

# Morfología del Basamento en el Noroeste del Mar de Alborán

## Basement morphology in the Northwest of the Alboran Sea

J. de la Linde, M.C. Comas, y J.I. Soto

Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, C.S.I.C.-Universidad de Granada, Campus Fuentenueva s/n, 18002-Granada, España.

### ABSTRACT

A detailed basement depth contour map of the NW Alboran Sea basin is performed from multichannel seismic profile data. The map shows a NE-SW trending trough as being the northern branch of the West Alboran Basin. The trough opens and deeps to the SW, and is filled of lower-Miocene to Recent sediments up to 6 seconds (twtt) in thickness. The trough corresponds to a complex half-graben with a gently dipping northern slope and a sharper southern flank which bounds the basement horst drilled at DSDP Site 121 and ODP Site 976. The northern slope mainly corresponds to low-angle normal faults cross-cutted by NW-SE trending high-angle normal and strike-slip faults. The basement horst resulted from interference between several faults, NW dipping low-angle normal faults, SW-NE directed high-angle faults; and top of rollover structures related to the low-angle faulting. Both trough and horst axes are tilted towards the SW, probably as a result of post-Messinian subsidence.

**Key words:** subsurface mapping, low-angle normal faults, Alboran Sea, basement.

Geogaceta, 20 (2) (1996), 355-358  
ISSN: 0213683X

### Introducción

La cuenca del Mar de Alborán, la más occidental del Mediterraneo, se ubica entre las cadenas Béticas y el Rif, inmediatamente al este del Estrecho de Gibraltar.

Los datos obtenidos en los sondeos comerciales y en las perforaciones del DSDP-121 (Ryan *et al.*, 1973) y el Site-976 (Comas *et al.*, 1996) indican que el basamento de la Cuenca Oeste de Alborán está constituido por rocas metamórficas del Dominio Cortical de Alborán (Zonas Internas de las cadenas Béticas y Rif). Atendiendo a datos geológicos en tierra de la Béticas occidentales (Bálanya, 1991) se considera probable que unidades del complejo de Flysch formen el basamento en el extremo más occidental de la cuenca, al este del Estrecho de Gibraltar.

La Cuenca del Mar de Alborán se originó durante el Mioceno inferior en un contexto de convergencia entre las placas Euroasiática y Africana (Dewey *et al.*, 1989). Las propuestas sobre su evolución tectónica indican que su estructura actual resulta de la superposición de diversas estructuras extensionales y la existencia de una reorganización compresiva posterior. Una primera etapa extensional produjo la transgresión marina Aquitano-Burdigaliense y etapas de *rifting* en el Mioceno Medio están bien documentadas en los perfiles sísmicos (Comas *et al.*, 1992;

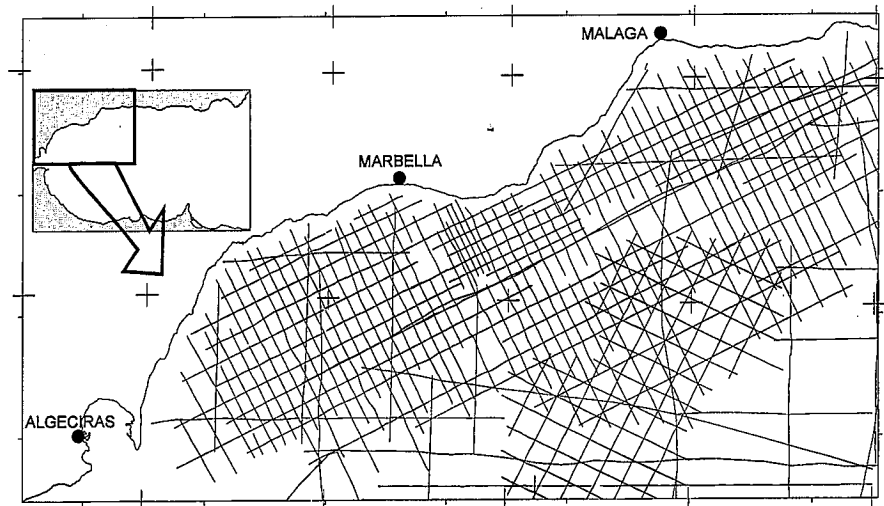


Fig. 1.- Localización del área de estudio y posición de la red de perfiles sísmicos de multicanal analizada para construir el mapa de la Figura 2.

