

EL MARGEN ATLANTICO IBERICO AL W DE GALICIA. EVOLUCION EN REGIMEN EXTENSIONAL Y SEDIMENTACION. (Resultados preliminares del Leg. 103, Ocean Drilling Program)

M. C. Comas, G. Boillot, E. L. Winterer, A. W. Meyer, J. Applegate, M. Baltuck, J. A. Bergen, T. A. Davies, K. Dunham, C. A. Evans, J. Girardeau, D. Goldberg, J. Haggerty, L. F. Jansa, J. A. Johnson, J. Kasahara, J. P. Loreau, E. Luna, H. Moullade, J. Ogg, M. Sarti, J. Thurow y M. W. Williamson*

RESUMEN

La campaña oceanográfica 103 del Ocean Drilling Program (ODP) ha estado dedicada a dilucidar la evolución tectónica y sedimentación del Margen Atlántico-Ibérico. Se realizaron un total de 14 sondeos, en cinco puntos de posicionamiento, sobre el extremo más profundo del margen; al S del Banco de Galicia. Los resultados obtenidos revelan que previamente al inicio de la expansión oceánica entre Terranova e Iberia ocurrió una historia compleja de distensión cortical, fracturación y subsidencia asociadas. Los resultados fundamentales son los siguientes: 1) Carbonatos de plataforma marina somera, de edad Jurásico superior-Cretáceo basal constituyen los primeros depósitos mesozóicos en ese ámbito del margen y dan lugar a un reflector sísmico considerado anteriormente como basamento. 2) El hundimiento de la plataforma, fallamiento y basculamiento de los bloques ocurre desde 25 m.a. antes de iniciarse la acreción oceánica. 3) En el límite entre corteza oceánica-corteza continental se ubica una cresta constituida por peridotitas serpentinizadas. 4) El reflector sísmico «S», generalmente considerado como el límite dúctil-frágil en la corteza continental, corresponde realmente a la base de los depósitos sinrift.

Palabras clave: *Márgenes continentales pasivos. Atlántico Norte. Iberia.*

ABSTRACT

Leg 101 of the Ocean Drilling Program (ODP) was devoted discovering the tectonic and sedimentary evolution of the Atlantic Margin of the Iberian Peninsula. A transect of five sites, with a total of 14 drill-holes was undertaken to the South of the Galicia Bank on the seaward edge of the margin. The data obtained revealed a complex history of subsidence and rifting preceding the initiation of sea floor spreading between Newfoundland and Iberia. The main findings include: 1) The Upper Jurassic-Lowermost Cretaceous shallow-water carbonate platform are the first Mesozoic deposits at the margin. The «basement seismic reflector» is made-up of these carbonates. 2) The platform drowning, tilting of fault blocks and rapid subsidence preceded the spreading by as much as 25 million years. 3) A ridge of serpentinized peridotites is located near the boundary between the oceanic and continental crusts. 4) The seismic reflector «S» does not, as widely believed, represent a ductile-brittle boundary within the continental crust but is instead a reflector at the base of the synrift sediments.

Key words: *Continental margins, North Atlantic, Iberia.*

Introducción

El margen Atlántico Ibérico, al W de la Península Ibérica, es un margen continental pasivo desnutruido configurado durante el Mesozóico tras la apertura del Atlántico Norte. Como tal margen desnutruido, su cobertera sedimentaria es delgado (0-4 km.) y la con-

figuración morfológica guarda una relación muy directa con su estructuración. (Vanney et al., 1979, Boillot et al., 1979). Existe considerable información sobre la porción septentrional del margen, situada al norte del paralelo de Lisboa. La estructura profunda ha sido puesta de manifiesto mediante numerosos perfiles sísmicos (Montadert et al., 1974, Montadert et

* Equipo científico del Leg. 103, Ocean Drilling Program. Texas A & M. University, College Station, TX. 77483-3469, U.S.A.

al., 1979) y los muestreos realizados en el área, dragados en numerosos puntos (Groupe Galice, 1978) y testigos de sondeos obtenidos en la campaña oceanográfica IPOD Leg 47 B (Site 398) (Sibuet, Ryan et al., 1979), han suministrado información acerca del carácter de parte de la secuencia sedimentaria y de algunos hitos evolutivos.

