

# Distribución del espesor sedimentario en las cuencas Protector y Pirie (Mar de Scotia, Antártida): factores de control

*Sedimentary thickness distribution in the Protector and Pirie basins (Scotia Sea, Antarctica): control factors*

Lara F. Pérez<sup>(1)</sup>, F. Javier Hernández-Molina<sup>(2)</sup>, Fernando Bohoyo<sup>(3)</sup>, Andrés Maldonado<sup>(1)</sup>, Juan T. Vázquez<sup>(4)</sup>, Francisco J. Lobo<sup>(1)</sup> y Yasmina M. Martos<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (IACT). CSIC/Universidad Granada. 18002 Granada, Spain. lfperez@iact.ugr-csic.es, amaldona@ugr.es, pacolobo@ugr.es, yasmartos@ugr.es

<sup>(2)</sup>Facultad de Ciencias del Mar, Dpto. Geociencias Marinas, Univ. Vigo, 36200 Vigo, Spain. fjhernan@uvigo.es

<sup>(3)</sup>Instituto Geológico y Minero de España, Ríos Rosas, 23, 28003 Madrid, Spain. f.bohoyo@igme.es

<sup>(4)</sup>Instituto Español de Oceanografía. Puerto Pesquero s/n. Fuengirola. 29640 Málaga, Spain. juantommas.vazquez@ma.ieo.es

## ABSTRACT

The analysis of multichannel seismic profiles reveals that the distribution of sedimentary depocenters within the Protector and Pirie basins of the southern Scotia Sea, close to the Scotia-Antarctica plate boundary, is largely due to the morpho-structural control of the basement and influenced by the distribution of bottom currents. Both basins constituted a good example of small isolated and undernourished deep basins, lacking major continental inputs and under the influence of active bottom currents related to both the Antarctic Circumpolar deep Water and the Weddell Sea Deep Water.

**Key-words:** Seismic stratigraphy analysis, Deep-sea contour currents, morpho-structure, Scotia Sea, Protector and Pirie basins.

## RESUMEN

Se ha realizado un análisis de estratigrafía sísmica mediante perfiles sísmicos de reflexión multicanal en las cuencas de Protector y Pirie, las cuales están ubicadas en el Mar de Scotia meridional, en las proximidades del límite de placas Scotia-Antártica. Mediante este análisis se ha determinado la distribución de los depocentros sedimentarios más importantes, lo que ha permitido comprobar que la distribución sedimentaria en dichas cuencas está controlada por la morfoestructura del basamento e influenciada por la distribución de las masas de agua profundas. Los resultados obtenidos permiten establecer que ambas cuencas constituyen un buen ejemplo de cuencas oceánicas profundas aisladas y desnutridas, sin aportes continentales y bajo la influencia de corrientes de fondo activas relacionadas con el Agua Profunda Circumpolar Antártica (CDW) y con el Agua Profunda procedente del Mar de Weddell (WSDW).

**Palabras clave:** Análisis de estratigrafía sísmica, corrientes de contorno, morfoestructura, Mar de Scotia, Cuencas Protector y Pirie.

Geogaceta, 50-2 (2011), 133-136.  
ISSN:2173-6545

Fecha de recepción: 15 de Febrero de 2011  
Fecha de revisión: 28 de Abril de 2011  
Fecha de aceptación: 27 de Mayo de 2011

## Introducción

El registro sedimentario de una cuenca oceánica está controlado por las etapas evolutivas de fragmentación continental (fase *syn-rift*), expansión oceánica y evolución posterior al cese de la expansión. La mayor acumulación de sedimentos se produce durante la fase *post-rift*, una vez la cuenca inicia su desarrollo. Conceptualmente, los principales procesos sedimentarios dominantes en una cuenca son: a) los gravitacionales, que transfieren directamente el sedimento desde los márgenes continentales hasta la cuenca marina adyacente; y b) pelágicos y/o hemipelágicos. Adicionalmente, se pueden desarrollar procesos sedimentarios contorníticos cuando

existe una activa circulación de corrientes de fondo (Einsele, 2000).

