

# Morfología y tectónica del talud inferior del Golfo de Cádiz

J.T. Vázquez<sup>1</sup>, T. Medialdea<sup>2</sup>, F.J. Hernández-Molina<sup>3</sup>, L. Somoza<sup>2</sup>, V. Díaz del Río<sup>4</sup>,  
R. Vegas<sup>5</sup>, R. León<sup>2</sup>, P. Bárcenas<sup>1</sup>, A. Maestro<sup>2</sup> y M.C. Fernández-Puga<sup>1</sup>

1 Dpto. de Geología, Facultad de Ciencias del Mar, Univ. de Cádiz, Campus Río San Pedro, 11510 - Puerto Real. [juan.vazquez@uca.es](mailto:juan.vazquez@uca.es)

2 Instituto Geológico y Minero de España, Servicio de Geología Marina, C/ Ríos Rosas 23, 28003-Madrid.

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

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

5 Dpto. de Geodinámica, Facultad de Ciencias Geológicas, Univ. Complutense, 28040 - Madrid.

## ABSTRACT

*Analysis of bathymetric and seismic reflection data allow us to characterize the processes and structures that generate seafloor morphological features in the lower continental slope and the transition to the abyssal plain of the Betic-Rif Margin. Several differences can be established in the lower slope and the transition to the Horseshoe and Sena Abyssal Plains. The lower slope in the Horseshoe sector shows an upper convex - lower concave profile and the transition to the abyssal plain is marked by a scarp related to the activity of a main NE-SW reverse fault. Whereas in the Sena sector the lower slope appears as a convex profile and the region boundary with the abyssal plain is determined by the position of the external front of the Allochthonous Betic-Rif Units.*

**Key words:** Morphology, Structure, Neotectonics, Gulf of Cadiz, North Atlantic.

## INTRODUCCIÓN

La actividad tectónica actual y la evolución en el pasado del margen continental del Golfo de Cádiz están fuertemente controlada por la historia geodinámica entre las placas de África y Eurasia. Hoy en día esta región se encuentra situada sobre la parte oriental del límite, en el dominio Atlántico, entre estas dos grandes placas (Maldonado *et al.*, 1999; Vázquez y Vegas, 2000). La evolución neógeno-cuaternaria de este margen está ligada al desarrollo de los sistemas alpinos del Mediterráneo occidental, cabe destacar la presencia en el margen de la Unidad Alóctona del Golfo de Cádiz emplazada en relación con el orógeno Bético-Rifeño.

El objetivo de este trabajo es estudiar la relación existente entre morfología y tectónica en el talud inferior de la parte central del margen continental en el Golfo de Cádiz, así como con la Unidad Alóctona del Golfo de Cádiz. Además se analizará la influencia ejercida por esta unidad alóctona en la transición entre el talud inferior y las llanuras abisales de La Herradura y Sena.

## METODOLOGÍA

Para llevar a cabo este estudio se ha realizado un análisis de las bases batimétricas existentes (Fig. 1), incluida la base de Smith y Sandwell (1997). Además se ha interpretado un conjunto de 1728 km de líneas sísmicas de reflexión multicanal adquiridas a lo largo de la campaña TASYO 2000, realizada a bordo del BIO Hespérides, y complementadas con perfiles sísmicos de alta resolución (sonda para-

métrica TOPAS), y datos batimétricos (sonda multihaz SIMRAD EM-12) obtenidos simultáneamente (Fig. 2). La interpretación conjunta de estos datos permite caracterizar los procesos que controlan la morfología de una región.

## FISIOGRAFÍA DEL MÁRGEN CONTINENTAL

Se han diferenciado tres áreas en el margen continental del Golfo de Cádiz a partir de la relación entre el margen y los distintos dominios tectónicos (Fig. 1). La parte central, aproximadamente entre 36.5° y 34.5° de latitud N, se ha denominado Margen Bético-Rifeño, dado que sus características están marcadas por el desarrollo del frente del orógeno Bético - Rifeño hacia el océano Atlántico y, el subsecuente emplazamiento de una gran masa alóctona. Al norte y al sur de estos paralelos, se encuentran respectivamente los márgenes continentales del sur de Portugal (Margen del Algarve) y del oeste de Marruecos (Margen de Rabat) que corresponden a la extensión en el margen de las regiones de antepaís de este sistema orogénico (Fig. 1).