La reciente campaña oceanográfica 103 del Ocean Drilling Program que comenzó el 25 de abril en Ponta Delgada (Azores) y terminó el 19 de junio (1985) en Bremerhaven (República Federal de Alemania), ha permitido ampliar dicha información. Durante la campaña se ha perforado en un total de 5 puntos de posicionamiento (Sites 637 al 641) situados en el ámbito más profundo del margen (aproximadamente 300 km. al W de Vigo, Margen de Galicia) (figura 1). A partir de un total de 14 sondeos, con recuperación de testigos, se han conseguido nuevos datos acerca de las secuencias pre-, sin-, y postrift y adquirido nuevos conocimientos acerca de la estructuración profunda y evolución del Margen de Galicia.

Los perfiles sísmicos de reflexión indican que el basamento continental está compartimentado por fallas normales, posiblemente listricas, que delimitan estrechos bloques (10-30 km. de anchura, 60-100 km. de longitud) basculados hacia el Este. Sobre ellos se configuran semifosas, donde se ubican las secuencias sedimentarias más potentes.

El basamento y los sedimentos más antiguos llegan a aflorar en algunos de los escarpes que bordean los bloques. Ello ha permitido que en los sondeos realizados desde el navío oceanográfico «Joides Resolution» durante el Leg 103, se recuperasen términos de

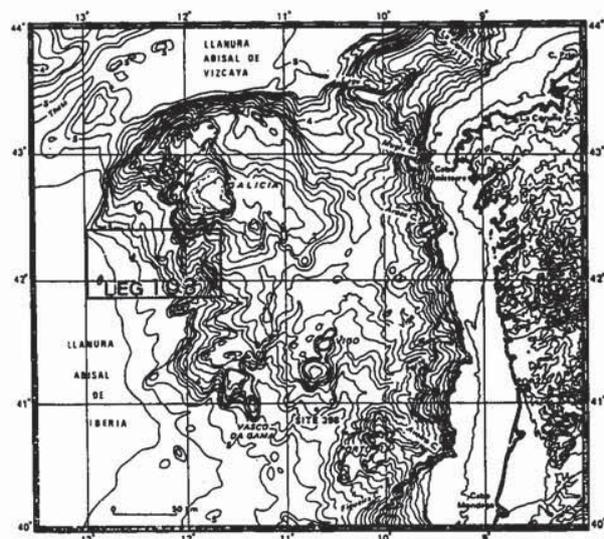


Fig. 1.—Localización del área investigada durante el Leg 103 (ODP), sobre mapa morfológico del sector septentrional del Margen Atlántico Ibérico. Números en curvas batimétrica en km.

la práctica totalidad de la secuencia sedimentaria (hasta sus niveles basales) e incluso, se alcanzase un probable basamento en el extremo occidental de uno de los bloques más profundos del margen (Sites 638, 639 y 141, fig 2). En un sondeo próximo al límite entre corteza oceánica y corteza continental (Site 637, figura 2) se han recuperado peridotitas presumiblemente pertenecientes al manto superior. Con otro sondeo en el Site 640 (fig. 2), se pretendía obtener información acerca del carácter de un profundo reflector (reflector «S») generalmente considerado como el límite dúctil-frágil dentro de la corteza continental; el horizonte hipotético en donde se enraizarían las fallas listricas.

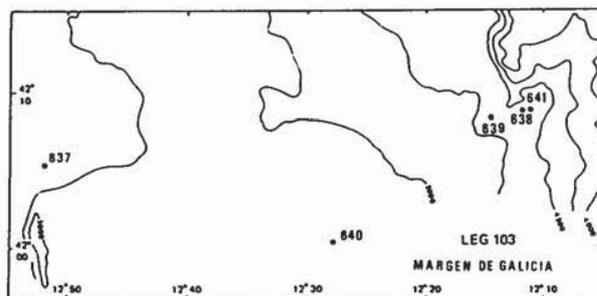


Fig. 2.—Localización de los Sites perforados en el Leg 103 (ODP). Números en curvas batimétricas en metros.

Esta nota pretende difundir en lengua española los resultados preliminares obtenidos en el Leg 103, campaña oceanográfica desarrollada sobre el Margen de Galicia en el marco del «Ocean Drilling Program», nuevo programa internacional de investigación de los fondos oceánicos (Boillot *et al.*, 1985; 1986).