En la parte meridional del Mar de Scotia (Antártida), en las proximidades del límite entre las placas Scotia y Antártica, existe un conjunto de cuencas oceánicas profundas separadas por bloques continentales que se encuentran a menor profundidad (< 1500 m) aunque no están emergidos (Bohoyo, 2004; Galindo-Zaldívar *et al.*, 2006). En este trabajo se presenta un estudio estratigráfico del relleno sedimentario de dos de estas cuencas, la Cuenca Protector y la Cuenca Pirie (Fig. 1), con el objetivo de estimar los factores de control en la sedimentación.

Regionalmente en el Mar de Scotia se identifican (Fig. 1) dos masas de agua pro-

fundas (Naveira-Garabato *et al.*, 2002): a) La masa de Agua Profunda Circumpolar (*Circumpolar Deep Water*, CDW), como componente profunda de la Corriente Circumpolar Antártica (*Antarctic Circumpolar Current*, ACC), que fluye hacia el este entre el Frente Polar y el margen del continente antártico; y b) la masa de Agua Profunda procedente del Giro del Mar de Weddell (*Weddell Sea Deep Water*, WSDW). Esta última masa de agua circula en sentido horario en el Mar de Weddell y una rama se canaliza a través de la Cuenca Jane y circula posteriormente tanto hacia el este, junto con la CDW, como hacia el oeste de forma paralela a la Dorsal Meridional de Scotia.

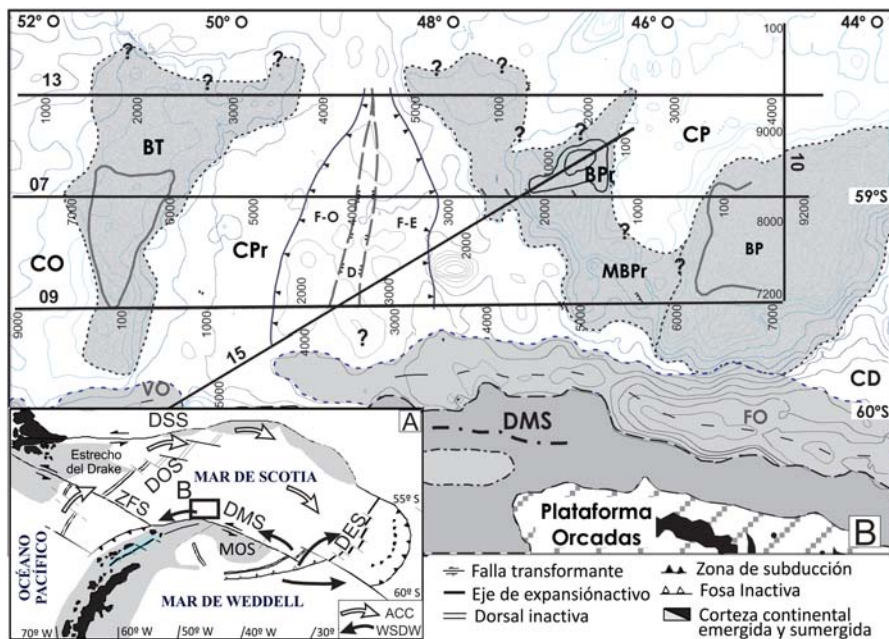


Fig. 1.- A) Esquema regional del Arco de Scotia con la localización del área de estudio. B) Mapa batimétrico con los principales elementos morfoestructurales, incluye la situación de los perfiles de sísmica multicanal utilizados con sus puntos de disparo. Leyenda de los rasgos morfoestructurales: BP: Banco Pirie; BPr: Banco Protector; BT: Banco Terror; CD: Cuenca Dove; CO: Cuenca Ona; CP: Cuenca Pirie; CPr: Cuenca Protector; D: Dorsal; DES: Dorsal Este de Scotia; DMS: Dorsal Meridional de Scotia; DOS: Dorsal Oeste de Scotia; DSS: Dorsal Septentrional de Scotia; F-E: Flanco Este; F-O: Flanco Oeste; FO: Fosa de las Orcadas; MBPr: Margen del Banco Protector; MOS: Microcontinente de las Orcadas del Sur; VO: Valle de Ona; ZFS: Zona de Fractura Shackleton. Leyenda de las masas de agua: ACC: Corriente Circumpolar Antártica; WSDW: Agua Profunda del Mar de Weddell.