El Margen del Algarve tiene una anchura media de 70 km, una orientación general E-O y características de abrupto a intermedio. Se caracteriza por la presencia, en el talud medio, de una extensa plataforma marginal (Hernández-Molina *et al.*, 2003) junto con el desarrollo de canales paralelos y perpendiculares al margen, si bien estos últimos aparecen también en los segmentos superior e inferior del talud. El talud medio da paso a un talud inferior abrupto, especialmente en su segmento superior. Hacia el S este margen pasa al talud inferior del margen Bético-Rifeño por



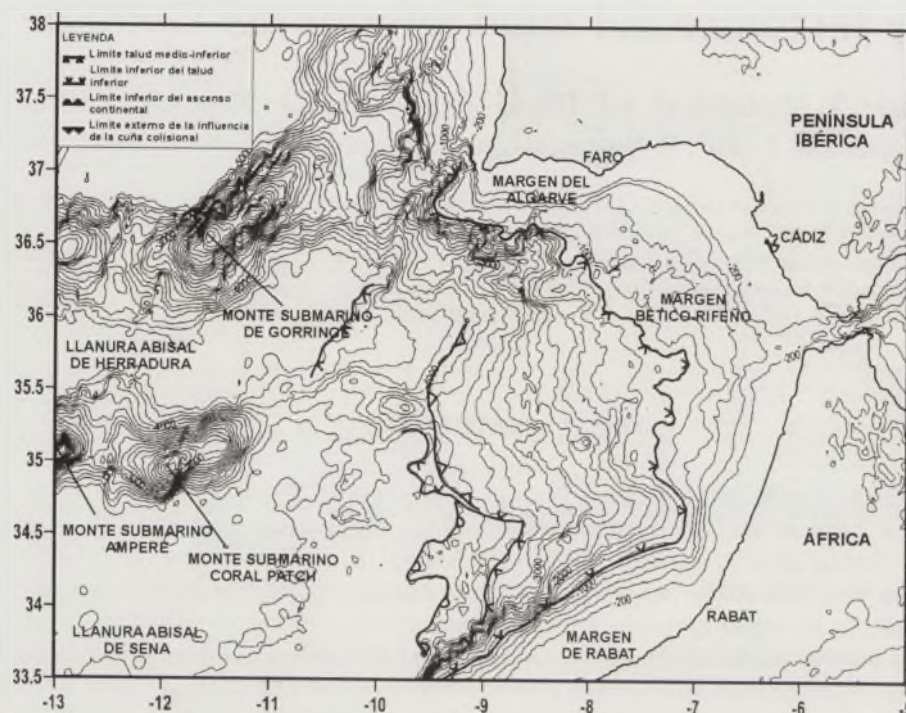


FIGURA 1. Esquema batimétrico de la región del Atlántico donde se localizan los márgenes del Golfo de Cádiz y las llanuras abisales adyacentes. Se ha marcado la posición de los principales dominios fisiográficos.

medio de un amplio valle de origen tectónico, mientras que hacia el O pasa al margen portugués occidental y la Llanura Abisal de Herradura (Fig. 1).

El Margen de Rabat tiene una anchura variable entre 50 y 150 km con una orientación NE-SO, presenta características de abrupto a progresivo. Hacia el SO se aprecia un aumento de la anchura del margen, junto con un incremento de pendiente del talud inferior y un mayor número de cañones submarinos. Además. Hacia el N se continúa con el talud medio e inferior del Margen Bético-Rifeño mediante un valle también de origen tectónico, mientras que hacia el oeste pasa a la Llanura Abisal de Sena (Fig. 1) definiéndose una pequeña zona de ascenso continental en la zona de transición con el talud inferior.

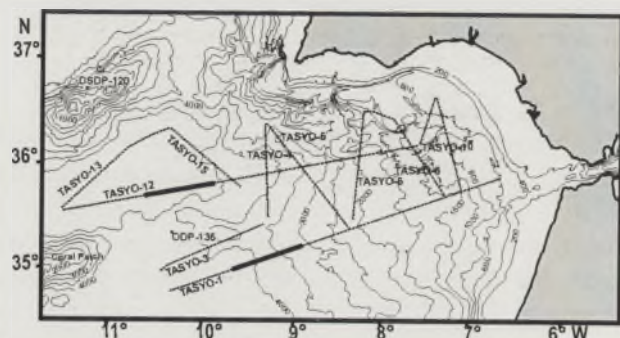


FIGURA 2. Esquema de situación de los perfiles sísmicos de reflexión multicanal obtenidos a lo largo de la campaña TASYO-2000. En grueso localización de los segmentos de las líneas sísmicas mostradas en las figuras 3 y 4.

