del cuerpo olistostrómico, si bien en el margen del Algarve es abrupto. Los tipos morfológicos destacables son formas de fondo de pequeña escala, cañones submarinos y minicuevas en la parte proximal. Se reconocen secuencias sedimentarias del Plioceno y Cuaternario que se estructuran de manera agradable, con un cambio de facies en cada una de ellas de transparente a progresivamente más reflectivas.

Llanuras abisales

Se extienden más allá del talud a profundidades > 4300 m, separadas por bancos con una dirección OSO-ENE (Fig. 1). La arquitectura estratigráfica de los depósitos abisales se caracteriza por el predominio de depósitos turbidíticos (interestratificados entre depósitos pelágicos).

EL SISTEMA DEPOSICIONAL CONTORNÍTICO DEL GOLFO DE CÁDIZ

Los márgenes continentales del NE del Océano Atlántico, entre 26°N y 56° N, se caracterizan porque el transvase sedimentario desde la plataforma continental hacia las llanuras abisales, se produce principalmente a partir de *procesos gravitacionales de masas* canalizados en su mayor parte mediante cañones submarinos (Weaver *et al.*, 2000). Ubicado dentro de dicha zona el margen del Golfo de Cádiz sería un margen "atípico" por sus características morfosedimentarias y estratigráficas. Ello sería debido a 5 hechos singulares: a) la ausencia en buena parte del mismo de cañones submarinos; b) un amplio talud continental que ocupa la mayor extensión de los fondos del Golfo, con un talud medio donde predominan los procesos longitudinales, los cuales generan el SDC; c) un predominio de procesos transversales en el talud superior, pero muy especialmente en el talud inferior y en la llanura abisal; d) la ausencia de un ascenso continental y e) un margen en un contexto regional compresivo donde la cuña de unidades alóctonas del Golfo de Cádiz condiciona un substrato inestable para la cobertera del Mioceno superior, Plioceno y Cuaternario.

El modelo sedimentario del talud continental del Golfo de Cádiz podría ser considerado como un sistema mixto turbidítico/contornítico en el mismo sentido que proponen Faugeres *et al.* (1999) en otros márgenes continentales. Por el contrario, las peculiaridades de la *MOW* condicionan que los procesos longitudinales se desarrollen en

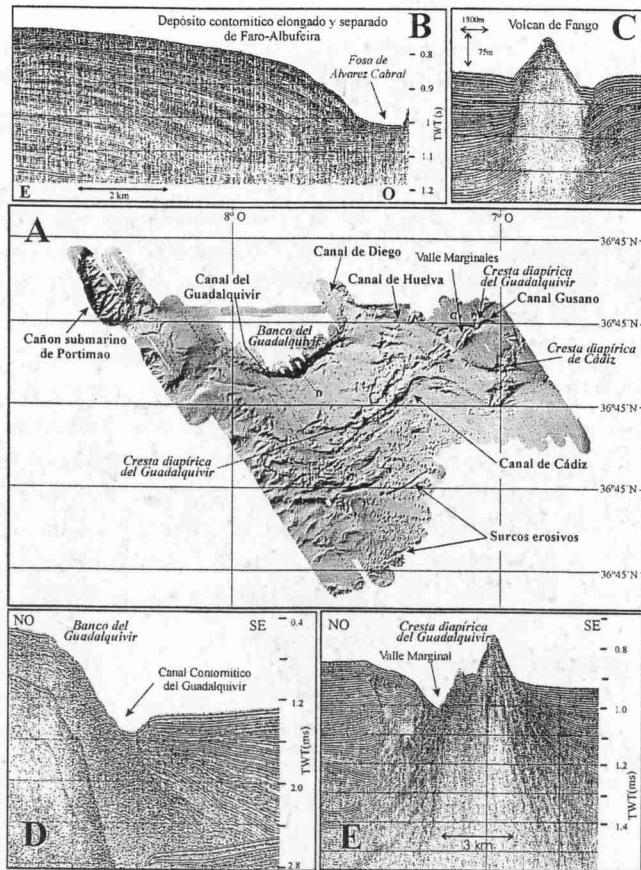


FIGURA 3. Ejemplos de los tipos morfológicos en el talud medio del Golfo de Cádiz. a) Mosaico de Multihaz del Sector de Canales Contorníticos y Umbrales diapíricos. b) Depósito Contornítico Monticular de Faro-Albufeira, y la Fosa de Alvarez-Cabral adyacente. c) Volcán de Fango; d) Banco del Guadalquivir y Canal Contornítico del Guadalquivir; y e) Cresta diapírica del Guadalquivir y Valle Marginal.

aguas más someras respecto a otros modelos y que los procesos contorníticos y turbidíficos no interaccionen simultáneamente. La actividad de la MOW genera procesos sedimentarios longitudinales en el talud medio y los procesos transversales tienen lugar en el talud superior y sobre todo en el talud inferior. Las características estratigráficas del talud medio permiten definir el modelo mixto del talud del Golfo de Cádiz, como un modelo contornítico-turbidítico combinado pero separado (*detached combined drift*), opuesto al modelo clásico del margen de Hatteras (Faugères *et al.*, 1999).

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado a través de los proyectos: PB-91-0622-C03 (GOLCA); PB94-1090-C03-03 (FADO); MAR-98-0209 (TASYO) y REN2002-04117-C03-01/02/03 (GADES). Sus resultados se encuadran dentro de las acciones especiales REN2002-11669-E (Proyecto MVSEIS) y REN2002-11668 (Proyecto MOUNDFOURCE), así como del Proyecto IGCP-432 "Contourites, Bottom Currents and Palaeocirculations".

REFERENCIAS

- Faugères, J.C., Stow, D.A.V., Imbert, P. y Viana, A. (1999): Seismic features diagnostic of contourite drifts. *Marine Geology*, 162: 1-38.
- Hernández-Molina, F.J. y Lobo, F.J. (2004): El margen continental del Golfo de Cádiz. En: *Memoria del Mapa Geomorfológico de España 1:1.000.000: Geomorfología de la zona sumergida española* (A. Martín-Serrano, F. Nozal, y A. Maestro, Coord.). Servicio de Publicaciones Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- Hernández-Molina, F.J., Somoza, L., Vázquez, J.T., Lobo, F., Fernández-Puga, M.C., Llave, E. y Díaz-del-Río, V. (2002): Quaternary stratigraphic stacking patterns on the continental shelves of the southern Iberian Peninsula: Their relationship with global climate and palaeoceanographic changes. *Quaternary International*, 92 (1): 5-23.
- Hernández-Molina, F.J., Llave, E., Somoza, L., Fernández-Puga, M.C., Maestro, A., León, R., Barnolas, A., Medialdea, T., García, M., Vázquez, J.T., Díaz del Río, V., Fernández-Salas, L.M., Lobo, F., Alveirinho Dias, J.M., Rodero, J. y Gardner, J. (2003): Looking for clues to paleoceanographic imprints: a diagnosis of the gulf of Cadiz contourite depositional systems. *Geology*, 31 (1): 19-22.
- Llave, E., Hernández-Molina, F.J., Somoza, L., Díaz-del-Río, V., Stow, D.A.V., Maestro, A. y Alveirinho Dias, J.M. (2001): Seismic stacking pattern of the Faro-Albufeira contourite system (Gulf of Cadiz): a Quaternary record of paleoceanographic and tectonic influences. *Marine Geophysical Research*, 22: 487-508.
- Weaver, P.P.E., Wynn, R.B., Kenyon, N.H. y Evans, J. (2000): Continental margin sedimentation, with special reference to north-east Atlantic margin. *Sedimentology*, 47: 239-256.