

Estudio gravimétrico previo aplicado a la identificación de fallas ocultas como fuentes sismogénicas en la Depresión del Guadalentín (Región de Murcia)

Preliminary gravimetric study applied to the identification of blind faults as seismogenetic sources in the Guadalentín Depression (Murcia Region)

R. Amores Lahidalga, J.L. Hernández Enrile y J.J. Martínez Díaz

Dpto. Geodinámica, Fac. Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid. E-mail: amoresl@geo.ucm.es

ABSTRACT

A gravimetric study has been carried out in the North-Eastern part of the Guadalentín Depression (Betic Cordillera) in order to obtain the structure of the basement. From the distribution and orientation of the gravimetric anomalies and their gradients, structural lineations with N40-50E and N70E orientations have been interpreted. These structural lineations are related to N40-50E and N70E blind faults in the borders and within the Depression. These faults were developed by an extensional tectonic regime recognized in this region during the Lower and Middle Miocene. Some selected faults were reactivated since the earlier Upper Miocene to current times (Current Tectonic Regime) under a compressional regime (Alhama and Carrascoy faults). These two faults and the blind associated faults are responsible of the seismicity in the borders and within the Depression. In addition, some epicenter accumulations are related to the crossing points of these NE-SW faults and active faults with N140E orientation.

Key words: active tectonics, blind fault, seismogenetic sources, Betic Cordillera

Geogaceta, 32 (2002), 307-310
ISSN:0213683X

Introducción

El presente estudio tiene como objeto la identificación de fallas activas ocultas que configurarían la estructura del basamento y cobertera de la Depresión del Guadalentín (Fig.1). La relación de los diversos sistemas de fracturación que supuestamente definen esta estructura de la Depresión del Guadalentín (DG) con las fallas activas observadas en superficie (fallas de Alhama de Murcia y de Carrascoy) contribuirá a comprender la relación entre la neotectónica y la sismotectónica en este sector de la Cordillera Bética

Marco Geológico-sismotectónico

La zona de estudio se sitúa en el sector noreste de la Depresión del Guadalentín (DG) y áreas adyacentes, ubicadas en las zonas internas de las Cordilleras Béticas (Fig.1). La DG es una morfoestructura de dirección NE-SO, y está limitada por corredores tectónicos asociados a la falla activa de Alhama de Murcia, de dirección NE-SO (Bousquet y Montecat, 1974; Silva, 1994; Martínez Díaz, 1998) y a la falla activa de Carrascoy (Silva, 1994; Rodríguez Estrella

et al., 1999). Dicha Depresión está cubierta por sedimentos pliocuaternarios, de forma que hacia los bordes aparecen preferentemente depósitos de posible edad Pliocena, a los que se superpone una sucesión de abanicos aluviales de edad Pleistocena inferior-superior (Silva, 1994). Por otra parte, hacia el interior son más frecuentes los depósitos detríticos de tipo aluvial asociados al drenaje del río Guadalentín (Pleistoceno superior-Holoceno, Silva, 1994). Las zonas adyacentes a la DG se caracterizan por: a) la presencia de unidades de basamento pertenecientes a los Complejos Maláguide y/o Alpujárride, como es el caso de la Sierra de Espuña y Sierra de Carrascoy (Fig.1) y b) la presencia de secuencias sedimentarias neógenas, que yacen en cuencas, como es el caso de la Cuenca de Alhama-Fortuna. Por otra parte, la distribución de la sismicidad histórica e instrumental a lo largo de los bordes de la DG (Fig.1) está relacionada con la actividad de las fallas activas de Alhama de Murcia y de Carrascoy. Sin embargo, otros epicentros de sismicidad instrumental, localizados en la proximidad de dichos bordes (véase zona de Alcantarilla y Librilla), junto con aquellos otros ubicados claramente en el interior (Fig.1), deberían vincularse a la actividad de fallas ocultas

bajo los depósitos pliocuaternarios. El objeto de este trabajo es la identificación de estas fuentes sismogénicas.