La sucesión sedimentaria registrada

La sucesión estratigráfica sintética del Margen de Galicia (fig. 3) se ha obtenido integrando los datos suministrados por diversas perforaciones (Sites 638, 639 y 641). Estos puntos de posicionamiento se sitúan sobre el escarpe de falla y borde occidental de unos de los bloques basculados hacia el E. En los sondeos realizados se obtuvieron testigos de una secuencia de más de 1.500 m. de espesor. Materiales comprendidos entre el Jurásico superior (Titónico) y el Cenozoico y, además, otros de un posible basamento paleozoico.

La lectura de los perfiles sísmicos permitió la interpolación entre los niveles perforados en diversos sondeos y también apreciar las potencias totales y variaciones laterales de espesor de los distintos tramos.

Los términos registrados son los siguientes, de más antiguo a más moderno:

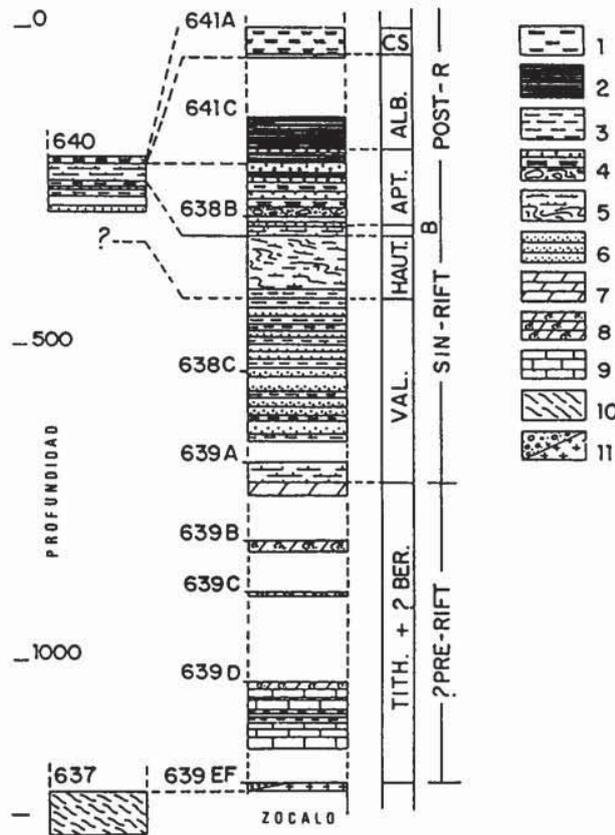


Fig. 3.—Sucesión estratigráfica sintética construida a partir de datos obtenidos en diferentes sondeos (señalados a la izquierda de la columna). 1) Arcillitas rojas; 2) arcillitas y margas negras, ricas en materia orgánica; 3) arcillas y arcillitas; 4) alternancia de calizas blancas y negras grises o verdes con capas de calcarenitas, brechas y niveles de *slump*; 5) niveles de *slump* en margas; 6) areniscas; 7) dolomías; 8) calizas biohermales dolomitizadas; 9) calizas; 10) peridotitas serpentinizadas; 11) conglomerado basal/riodacitas del basamento (?). TITH, Titónico; BER, Berriacense; VAL, Valanginiense; HAUT, Hauteriviense; B, Barremiense; APT, Aptiense; ALB, Albiense; CS, Cretáceo superior.

1. Un nivel de conglomerado o brecha, de espesor desconocido, constituido por clastos de diversos tipos de rocas sedimentarias ligeramente metamorizadas (paleozoicas) y rocas volcánicas y subvolcánicas ácidas. Este nivel podría interpretarse como un conglomerado basal de la secuencia mesozoica suprayacente. Quizás la presencia, en la base del conglomerado, de piezas constituidas exclusivamente de rocas ígneas ácidas indique que se perforaron manifestaciones ígneas del propio basamento.

2. Calizas y dolomías, que podrían alcanzar como máximo unos 400 m. Son facies de plataforma carbonática somera extensamente dolomitizadas. Entre ellas se intercalan varios episodios terrígenos depositados también en aguas someras. La edad de estos términos es Jurásico superior (Titónico) a Cretácico

basal (Barriasiense). Algunas de estas litofacies son similares a las muestras dragadas en un escarpe situado 6 km. al NW del Site 638 (Mougenot et al., 1985).