Fig. 1.- A) Regional sketch of the Scotia Sea with the study area location. B) Morfo-structural context including the multichannel seismic profiles used in the present work indicating the shot point numbers. Morfo-structural aspects legend: BP: Pirie Bank; BPr: Protector Bank; BT: Terror Bank; CD: Dove Basin; CO: Ona Basin; CP: Pirie Basin; CPr: Protector Basin; D: Ridge; DES: East Scotia Ridge; DMS: South Scotia Ridge; DOS: West Scotia Ridge; DSS: North Scotia Ridge; F-E: East Flank; F-O: West Flank; FO: Orkney Trench; MBPr: Protector Bank Margin; MOS: South Orkney Microcontinent; VO: Ona Valley; SFZ: Shackleton Fracture Zone. Water mass legend: ACC: Antarctic Circumpolar Current; WSDW: Weddell Sea Deep Water.

**Metodología**

El estudio realizado se basa esencialmente en la interpretación de registros sísmicos de reflexión multicanal. Estos perfiles fueron obtenidos utilizando como fuente de energía sísmica un conjunto de cañones de aire (BOLT) con un volumen total de 22,14 l y un intervalo de disparo de 50 m. El sistema receptor consistió en un streamer de 96 canales (TELEDYNE) con una longitud de 2,4 km. Se registraron 12 s (tiempo doble, TD) de profundidad mediante el sistema digital GEOMETRIC Strata Visor™, con un intervalo de muestreo de 2 ms. Posteriormente estos datos fueron procesados usando el sistema DISCO/FOCUS con una secuencia estándar (incluyendo migración). Para este trabajo se han analizado cinco perfiles de sísmica de reflexión multicanal, adquiridos durante las campañas SCAN2001 y SCAN2004 a bordo del BIO Hespérides (Fig. 1). Los datos de profundidad se expresan en

segundos y TD y el espesor de los sedimentos *post-rift* se indica en TD.

**Resultados**

En el área de estudio se han identificado los siguientes elementos morfoestructurales principales (Fig. 1): los bancos continentales Terror, Protector y Pirie, las cuencas oceánicas Protector y Pirie, así como un sector localizado entre ambas cuencas que hemos denominado Margen del Banco Protector. De estos rasgos fisiográficos, el Banco Protector, su margen y la Cuenca Pirie se han considerado por primera vez en este trabajo. Las cuencas Protector y Pirie presentan facies sísmicas en el basamento características de corteza oceánica. Por el contrario los bancos anteriormente citados presentan facies sísmicas típicas de naturaleza continental.

La profundidad del basamento en los bancos es menor que en las cuencas (Fig. 2

y 3A). En el caso del Banco Terror el basamento es más elevado en su parte meridional (< 4 s) aumentando su profundidad (> 5 s) hacia los sectores septentrional y central. Por el contrario, el Banco Pirie, constituye un umbral más somero, donde se identifican las menores profundidades para el basamento de todo el área estudiada (< 2 s). Hacia los márgenes la profundidad se incrementa alcanzándose bruscamente los 4 s. Finalmente, en el Margen del Banco Protector (Fig. 2 y 3A), las profundidades del basamento están comprendidas entre 4 y 5,5 s, si bien localmente el Banco Protector es la zona más elevada (< 3 s). La profundidad del basamento en las cuencas Protector y Pirie supera 6,5 y 5,5 s, respectivamente. En el basamento de la Cuenca Protector, las estructuras extensivas como fallas normales predominan en el sector meridional (Fig. 2), sin embargo, hacia el norte hay un aumento progresivo de estructuras compresivas.