Estudio gravimétrico: mapas y perfiles gravimétricos

La metodología que se ha aplicado para la identificación de fallas ocultas ha consistido en un levantamiento gravimétrico a partir de la lectura en 154 estaciones de medida, realizadas con el gravímetro LC&R 953. Las medidas se tomaron estableciendo un mallado homogéneo en el sector noreste de la DG, con una densidad de 0,14 estaciones cada km². El error medio cuadrático fue de 0,0203 miligales. A partir de dichas lecturas se calculó, aplicando las correspondientes correcciones, el valor de la anomalía de Bouguer. Asimismo, el valor de anomalía regional fue calculado a partir de éste último mediante una regresión polinómica de primer orden, por ser éste método el más adecuado en este sector (Amores y Carbó, 2002). Restando ambos valores de anomalía se obtuvo finalmente la anomalía residual, cuya distribución espacial puede observarse en la Fig. 2. Basándonos en este mapa se ha lle-

vado a cabo una modelización 2 ½ D de perfiles de dirección NE-SO, de los que se han seleccionado dos (Fig.3) y cuya ubicación puede observarse en la Fig.2. Para la interpretación de dicha modelización se han tenido en cuenta: el modelo de densidades (Fig. 3 b) y datos geológico-estructurales del área de estudio. El modelo de densidades se ha obtenido a partir de los datos de anomalía de Bouguer y residual. A partir de la toma de muestras in situ se calcularon las densidades de cada una de las formaciones y litologías presentes en la zona de estudio (Amores *et al.*, 2002), y con ellas se estimó, en función de su distribución espacial, la densidad de cada una de las unidades diferenciadas en el citado modelo (basamento, sedimentos neógenos y formaciones superficiales).

Interpretación geológico-estructural del mapa de anomalías residuales y perfiles gravimétricos

Lineaciones estructurales, sistemas de fracturación: A partir de la geometría y distribución espacial de las isonómalas en el mapa de anomalías residuales (Fig. 2), se deduce una lineación general NE-SO en el interior y bordes de la DG, cuyos bordes coinciden con la dirección de la traza en superficie de las Fallas de Alhama de Murcia y de Carrascoy. En el borde norte de la DG, el gradiente de las isonómalas define un corredor de unos dos km. de anchura, que se extiende paralelamente al accidente de la Falla de Alhama (Fig.2), por lo que es interpretado como una zona de falla. Por otra parte, en el borde sur, las isonómalas definen dos lineaciones estructurales discontinuas: una N40-50E (Sistema de fallas de la Alberca), de actividad más reciente según datos de campo, y otra N70E (Sierras de Carrascoy y del Gallo). Esta última lineación N70E aparece interrumpida al suroeste de la Sierra de Carrascoy (Fig.2) según una lineación estructural N-S, puesta de manifiesto por la orientación que adoptan las isonómalas. Todas estas lineaciones estructurales, deducidas del mapa de anomalías residuales, coinciden con corredores donde se identifican, en algunos casos, gradientes gravimétricos notables, los cuales podrían estar causados por desnivelaciones de basamento, debidas a fracturación de dirección N40-50E, N70E, N140E y, finalmente, N-S (Fig.2).

En efecto, la modelización de los perfiles gravimétricos seleccionados en este trabajo (Fig.3), pone de manifiesto que estos gradientes de las isonómalas son debidos a desnivelaciones del basamento.