Fig. 1.- The studied area showing the multichannel seismic profile grid used to perform the map of Figure 2.

Watts *et al.*, 1993). La reestructuración en compresión comenzó en el Tortoniense superior con desarrollo de plegamiento y tectónica transcurrente (Bourgois *et al.*, 1992; Campillo *et al.*, 1992; Comas *et al.*, 1992; García-Dueñas, 1992; Maldonado *et al.*, 1992). Las estructuras más recientes, posteriores al Mesiniense, configuran la línea de costas actual, elevan las áreas emergidas y generan una tasa de subsidencia importante en la cuenca.

Este trabajo presenta un mapa de isobatas del basamento bajo la Cuenca pliocena de Málaga (Campillo *et al.*, 1992), que corresponde a la prolongación nororiental de la Cuenca Oeste de Alborán. Para la elaboración de este mapa, que ocupa un área de 3500 km<sup>2</sup>, se han analizado perfiles sísmicos de reflexión multicanal, comerciales y académicos, con una longitud total de 2000 km de registro, en una malla del orden de 4 km de lado y

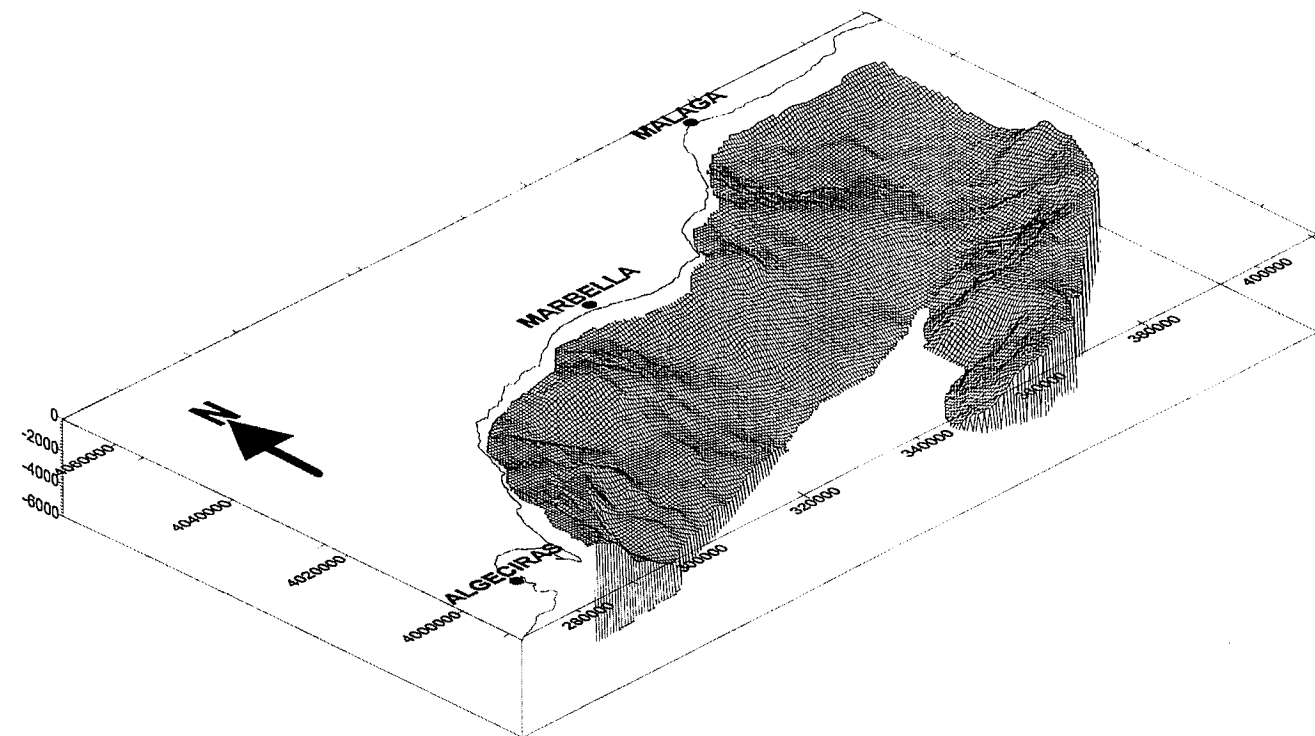
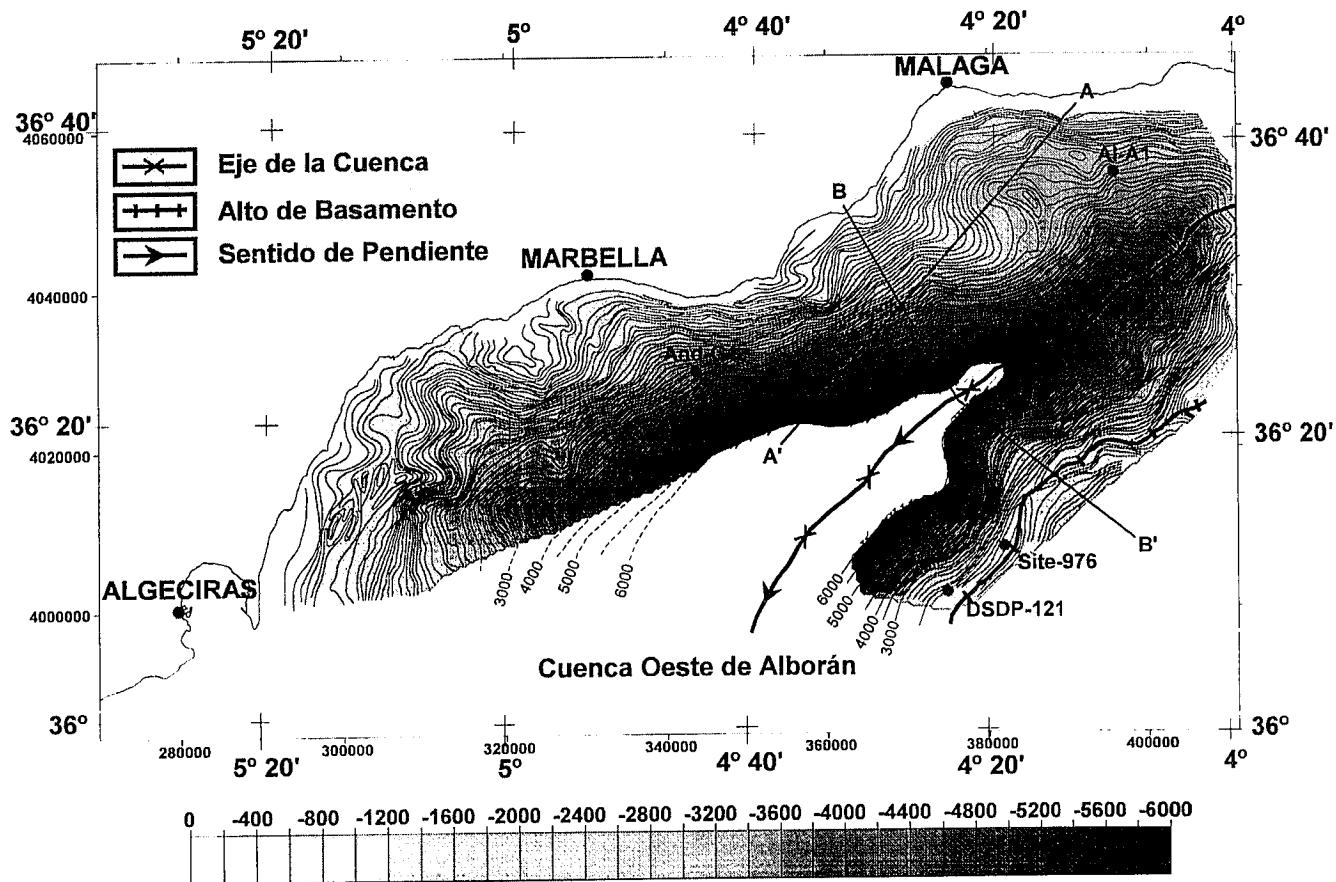


Fig. 2.- (a) Mapa de isobatas del basamento en el noroeste de la Cuenca del Mar de Alborán. Isolíneas cada 100 milisegundos. A-A' y B-B': secciones estructurales en la Figura 3. Se señala la posición de los sondeos Andalucía G-1 (And-G1), Alborán A1 (Al-A1), DSDP-121 y ODP Site 976. Proyección U.T.M. elipsoide Hayford. (b) Perspectiva de la superficie techo de basamento en el noroeste de la Cuenca de Alborán.