Por otra parte, el relleno sedimentario *post-rift* se dispone sobre las cuencas Protector y Pirie, así como en los márgenes de los bancos (Fig. 2 y 3B). En la Cuenca Protector dicho relleno sedimentario presenta un espesor medio de 0,8 s (Fig. 3B), con mayor espesor en su parte occidental donde se identifican hasta tres depocentros con espesores mayores a 1 s: a) uno paralelo a la antigua dorsal de expansión con una orientación N-S; b) otro localizado al oeste del sector meridional; y c) un tercero ubicado en el sector septentrional, el cual tiene la mayor extensión cubriendo parte del Banco Terror (Fig. 3B). En la parte oriental de la Cuenca Protector el depocentro más importante (0,6-0,8 s) se encuentra sobre el flanco de la dorsal con una orientación N-S (Fig. 3B). En la zona de la dorsal, el relleno sedimentario es significativo en el sector meridional con un espesor de 1 s. El relleno de la Cuenca Pirie presenta espesores medios mayores que 1,2 s, si bien el máximo espesor se emplaza en la parte sureste con una orientación E-O, cubriendo el extremo septentrional del Banco Pirie (Fig. 3B).

Los bancos continentales representan áreas con menor relleno sedimentario (de < 0,2 a 0,4 s) y con frecuentes afloramientos del basamento (Fig. 3B). No obstante sobre el sector septentrional del Banco Terror se identifica un importante relleno sedimentario (< 1 s). En el Margen del Banco Protector el espesor sedimentario está compren-