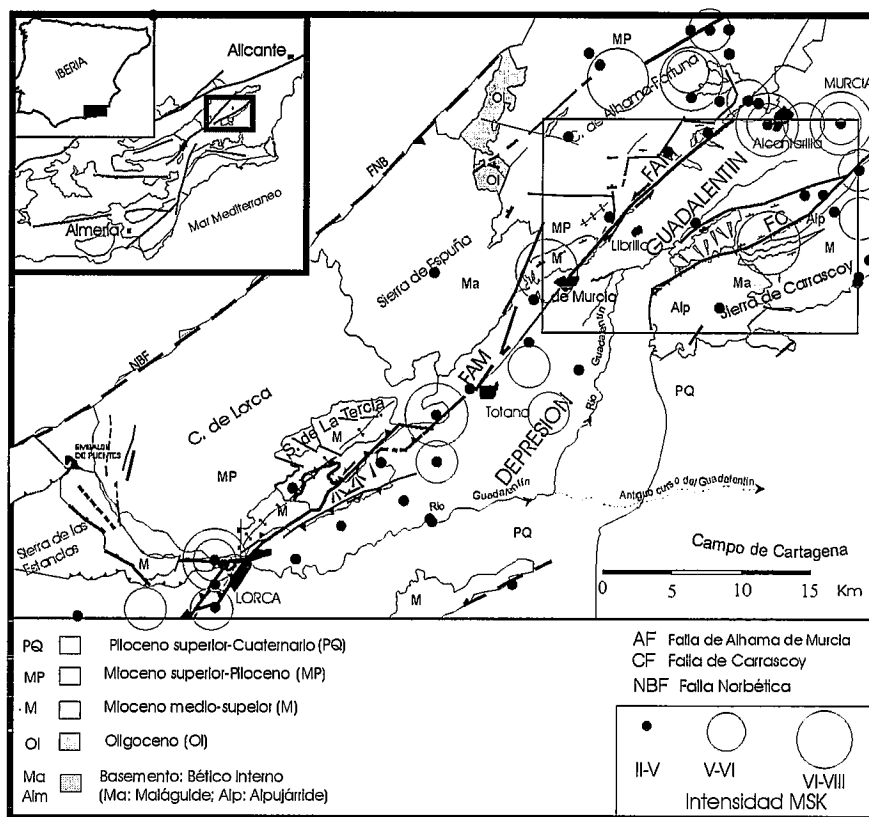


Fig. 1-Marco geológico de la Depresión del Guadalentín. Se representa en el recuadro la zona objeto del levantamiento gravimétrico, la Falla de Alhama de Murcia y la Falla de Carrascoy y la distribución de epicentros de los terremotos principales. Modificado de Martínez Díaz *et al.*, 2000.

*Fig. 1.-Geological framework in the Guadalentín Depression. It's shown the gravimetric map area (in the picture), the Alhama de Murcia and Carrascoy Faults and the epicenters. After Martínez Díaz *et al.*, 2000.*

Entre estas desnivelaciones se destacan aquellas que corresponden a las zonas de falla de Alhama de Murcia y de Carrascoy. Otras desnivelaciones del basamento situadas más hacia el interior de la DG (Fig.3) se interpretan como causadas por fallas ocultas de dirección NE-SO, que, según datos de sismica de reflexión, afectan al basamento y cobertera (Amores *et al.*, 2001)

Estructura en profundidad previa a la formación de la DG, sistemas de fracturación bajo régimen extensional: Los diferentes grados de actividad tectónica de las fallas que dan como resultado las desnivelaciones del basamento, se ponen de manifiesto a través de una mayor subsidencia en áreas concretas, deducida del mayor espesor de los depósitos de edad neógena, ya sea en la Cuenca de Alhama (controlada por la actividad de la falla de Alhama de Murcia) o en el graben situado en el interior de la DG, próximo al borde meridional de la misma (Fig.3). Este proceso ha contribuido a la interpretación geológico-estructural de los perfiles gravimétricos en orden a que:

- 1) La geometría y cinemática de las fallas

que controlan tales desnivelaciones han de responder a un régimen extensional previo al régimen compresional vigente.

- 2) De acuerdo con la mayor subsidencia registrada en la Cuenca de Alhama, el ámbito que actualmente ocupa la DG, para los tiempos citados, correspondería a una zona levantada en relación a la citada cuenca. Esta misma interpretación es deducida a partir de criterios sedimentarios por Larouzière *et al.*, 1987. Este régimen extensional, que transcurre desde el Mioceno Inferior hasta parte del Tortonense, ha sido reconocido a escala regional (Doblas y Oyarzum, 1989; García Dueñas *et al.*, 1992; Montecat y Ott D'Estevou, 1996).

Sistemas de fracturación y reactivación de fallas bajo régimen compresional en la DG: el origen de la Depresión del Guadalentín se relaciona con la actividad de fallas inverso-direccionales que con dirección NE-SO se extienden a lo largo de sus bordes (Falla de Alhama y de Carrascoy; Rutter *et al.*, 1986; Montecat y Ott D'Estevou, 1996; Silva, 1994 y Martínez Díaz, 1998). La actividad reciente de estas fallas NE-SO es resultado de un régimen