Fig. 2.- (a) Basement depth contour map in the northwestern Alborán Sea basin. Contour lines are every 100 milliseconds (twtt). AA' and BB': structural cross sections shown in Figure 3. Andalucía-G1 (And-G1), Alborán-A1 (Al-A1) boreholes as well as DSDP-121 and ODP 976 Sites are shown. U.T.M. projection, Hayford ellipsoid. (b) Basement depth surface 3D-view in the northwestern Alborán Sea Basin.

con una penetración de hasta 6 segundos de tiempo doble (Fig. 1). La cartografía que se presenta corresponde a las profundidades del techo del basamento acústico en los perfiles de multicanal con datum en el nivel del mar. El contacto entre la cobertera sedimentaria, de facies sísmicas paralelas, y las reflexiones incoherentes que corresponden al basamento, se identifica como un reflector de fuerte señal, de gran amplitud y continuidad lateral (R6, Jurado y Comas, 1992). Se han obtenido más de 3000 puntos del reflector R6, o reflexiones consideradas del techo del basamento que en el mapa aparecen representados en isóneas expresadas en segundos de tiempo doble (s.t.d.) (Fig. 2). Como el rango de penetración es de 6 s.t.d., cuando el espesor de la cobertera sedimentaria es superior a la penetración del registro sísmico, en el mapa se infieren valores para el techo de basamento superiores o iguales a esta profundidad.

### La superficie del basamento

El mapa de la Figura 2 pone de manifiesto la existencia de una fosa estructural, con profundidades de hasta al menos 6 s.t.d. bajo el nivel del mar, de dirección aproximadamente paralela a la línea de costas y flanqueada al SE por un alto estructural.

El eje de esta estructura posee una dirección general NE-SW. La fosa tiene una profundidad real estimada de entre 6-7 km y una longitud de 80 km; su eje manifiesta una inflexión hacia el sur confluyendo con el de la Cuenca Oeste de Alborán que posee una dirección NW-SE (Soto *et al.*, este volumen). El alto estructural presenta una cresta sinuosa con una longitud de 60 km y una dirección general NE-SW. Este alto flanquea además otra cuenca profunda situada al SE (Fig. 4, Comas *et al.*, 1992).

El techo del basamento ha sido muestreado en el flanco norte de la fosa a una profundidad de 2353 m en el sondeo Alborán-A1 (Al-A1) y superior a 3480 m para el sondeo Andalucía-G1 (And-G1), y en el flanco sur a una profundidad de 670 m en el sondeo ODP Site 976 (Comas *et al.*, 1996).

Datos de perfiles sísmicos y de sondeos ponen de manifiesto que la fosa está rellena por una secuencia de materiales, que al igual que la cuenca Oeste de Alborán, tienen una edad Mioceno inferior-Holoceno (Comas *et al.*, 1992).

Un rasgo característico de esta fosa es la asimetría de sus flancos, el lado norte presenta una mayor longitud y una pendiente media inferior a la del flanco sur, conformando en consecuencia una geo-