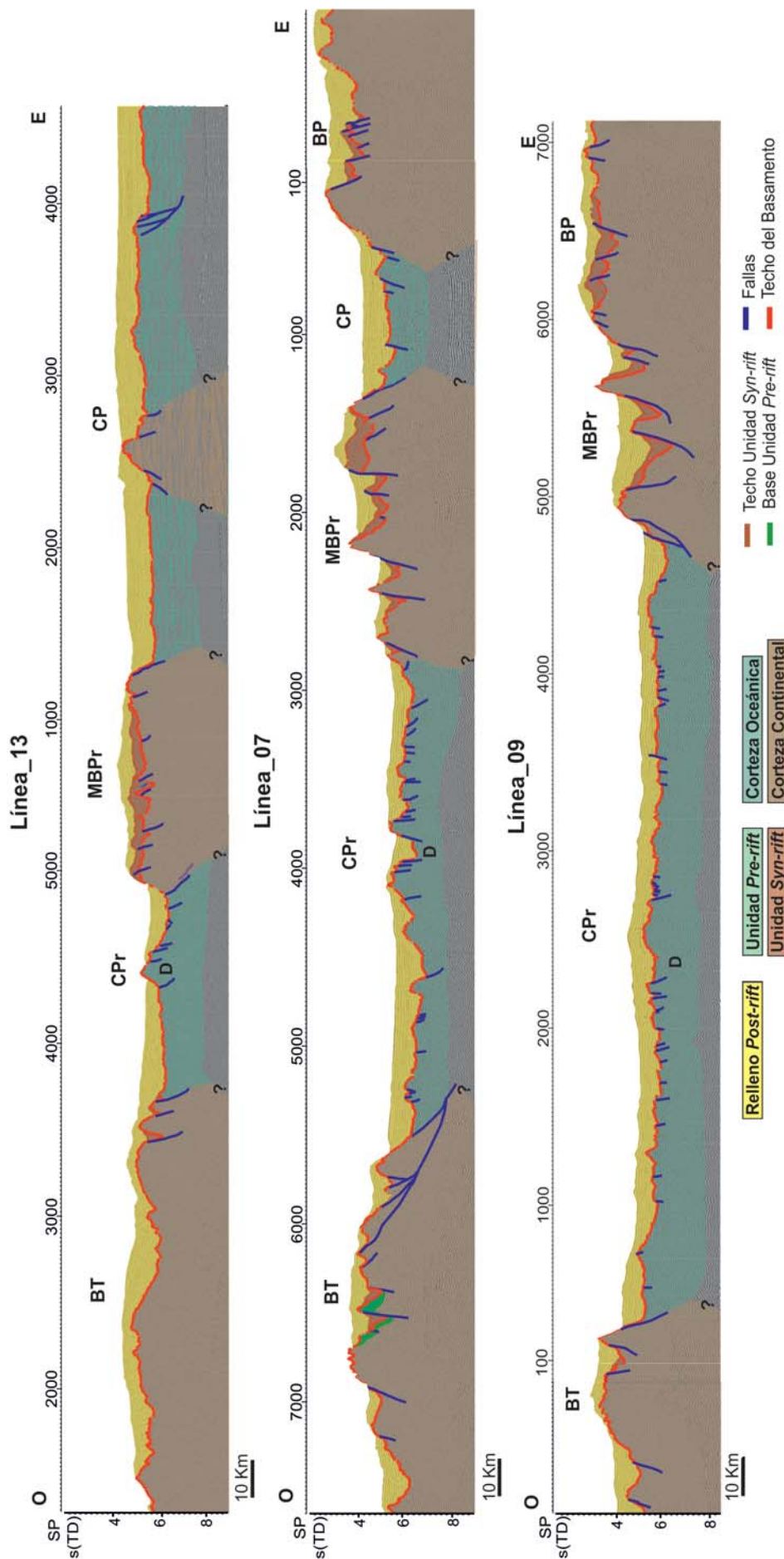


Fig. 2.- Esquema de la distribución de las cortezas y el relleno sedimentario en los sectores septentrional, central y meridional del área de estudio. Identificación de las principales fracturas. Posición de los perfiles y leyenda de los elementos morfoestructurales en la Fig. 1.

Fig. 2.- Sketches showing the crusts and sedimentary record distribution in the northern, central and southern sectors within the study area. Main faults location is including. Profiles situation and main morpho-structural elements in Fig. 1.

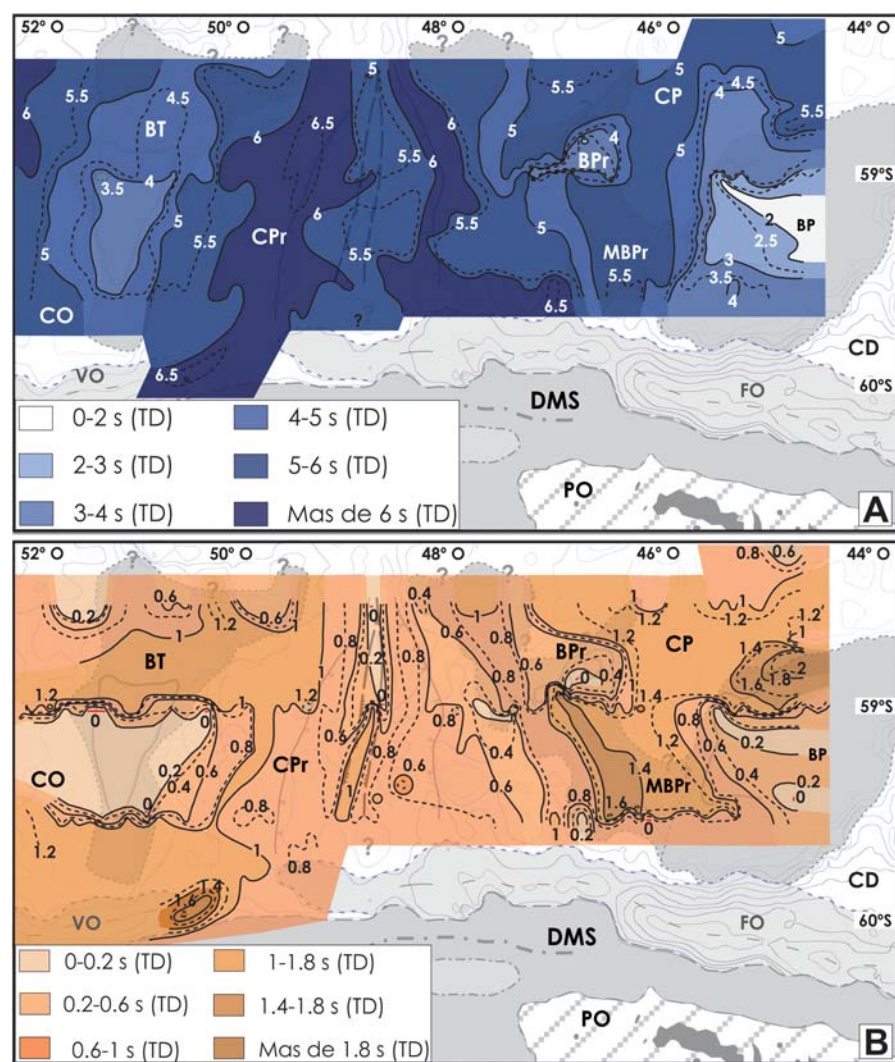


Fig. 3.- A) Mapa de isobatas del techo del basamento, expresadas en segundos (TD). B) Mapa de distribución del espesor de sedimentos *Post-rift* en el área de estudio. En tonos grises se representa la batimetría y los principales elementos morfoestructurales. Leyenda en figura 1.