El Margen Bético-Rifeño ocupa una franja de aproximadamente 170 km de anchura entre los otros dos márgenes descritos, según una orientación ENE-OSO. Tiene una anchura comprendida entre 300 km en su parte meridional y 350 km en la septentrional. Presenta características de margen progresivo y una geometría convexa, donde las líneas batimétricas tienen una tendencia general N-S. La influencia de la Unidad Alóctona del Golfo de Cádiz en la morfología se amplía progresivamente y, de una forma concéntrica hacia el O (Fig. 1).

#### MORFOLOGÍA DEL TALUD INFERIOR DEL MARGEN BÉTICO-RIFEÑO

El Talud inferior se localiza de forma general entre 1200-4200 y 4800 m de profundidad, y tiene una geometría convexa tanto en perfil como en planta, aunque en detalle es ondulada e irregular. Se diferencian dos sectores distintos, que se denominarán Herradura, al norte, y Sena, al sur, en función de su distinta morfología y de su relación con la llanura abisal adyacente.

El Sector de la Herradura se caracteriza por un perfil convexo en el segmento superior y cóncavo en el inferior, que prácticamente llega a hacerse plano (Fig. 3), aparentemente en continuidad con la Llanura Abisal de la Herradura. Sin embargo, esta morfología es interrumpida por un escarpe que eleva la superficie del fondo e incluso, genera la formación de una suave depresión hacia el E. Además, el talud inferior se caracteriza por el desarrollo de importantes deslizamientos.



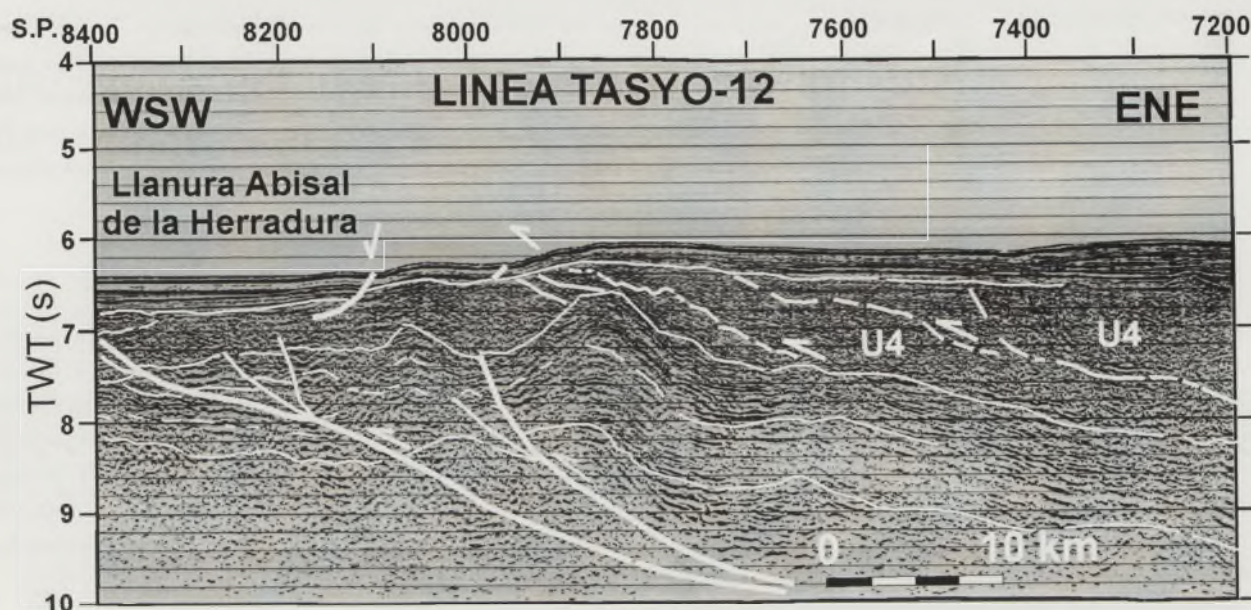


FIGURA 3. Segmento del perfil sísmico TASYO2000-12, perpendicular a las líneas batimétricas, en el que se observa la morfología del talud inferior así como el límite con la llanura abisal de la Herradura. U4: Unidad Alóctona del Golfo de Cádiz.