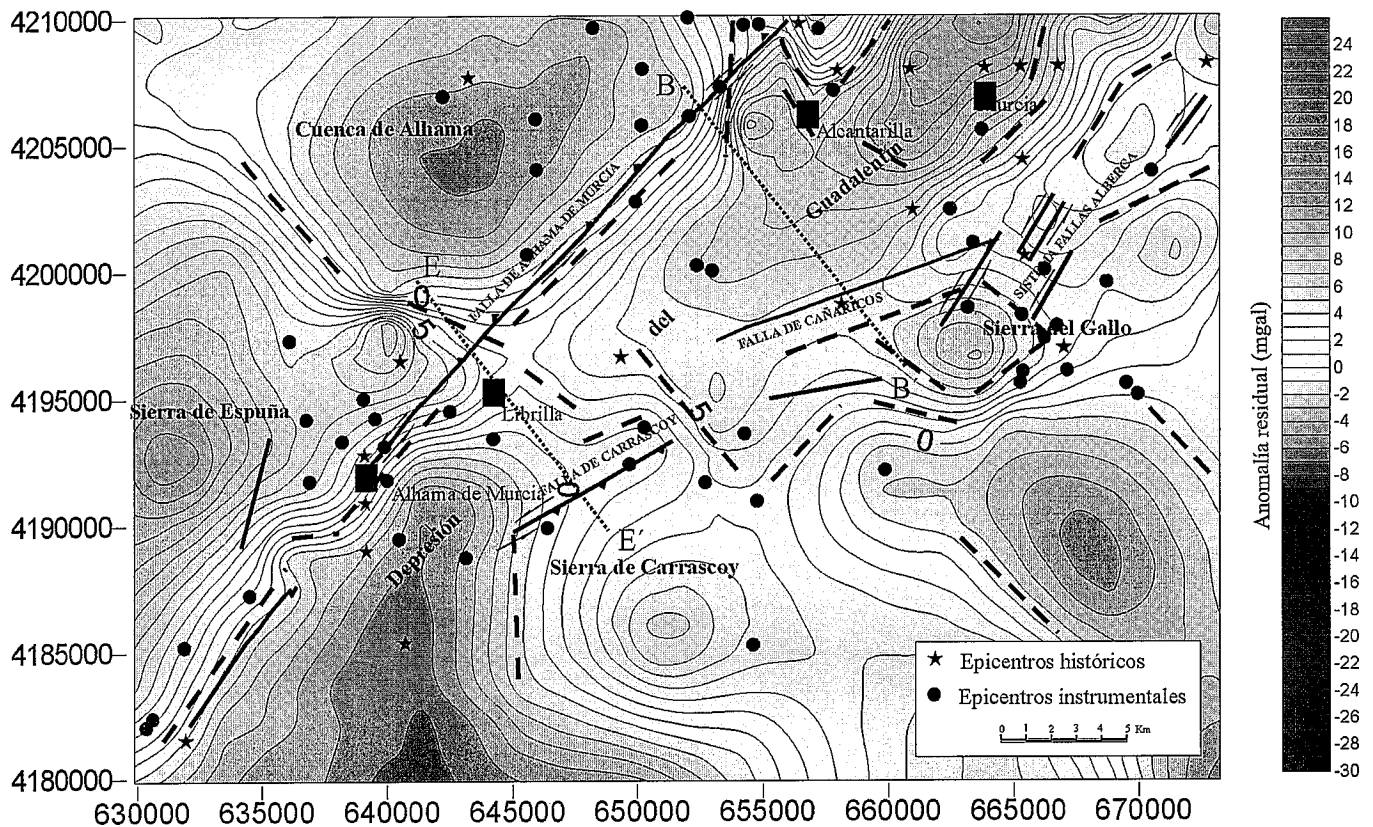


Fig. 2. -Mapa de anomalías residuales en el que se representan: a) la traza de los principales accidentes tectónicos coincidiendo con los límites de la Depresión del Guadalentín, y que se observan en superficie (Falla de Alhama de Murcia y corredor tectónico de la Sierra de Carrascoy); b) epicentros históricos e instrumentales; c) localización de los dos perfiles gravimétricos seleccionados (BB' y EE') y d) las lineaciones estructurales deducidas de los gradientes de las isoanómalas gravimétricas (a trazos discontinuos).