Fig. 3.- A) Basement depth map in seconds (Two way time, TWT). B) Map of Post-rift sediments thickness distribution in the study area. Both maps are including the major bathymetry and morphostructural features. Legend in figure 1.

dido entre 0,8 y 1 s en todo el sector septentrional, con la excepción del propio banco donde el basamento aflora en su parte más elevada. Por el contrario, existe un depocentro ( $> 1,6$  s) NO-SE sobre los sectores central y meridional del banco que presenta continuidad lateral con la Cuenca Pirie (Fig. 3B).

## Discusión y conclusiones

La evolución de la extensión continental durante la apertura de la cuenca y posterior expansión de la corteza oceánica difiere entre ambas cuencas y tiene como consecuencia el desarrollo de los grandes elementos morfoestructurales identificados en el área de es-

tudio (Galindo-Zaldívar *et al.*, 2006). La Cuenca Protector se caracteriza por una apertura que migra hacia el norte, mientras que la Cuenca Pirie presenta una apertura con una migración dirigida hacia el sur.

Las características del techo del basamento en la Cuenca Protector, su asimetría, así como la identificación de estructuras compresivas indican una mayor deformación en el sector septentrional que en el sector central y, que podría ser la consecuencia del efecto que tiene en esta cuenca la expansión posterior de la Cuenca Pirie.

El relleno sedimentario *post-rift* ha homogeneizado en gran medida el relieve del basamento en las cuencas Protector y Pirie. Esto ha sucedido especialmente con el de-

pósito de las unidades más antiguas cuyos depocentros están controlados por las grandes estructuras del basamento. Sin embargo, la distribución de los espesores de las unidades más recientes no está condicionada por las estructuras del basamento (Maldonado *et al.*, 2006).

En términos generales, el relleno sedimentario pone de manifiesto un contexto desnutrido en la sedimentación de estas cuencas y márgenes continentales, consecuencia de la ausencia de fuentes de aporte de sedimentos que procedan de los bancos adyacentes. Además, es significativo, especialmente en la Cuenca Protector, la ubicación de los depocentros ligeramente desplazados al oeste, con respecto a las zonas con el techo del basamento más profundo. En este sentido la migración y disposición de los depocentros se interpreta como la consecuencia de la influencia de la circulación de las corrientes de fondo en las cuencas. La CDW penetraría en las cuencas del área de estudio por el noroeste afectando sobre todo a la Cuenca Pirie, mientras que la WSDW entraría en la Cuenca Protector por el sur, desde el valle de la Fosa de las Orcadas.

## Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado en el marco de los proyectos: ANT99-0817- REN2003-01498; CGL2004-05646; CTM2008-06386-C02/ANT y se relaciona con el CTM 2008-06399-C04/MAR. Agradecemos la labor realizada por los revisores que han mejorado la versión preliminar del presente trabajo.

## Referencias

- Bohoyo, F. (2004). *Fragmentación continental y desarrollo de cuencas oceánicas en el sector meridional del Arco de Scotia (Antártica)*. Tesis Doctoral, Univ. de Granada, 252 p.
- Einsele, G. (2000). *Sedimentary Basins*. Springer, 792 p.
- Galindo-Zaldívar, J., Bohoyo, F., Maldonado, A., Schreider, A., Suriñach, E. y Vázquez, J. T. (2006). *Earth and Planetary Science Letters*, 241, 398-412.
- Maldonado, A., Bohoyo, F., Galindo-Zaldívar, J., Hernández-Molina, F. J., Jabaloy, A., Lobo, F. J., Rodríguez-Fernández, J., Suriñach, E. y Vázquez, J. T. (2006). *Marine Geophysics Research*, 27, 83-107.
- Naveira-Garabato, A., Heywood, K. J. y Stevens, D. P. (2002). *Deep-Sea Research*, 1 49, 681-705.