El tránsito del talud inferior a la Llanura Abisal de Herradura se produce a 4800 m de profundidad, y está definido por un escarpe tectónico de orientación general NE-SO. En su extremo septentrional este escarpe tiene aproximadamente 650 m de desnivel, si bien hacia el S se suaviza hasta alcanzar unos 350 m de desnivel, y se articula en dos escalones limitados a su vez, por escarpes de menor entidad, que alcanzan desniveles de 200, 100 y 50 m sucesivamente de este a oeste (Fig. 3).

El talud inferior del Sector de Sena presenta un perfil convexo, caracterizado por la presencia de irregularida-

des del fondo generadas por procesos de inestabilidad: actividad de fallas, procesos erosivos asociados al desarrollo de canales, procesos gravitacionales caracterizados por deslizamientos y minicuevas, e incluso por migración y escape de fluidos. El talud inferior pasa a la Llanura Abisal de Sena aproximadamente a los 4200 m de profundidad (Fig. 1). Este tránsito se produce de una forma neta, definida por la presencia de un marcado punto de inflexión entre la geometría convexa y ondulada del talud con respecto a la morfología plana de la llanura abisal (Fig. 4).

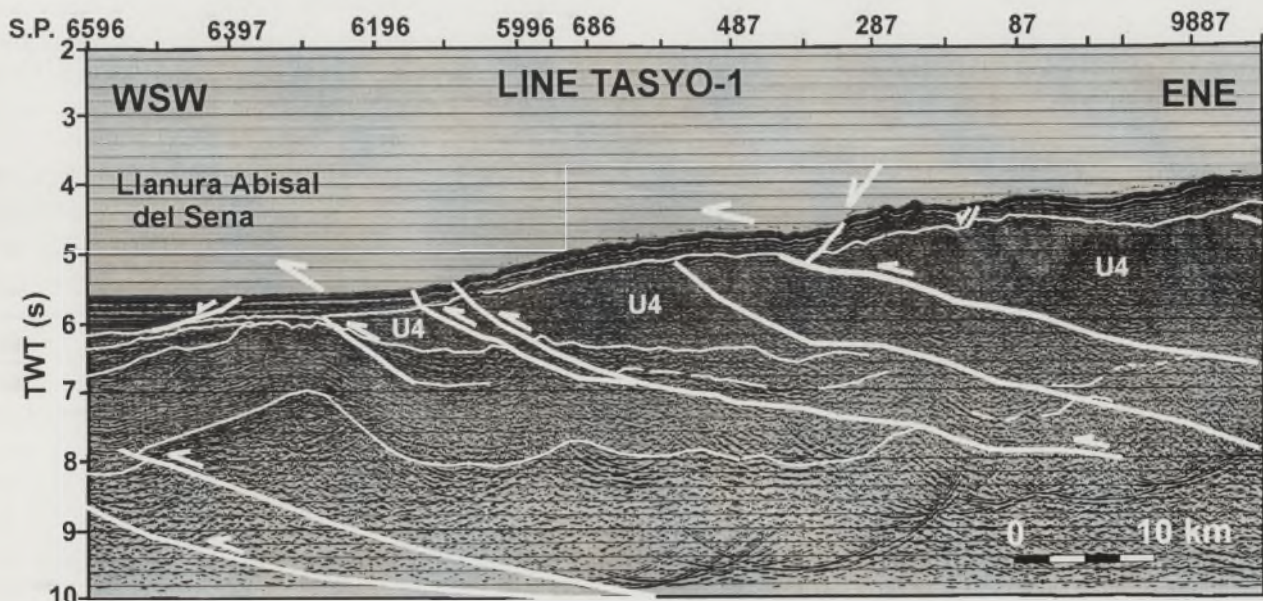


FIGURA 4. Segmento del perfil sísmico TASYO2000-1, perpendicular a las líneas batimétricas, en el que se observa la morfología del talud inferior así como el límite con la llanura abisal de Sena. U4: Unidad Alóctona del Golfo de Cádiz.