Fig. 2. -Residual anomaly map where it's shown: a) the main outcropping faults, which correspond with the Guadalentín Depression borders (alhama de Murcia and Carrascoy Faults); b) historical and instrumental epicenters; c) gravimetric profiles (BB' and EE') and d) structural lineations inferred from the distribution of the residual anomalies (discontinuous lines).

compresional activo desde el Tortoniense Superior (Régimen tectónico vigente). Esta etapa compresional se considera responsable también de la actividad de los sistemas de fracturación N140E y que han sido observados en superficie (Arregui *et al.*, 2000). A este campo de esfuerzos se debe, no sólo la génesis de nuevas zonas de falla inverso-direccional, sino también la reactivación selectiva de fallas preexistentes

tectónicos que se manifiestan en superficie y con los sistemas de fallas ocultas que configuran la estructura del basamento y cobertera en este sector noreste de la DG. Las Fallas de Alhama de Murcia y de Carrascoy, coincidiendo con los accidentes tectónicos más activos de la zona (Silva, 1994; Martínez Díaz, 1998), se consideran en este trabajo las principales fuentes sismogénicas. En efecto, estos acciden-

de estos últimos se produciría como resultado de la geometría del plano de falla lístrica de la Falla de Alhama buzando hacia el noroeste (Amores *et al.*, 2001). Por otra parte, existen áreas donde aparece mayor densidad de epicentros (Sierra del Gallo, Fig.2), las cuales coinciden con zonas puntuales donde se intersectan familias de fracturación diferentes, preferentemente de

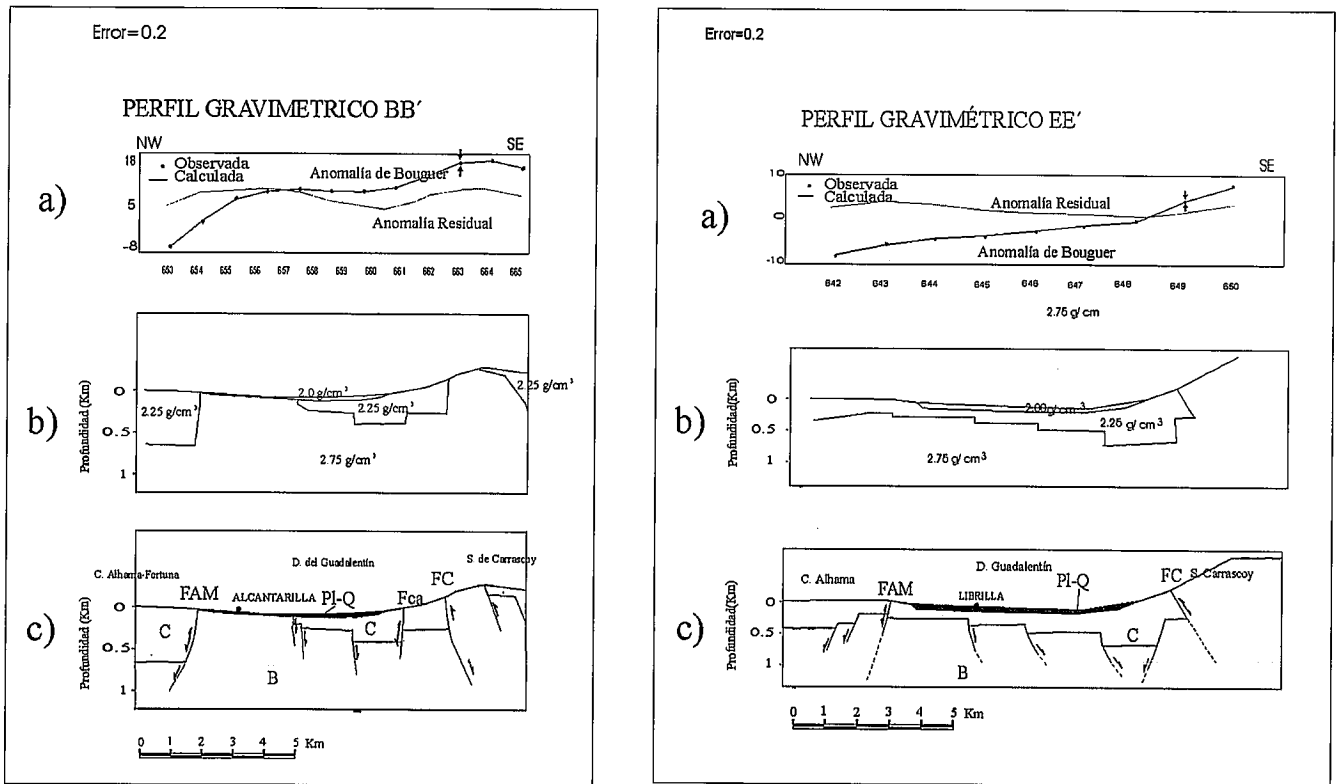


Fig. 3.-Modelización e interpretación de los perfiles gravimétricos realizados a partir de los mapas de anomalías: a) valores de la anomalía de Bouguer y residual; b) modelo de densidades ajustado y c) interpretación geológico-estructural. FAM: Falla de Alhama de Murcia; FC: Falla de Carrascoy; Fca: Falla de Cañaricos; B: Complejo Alpujárride y/o Maláguide; C: cobertera neógena y Pl-Q: pliocuaternario.