3. Margas y margocalizas de 40 m. de espesor conteniendo Calpionellas, Nannofosiles y Foraminíferas bentónicos. Son términos del Valanginiense inferior. La microfauna existente es indicativa ya de un ámbito de plataforma externa o epibatial, testificando la rápida subsidencia de la plataforma carbonática titónica precedente.

4. Una potente formación detrítica y pelágica que comprende: a) turbiditas siliciclásticas, alternancia de areniscas, arenas y arcillitas ricas en restos de plantas terrestres, de edad Valanginiense superior-Hauteriviense, y b) calizas arcillosas bioturbadas, margas laminadas y arcillitas oscuras, incluyendo lechos turbidíticos finos y niveles de *slump* y *debris flow*, de una edad comprendida entre el Barremiense y el Aptiense inferior. Estos materiales son depósitos acumulados en aguas profundas, probablemente bajo el nivel de compensación de la calcita (CCD). Su espesor en el punto perforado es del orden de 400 m., pero los perfiles sísmicos indican que hacia el E y rellenando la semifosa deben conseguir espesores de hasta 2.000 m.

5. Un total de hasta 1.500 m. de sedimentos más recientes. De entre ellos sólo ciertos niveles han sido muestreados durante la campaña 103: «black shales», arcillas y margas del Albiense-Maastrichtiense y depósitos arcillosos y carbonatados del Cenozoico.

Evolución del margen en régimen extensional.

Una historia compleja de subsidencia y rifting precedió al inicio de la expansión oceánica entre Terra-nova e Iberia.

La distensión y hundimiento del Margen de Galicia se efectuaron en diversas etapas. Ello se pone de manifiesto tanto en la evolución vertical de las facies que componen la sucesión estratigráfica, como en su disposición lateral.

Según los datos obtenidos, en el área investigada no existen depósitos más antiguos que el Jurásico superior (alrededor de 150 m.a.). La falta de Jurásico, si se confirma definitivamente, indicaría que el sector perforado formaba parte de un ámbito emergido con anterioridad al Jurásico terminal. Por ello, en este área no han quedado registradas las pulsaciones jurásicas previas referidas en otros sectores del Atlántico septentrional. Tanto en la Cuenca Lusitánica como en el Margen Canadiense, los depósitos mesozoicos registran episodios de subsidencia y rifting desde el Triásico (230 m.a.).

En el Margen de Galicia, la distensión cortical está documentada a partir del Titónico superior. Durante unos 10 m.a., desde el Jurásico terminal al Cretácico

basal (150-140 m.a.), ocurrió la subsidencia necesaria para acomodar hasta unos 400 m. de sedimentos de plataforma carbonática somera (término 2). El techo de estos carbonatos corresponde a un prominente reflector sísmico, hasta ahora considerado como el límite superior del basamento.

Las facies suprayacentes del Valanguiniense basal (135 m.a., término 3) indican el inicio de una rápida subsidencia, con el consiguiente hundimiento de la plataforma carbonática. Comienza un episodio de fracturación y basculamiento discontinuo de los bloques (estadio de rifting) que se prolongó hasta el Aptiense terminal (110 m.a.). La dirección predominante de fracturación fue transversa a la dirección de la subsiguiente acreción oceánica.

Durante esos 25 m.a. se estructuraron semifosas sobre bloques basculados hacia el E. Simultáneamente a su hundimiento, dichas semifosas se rellenaban por cuñas de depósitos clásticos profundos y otros de facies pelágicas. Sobre algunas verticales se acumularon en este intervalo hasta 2.000 m. de materiales (sedimentos sinrift, término 4).

Niveles de *slump*, *debris flow* y turbiditas indican la existencia de taludes y episodios intermitentes de fallamientos sinsedimentarios. La última fracturación asociada al rifting podría atribuirse de Aptiense terminal.

Por consiguiente el adelgazamiento cortical del margen parece resultar de un proceso de rifting durante el Cretácico inferior.

A partir de este momento se inicia la acreción oceánica, se separa Iberia de Norteamérica y queda configurado el margen pasivo.