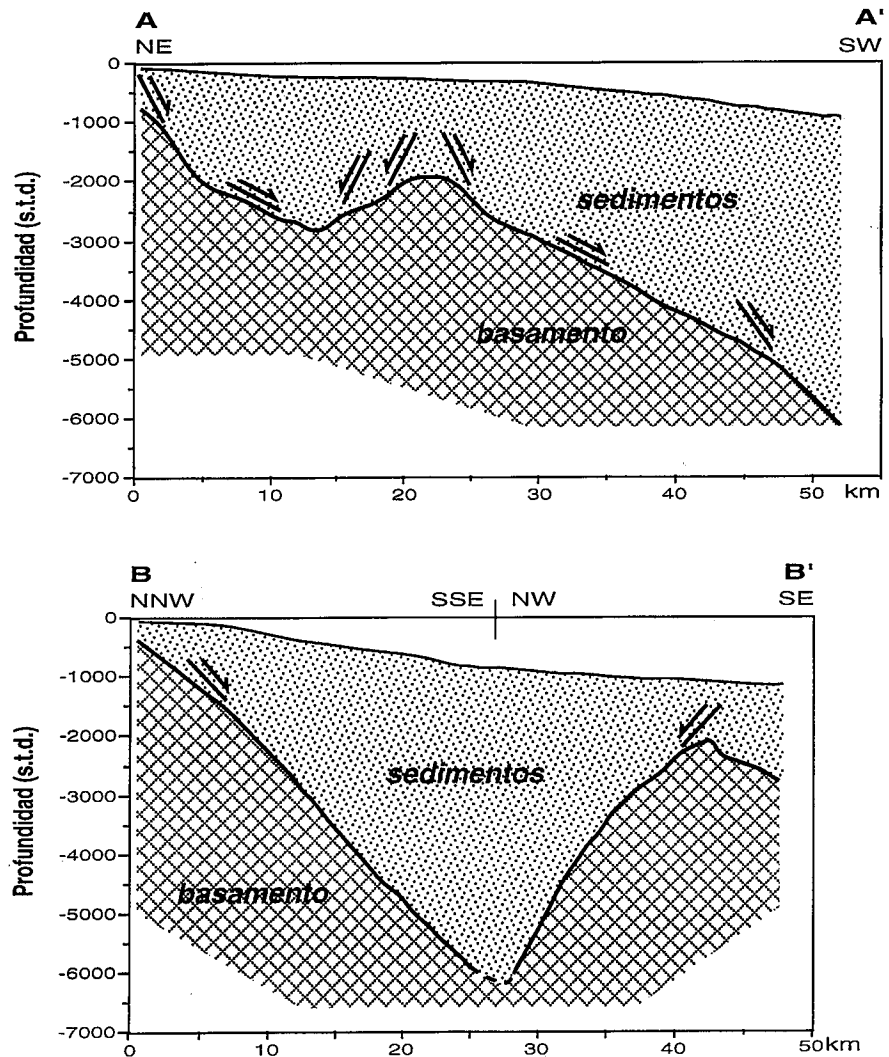


Fig. 3.- Cortes estructurales simplificados. Localización de los perfiles en la Figura 2 (a).

Fig. 3.- Simplified structural cross sections. Position in Figure 2 (a).

metría de **halfgraben** limitada al S por un **horst** (Fig. 2 y 3. Sección A-A').

Los datos sísmicos indican que el techo del basamento (Fig. 2) es el resultado de la interferencia entre diversas superficies con significado geológico diferente. Se discriminan superficies correspondientes a fallas de bajo y alto ángulo, fallas de salto en dirección, techos de **rollover** en relación con estructuras extensionales mayores, techos de pliegues en el basamento y otras superficies no estructurales (no de falla) que corresponderían al contacto normal de depósito de la cobertera sedimentaria sobre el basamento metamórfico.

El techo del basamento, tal y como ilustra la sección AA' (Fig. 3), posee un relieve accidentado, generalmente configurado por la interferencia entre fallas de alto y bajo ángulo. De forma similar, al SW de Marbella y próximo a la línea de costas, se encuentra un alto de basamento -alto

de Marbella- limitado por superficies correspondientes a fallas de bajo y alto ángulo y fallas de salto en dirección. El alto de Marbella posee un borde meridional neto (Fig. 2) que parece continuarse en tierra por la falla de salto en dirección, de orientación NW-SE, que separa el Dominio de Alborán de los complejos de Flysch (Balanyá y García-Dueñas, 1987; Balanyá, 1991).

En la parte más occidental del mapa (20 km al ENE de Algeciras) el basamento posee culminaciones y depresiones alargadas con direcciones NNE-SSW y N-S que corresponden a estructuras de plegamiento (antiformes y sinformes) reconocidas en los perfiles sísmicos de multicanal.

En el flanco NW del **horst** de basamento (Fig. 2 a, b) se observan superficies NE-SW con pendientes bajas hacia el NW cortadas por otras NNW-SSE inclinadas fuertemente hacia el WSW y ENE. La interferencia entre ambas superficies produce una geometría escalonada en planta, con porciones del

escarpe paralelos a cada una de estas dos familias de planos. Esta geometría se interpreta como resultante de la interferencia entre dos sistemas de fallas normales o mixtas, de bajo y de alto ángulo. Las fallas de bajo ángulo indican una dirección de extensión NW-SE, mientras que las de alto ángulo serían compatibles con un movimiento NE-SW. La extensa fracturación de este *horst* se confirma por la presencia de brechas en el basamento metamórfico perforado en el ODP Site-976 (Comas *et al.*, 1996). Otros cambios de pendiente en este flanco del *horst* se interpretan como estructuras de *rollover* en relación con las fallas extensionales de ángulo bajo (Fig. 2 y sección BB', Fig. 3).