Fig. 3.-Model and interpretation of the gravimetric profiles: a) Bouguer and residual anomalies; b) density model and c) geologic and structural interpretation. FAM: Alhama Fault; FC: Carrascoy Fault; Fca: Cañaricos Fault; B: Alpujarride and Malaguide Complexes; C: neogene sediments; Pl-Q: plioquaternary.

mento y se interpretan como fallas ocultas en el interior de la Depresión.

La Falla de Alhama de Murcia y de Carrascoy son consideradas como las fuentes sismogénicas principales en la DG. Los epicentros situados a largo de la traza de la Falla de Alhama se explican debido a la actividad de la zona de falla de Alhama deducida de este trabajo. La distribución de epicentros en el interior de la Cuenca de Alhama se explica dada la geometría lítrica de la Falla de Alhama, buzando hacia el noroeste. Los epicentros situados claramente en el interior de la Depresión (sector de Alcantarilla y de Murcia) están vinculados a la actividad de fallas ocultas de dirección NE-SO. A diferencia del borde norte, la sismicidad en el borde sur se debe a la actividad de dos sistemas de fracturación: uno de dirección NE-SO y otro N140. Determinadas concentraciones de la sismicidad se ubican en los bordes o intersecciones de estas estructuras.

Agradecimientos

Agradecemos a la Dra. R. Tejero sus sugerencias en la interpretación del mapa

de anomalías residuales. Este trabajo ha sido realizado en el marco del proyecto AMB 97-0523.

Referencias

Alfaro, P., Duran, J.J., Estevez, A., Giner, J.J., Peláez, J.A., Pina, J.A., Soria, J.M., y Villalobos, M. (1992): *Actas Cong. Latinoamericano de Geol.* 8, 589-599.
 Amores, R., Hernández Enrile J.L., y Martínez Díaz, J. J. (2001): *Workshop on the Geodynamics of the Western Part of the Eurasian-African Plate Boundary*. Cádiz.
 Amores Lahidalga, R. y Carbó Gorosabel, A. (2002): *III Asamblea de Geodesia y Geofísica. Valencia*.
 Amores Lahidalga, R., Hernández Enrile, J.L., Martínez Díaz, J.J., Carbó Gorosabel, A y Arregui, J.I. (2002): *III Asamblea de Geodesia y Geofísica. Valencia*
 Armijo, R.; Benkhelil, J., Bousquet, J.C., Estévez, A., Guiraud, R., Montecat, C., Pavillon, M., Philip, H., Sanz de Galdeano, C y Vignier, C. (1977): *Bull. Soc. Geol. Fr.* XIX, 591-601.

Arregui, J.I., Hernández Enrile, J.L.; Martínez Díaz, J.J., Carbó, A. y Amores, R.(2000): *V Cong. Geol. España*, 315-320.
 Bousquet, J C y Montecat, C. (1974): *Compt Rendus H. S. de l'Academie Sciences*, 278, 21, 2617-2620.
 Doblás, M. y Oyarzun, R. (1989): *Geology*, 18, 4, 430-433.
 García-Dueñas, V., Balanyá, J. C., y Martínez-Matínez, J.M. (1992): *Geo-Marine Letters*, 12, 88-95.
 Larouzière, F.D., Montecat, Ch., Ott d'Estevou y Griveaud, P. (1987): *Soc. Nat. Elf. Aquitaine*, 23-38.
 Martínez Díaz, J.J. (1998): *Tesis Doctoral (UCM)*, 466p.
 Montecat, Ch. y Ott D'Estevou, P. (1996): *In: Tertiary basins of Spain*, 372-386.
 Rodríguez-Estrella, T., Hernández Enrile, J. L.e Ibarquien, J. (1999): *1º Cong. Nac. de Ingeniería Sísmica. Tomo 1*, 53-63.
 Rutter, E.H., Maddock, R.H., Hall, S.H. y White, S. (1986): *Pageoph.* 124, 1-2. 1-30.
 Silva, P. (1994): *Tesis Doctoral (UCM)*. 642p.