Al igual que en otros puntos del Margen Atlántico, en el Margen de Galicia, el comienzo de este estadio se registra en los perfiles sísmicos por un prominente reflector y por la existencia de discordancias locales («breakup unconformity»). La edad de este reflector coincide con la de la anomalía magnética J, 110 m.a. (Aptiense terminal), que testifica el inicio de la acreción. A partir de este momento, el margen sufrió una continuada y gradual subsidencia, subsidencia tér-

mica, que se refleja en un cambio brusco en el carácter y distribución de los depósitos acumulados (sedimentos postrift, término 5). Facies arcillosas pobres en carbonato, con niveles ricos en materia orgánica (*black shales* en el Cenomaniense medio) y esporádicas turbiditas distales, se acumularon en el Albiense y el Cretácico superior. En el área investigada, con fisiografía de ascenso continental, la sedimentación fue escasa, lenta o condensada, sobre un fondo bajo el CCD.

Durante el Cretácico superior y Paleógeno basal las estructuras, generadas en el estadio de «rifting», llegaron a ser fosilizadas por los sedimentos. Son frecuentes para estas épocas los hiatos sedimentarios y las discordancias de algunos términos sobre materiales pre- y sinrift.

La situación de convergencia acaecida durante el Paleógeno en el límite septentrional de Iberia (Margen Cantábrico) originó, en parte por reactivación de fracturas previas, los altos estructurales existentes en la parte Norte del Margen Atlántico Ibérico, el más prominente de los cuales es el Banco de Galicia. Sin embargo, en el área investigada los efectos de los eventos tectónicos conozoicos son imperceptibles por los datos obtenidos.

Quizás, un aumento en el aporte de sedimentos detríticos y el desmantelamiento gravitatorio de ciertos sectores podrían ser consecuencias del tectonismo cenozoico.

La estructuración actual del Margen de Galicia (fig. 4) es el resultado de esta historia evolutiva.

Acerca de la estructura del margen profundo

En todos los perfiles sísmicos existentes en el ámbito más externo del margen (entre 12° 20' y 12° 50' W) el basamento acústico muestra un reflector sísmico profundo y continuo, denominado «S». Este reflector, situado a 2-4 km. bajo el fondo marino, se había interpretado como el límite entre la corteza superior adelgazada por el juego de fallas normales y

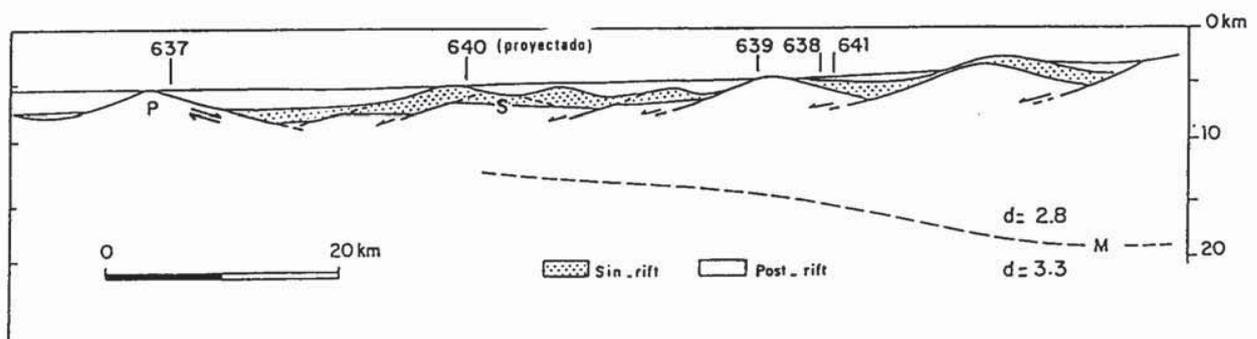


Fig. 4.—Corte esquemático a través del Margen de Galicia, dibujado a partir de datos sísmicos y de los resultados de las perforaciones. S, reflector «S»; P, cresta de peridotitas; M. Moho.

la corteza inferior adelgazada por deformación dúctil (límite comportamiento frágil-dúctil) (Montadert et al., 1979, Chenet et al., 1982).