## DISCUSIÓN: CONTROL TECTÓNICO

La morfología del talud inferior está controlada por el desarrollo de la Unidad Alóctona del Golfo de Cádiz. Esta unidad forma una cuña orogénica en la parte E del margen, y hacia el O da lugar al desarrollo de masas olistostrómicas (Maldonado *et al.*, 1999; Vázquez *et al.*, 2001). La geometría convexa del margen está ocasionada por el sucesivo emplazamiento de esta unidad. La influencia morfológica de este cuerpo se extiende hasta 4000 m de profundidad (Figs. 1 y 4) y está marcada por uno de los principales frentes de emplazamiento de la cuña. Por otro lado, la presencia de estructuras antiguas y la actividad tectónica actual ejercen también una importante influencia sobre la morfología de la superficie del fondo, especialmente cuando el espesor del conjunto alóctono es menor.

En el sector Herradura la influencia del cuerpo alóctono sobre la morfología del talud inferior es menor, dado que el límite inferior del talud alcanza una mayor profundidad y extensión. El límite con el margen del Algarve se caracteriza por un valle ocasionado por el desarrollo de fallas gravitacionales en el segmento superior del talud inferior. Por otro lado, la zona de escarpes del límite inferior del talud está causada por la actividad de una falla inversa principal (Fig. 3) que afecta al basamento, atraviesa el relleno sedimentario y deforma la superficie del fondo generando un suave relieve positivo. La importancia de este relieve y del escarpe asociado es mayor hacia el NE mientras que hacia el S, es desmantelado por la actividad de fallas secundarias.

En el sector Sena la influencia morfológica del cuerpo alóctono es mayor. De hecho, el tránsito entre el talud inferior y la llanura abisal corresponde al frente externo de este cuerpo, así mismo las ondulaciones del talud están generadas por cabalgamientos dentro del mismo. Por último, la reactivación y deformación de las estructuras y materiales que forman parte de esta cuña queda reflejada por la existencia de diversos procesos que favorecen su inestabilidad.

Se constata que la morfología del talud inferior está controlada por la estructura de la Unidad Alóctona del Golfo de Cádiz tanto por su emplazamiento como por su evolución reciente. El talud inferior se sitúa sobre un sustrato inestable, con una actividad tectónica reciente y una delgada cobertera sedimentaria, su tránsito hacia la llanura abisal es brusco, siendo remarcable que el dominio fisiográfico del ascenso continental no aparece desarrollado. Por otra parte, se trata de un dominio de elevada pendiente que favorece

una transferencia sedimentaria bastante directa entre el talud medio y la llanura abisal. La ausencia de un ascenso continental, así como las características del talud inferior ponen de manifiesto las peculiaridades geológicas del margen continental del Golfo de Cádiz frente a los márgenes adyacentes.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado a través de los proyectos: MAR-98-0209 (TASYO) y REN2002-04117-C03-01/02/03 (GADES) y de las acciones especiales MVSEIS (EUROMARGINS 01-LEC-EM24F) REN2002-11669-E y MOUNDFOURCE (EUROMARGINS 01-LEC-EMA06F) REN2002-11668E. Agradecemos su apoyo a la dotación del BIO Hespérides y a los miembros de la UTM durante la realización de la campaña TASYO-2000.

## REFERENCIAS

- 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.
- Maldonado, A., Somoza, L. y Pallares, L. (1999): The Betic orogen and the Iberian-African boundary in the Gulf of Cadiz, geological evolution central North Atlantic. *Marine Geology*, 155: 9-43.
- Smith, W. H. F. y Sandwell, D. T. (1997): Global seafloor topography from satellite altimetry and ship depth soundings. *Science*, 277: 1957-1962.
- Vázquez, J.T. y Vegas, R. (2000): Estilos diferentes de deformación en el límite de placas entre África y Eurasia, desde el Arco de la Herradura al Mar de Alborán. En: 2º *Asamblea Hispano Portuguesa de Geodesia y Geofísica*, S03-19: 147-148.
- Vázquez, J.T., Somoza, L., Medialdea T., Maestro A., Maldonado A. y Vegas R. (2001): "Olistostrome" Tectonic Fronts under the Eurasia-África Convergence in the Gulf of Cadiz. En: Workshop on the *Geodynamics of the Western part of Eurasian-African Plate Boundary (Azores-Tunisia)*. Boletín ROA, nº 3/2001, 2 p.