Tanto el eje de la fosa como la cresta del *horst* adyacente muestran un marcado hundimiento hacia el SW (Fig. 2 a, b). Este hundimiento está confirmado por el basculamiento que posee el relleno sedimentario (máximos espesores en su prolongación hacia la Cuenca Oeste de Alborán) y la distribución actual de la batimetría del Mar de Alborán, con profundidades mayores hacia el SW. Esta flexura hacia el SW se relaciona con factores de subsidencia post-Mesiniense, que sería máxima hacia el Oeste de Alborán y condicionaría la inclinación del eje de la fosa. El ascenso topográfico del fondo de la fosa hacia el NE (extremo nororiental del mapa, Fig. 2) no representa de hecho su terminación, sino que corresponde a una ensilladura de basamento que da paso a la Cuenca de Motril, situada inmediatamente al este (Soto *et al.*, este volumen).

### Conclusiones

El techo del basamento en el NW de la cuenca del Mar de Alborán se interpreta como

resultante de la interferencia de superficies esencialmente estructurales que configuran una fosa. En él se reconocen superficies de falla normales (bajo y alto ángulo), de gran desarrollo areal y fallas de salto en dirección; otras estructuras que configuran en menor grado la geometría son charnelas de pliegues en el basamento asociadas a compresión.

La asimetría de los flancos de la fosa indica una geometría general de *halfgraben* complejo, interpretado como resultado de la tectónica extensional del Mioceno medio. Los mayores buzamientos reconocidos para el flanco sur pueden corresponder a fallas normales antitéticas de un despegue principal que se asocia con el flanco norte. Estas estructuras se relacionan con sistemas de despegues extensionales descritos en la porción aflorante del Dominio de Alborán en las cadenas Béticas (Galindo-Zaldivar *et al.*, 1989; García-Dueñas *et al.*, 1992).

La inclinación hacia el SW del eje de la fosa y del *horst* se relaciona con una mayor tasa de subsidencia post-Mesiniense en el ámbito de la Cuenca Oeste de Alborán.

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto de la CICYT AMB95-1557.

### Referencias

Balanyá, J. C. y García-Dueñas, V. (1987): *C. R. Acad. Sci., Paris*, 304, 929-933.  
 Balanyá, J.C. (1991): *Tesis Doct.* Univ. Granada, 210 p.  
 Bourgeois, J., Mauffret, A., Ammar, A. y Demnati, A. (1992): *Geo-Mar. Lett.*, 12,

117-122.

Campillo, A.C., Maldonado, A. y Mauffret, A. (1992): *Geo-Mar. Lett.*, 12, 165-172.  
 Comas, M. C., García-Dueñas, V. y Jurado, M. J. (1992): *Geo-Mar. Lett.*, 12, 157-164.  
 Comas, M.C., Zhan, R., Klaus, A. *et al.*, (1996): Proc. ODP, Init. Repts. ODP, 161: Collage Station, TX (*Ocean Drilling Program*).  
 Dewey, J. F., Helman, M. L., Turco, E., Hutton, D. H. W. y Knott, S. D. (1989): En: Coward, M. P., Dietrich, D. y Park, R.G. (Eds.), *Alpine Tectonics, Spec. Publ. Geol. Soc. London*, 45, 265-283.  
 Galindo-Zaldivar, J., González-Lodeiro, F. y Jabaloy, A. (1989): *Geodinamica Acta*, 3, 73-85.  
 García-Dueñas, V., Balanyá, J. C. y Martínez-Martínez, J. M. (1992): *Geo-Mar. Lett.*, 12, 88-95.  
 Jurado, M. J. y Comas, M. C. (1992): *Geo-Mar. Lett.*, 12, 129-136.  
 Maldonado, A., Campillo, A.C., Mauffret, A., Alonso, B., Woodside, J. y Campos, J. (1992): *Geo-Mar. Lett.*, 12, 179-186.  
 Ryan, W. B. F., Hsü, K. J. *et al.*, (1973): *Initial Reports of Deep Sea Drilling Project*, 13, Washington (U.S. Government Printing Office).  
 Watts, A. B., Platt, J. P. y Buhl, P. (1993): *Basin Res.*, 5, 153-177.