Los datos obtenidos en el Site 640 (fig. 2) contradicen esta interpretación. En un sondeo se muestreó la parte superior de los materiales que, con caracteres sísmicos idénticos en su conjunto (zona de reflexiones incoherentes), se superponen al reflector «S». Estos materiales son turbiditas siliciclásticas y arcillas hemipelágicas del Cretaceo inferior (sedimentos sinrift) y no «basamento acústico».

Así, el reflector «S» (fig. 4) puede interpretarse ahora como el contacto, afectado por fallas normales, entre los sedimentos cretácicos sinrift y el substrato infrayacente, constituido, bien por los carbonatos de plataforma prerift, bien por basamento cristalino.

Rocas mantélicas y sus condiciones de emplazamiento

El Margen de Galicia está limitado al W por una elevación del zócalo acústico, orientada N-S, de unos 10 km. de ancho y unos 60 km. de longitud (Montadert et al., 1979, Boillot et al., 1980). Un sondeo en el Site 637, ha mostrado que la elevación está constituida, al menos en parte, por peridotitas serpentinizadas, confirmando así, los resultados obtenidos en dragados efectuados inmediatamente al sur del punto perforado (Boillot et al., 1980).

Las peridotitas recuperadas en el sondeo (75 m.) subyacen a 212 m. de sedimentos neógenos. Son hazburgitas fuertemente serpentinizadas conteniendo menos de un 10% de fases primarias (olivino, enstatita, espinela y clinopiroxeno). Presentan una foliación acusada, buzando 30-45° en los primeros 50 metros perforados y hasta 65° en los 20 últimos metros. Además desarrollan una lineación marcada por cristales elongados de piroxeno y espinela, de mayor buzamiento.

Al microscopio se observan texturas miloníticas y porfiroclásticas, situadas estas últimas en zonas de cizallamiento oblicuas a la foliación. Los datos magnéticos obtenidos a bordo indican que la foliación buza al E. La milonitización resulta de un cizallamiento que desplazaría hacia el E los niveles superiores en relación a los infrayacentes.

Las peridotitas, después de cizalladas y serpentinizadas han sido además intensamente fracturadas. Las fracturas están rellenas por calcita o por serpentina y pueden considerarse relacionadas con fallas normales tardías buzando hacia el E.

Aunque en el punto perforado las peridotitas subyacen al Neógeno, los perfiles sísmicos indican que están parcialmente recubiertas por sedimentos sinrift del Cretáceo inferior (Montadert et al., 1979, Boillot et al., 1980). Este hecho, y su ubicación justamente en el límite continente-oceano (fig. 4), hace posible

suponer que sean materiales procedentes del manto superior, que al fin del rifting y como consecuencia del adelgazamiento y fracturación de la Litosfera, alcanzaron el fondo marino. Alternativamente, no puede descartarse absolutamente la idea de considerarlas parte del basamento hercínico, formando parte de un bloque basculado en el ámbito interno del margen.

Conclusiones

La campaña oceanográfica ODP Leg. 103 sobre el Margen Atlántico Ibérico al W de Galicia ha aportado nuevos datos que ilustran acerca de la historia evolutiva de este sector del Atlántico Norte. Algunos de estos datos inducirán a reinterpretar, al menos parcialmente, la naturaleza, no sólo de la porción del margen investigada, sino de sectores más amplios de los márgenes occidentales de Europa.

Hechos novedosos a destacar por su importancia son:

1. La atribución del episodio de rifting en este área (distensión cortical y subsidencia asociada) al intervalo Jurásico terminal-final del Aptiense.
2. El descubrimiento de una potente sucesión de turbiditas siliciclásticas, de edad Valanginiense, formando parte de los bloques fracturados y basculados. En la lectura de los perfiles sísmicos, estos materiales habían sido interpretados anteriormente como sedimentos jurásicos o como el zócalo ante-mesozoico del margen.
3. La confirmación, como había sido postulada en hipótesis previas, de la existencia de peridotitas en el límite entre el margen continental y el ámbito oceánico.
4. La reinterpretación del reflector «S» como límite entre las turbiditas valanginienses sinrift y la subyacente secuencia carbonática prerift o el basamento acústico.

Bibliografía

- Boillot, G.; Auxietre, J. L.; Dunand, J. P.; Dupeuble, P. A. y Mauffret, A. (1979): The northwestern Iberian Margin: a Cretaceous passive margin deformed during Eocene. In: *Deep Drilling Results in the Atlantic Ocean: Continental Margins and Paleoenvironment*. Maurice Ewing Series 3. Am. Geophys. Union Washington, 138-153.
- Boillot, G.; Grimaud, S.; Mauffret, A.; Mougnot, D.; Mergoill-Daniel, J.; Kornprobst, J. y Torrent, G. (1980): Ocean-continent boundary off the Iberian margin: a serpentinite diapir west of the Galicia Bank. *Earth and Planet. Sci. Letters*, 48: 23-34.
- Boillot, G.; Winterer, E. L.; Meyer, A.; Applegate, J.; Baltuck, M.; Bergen, J. A.; Comas, M. C.; Davies, T. A.; Dunham, K.; Evans, C. A.; Girardeau, J.; Goldberg, D.; Haggerty, J.; Jansa, L. F.; Johnson, J. A.; Kasahara, J.; Loreau, J. P.; Luna-Sierra, E.; Moullade, M.; Ogg, J.; Sarti, M.; Thurow,

- J. y Williamson, M. W. (1985): Résultats préliminaires de la campagne 103 du Joides Resolution (Ocean Drilling Program) au large de la Galice (Espagne): sédimentation et dépendant le «rifting» d'une marge stable: hypothèse d'une dénudation tectonique du manteau supérieur. *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 301, Série II, n° 9, p. 627-632.
- Boillot, G.; Winterer, E. L.; Meyer, A.; Applegate, J.; Baltuck, M.; Bergen, J. A.; Comas, M. C.; Davies, T. A.; Dunham, K.; Evans, C. A.; Girardeau, J.; Goldberg, D.; Haggerty, J.; Jansa, L. F.; Johnson, J. A.; Kasahara, J.; Loreau, J. P.; Luna, E.; Moullade, M.; Ogg, J.; Sarti, M.; Thurow, J. y Williamson, M. W. (19): ODP Leg 103 drills into rift structures. *Geotimes*, 31, 1, p. 15-17.
- Chenet, P.; Montadert, L.; Gairaud, H. y Roberts, D. (1982): Extension ratio measurements on the Galicia, Portugal, and Northern Biscay continental margins: implications for evolutionary models of passive continental margins. In: *Studies in Continental Margin Geology* (J. S. Walkins y C. L. Drake, edit). *Am. Assoc. of Petrol. Geol. Mem.*, n° 34: 703-715.
- Groupe Galice (1979): The continental margin off Galicia and Portugal: acoustical stratigraphy, dredge stratigraphy and structural evolution. *Init. Repts. DSDP. 47* (2). J. C. Sibuet, W. B. F. Ryan et al., Washington (U.S. Govt. printing Office), 633-662.
- Montadert, L.; Winnock, E.; Delteil, J. R.; Grau, G. (1974): Continental margins of Galicia-Portugal and Bay of Biscay. In: *The Geology of Continental Margins*. C.A. Burk y C. L. Drake, edit). Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 323-342.
- Montadert, L.; De Charpal, O.; Robert, D.; Guennoc, P. y Sibuet, J. C. (1979): Northeast Atlantic passive continental margin: Rifting and subsidence processes. In: *Deep Drilling Results in the Atlantic Ocean: Continental Margins and Paleoenvironment*. Maurice Ewing Series 3, Am. Geophys. Union, Washington, 154-186.
- Mougenot, D.; Capdevila, R.; Palain, C.; Dupeuble, P. A. y Mauffret, A. (1985): Nouvelles données sur les sédiments ante-rift et le socle de la margen continental de Galice. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 301, Série II, n° 5, 323-328.
- Sibuet, J. C.; Ryan, W. B. F. et al. (1979): *Initial Repts. DSDP. 47* (2), Washington (US. Govnt. Printing Office), 787 págs.
- Vanney, J. R.; Auxietre, J. L. y Dunand, J. P. (1979): North western Iberian continental margin geomorphology. *Ann. Inst. Océanogr., Paris*, 55: 5-20.

Recibido el 18 de marzo de 1986
 Aceptado el 21 de mayo de 1986