

Estructura de la Cuenca de Ugíjar a partir de datos gravimétricos y magnéticos (Zonas Internas, Cordillera Bética Central)

Structure of the Ugíjar Basin using gravity and magnetic data (Internal Zones, Central Betic Cordillera)

Ana Ruiz-Constán¹, Jesús Galindo-Zaldívar^{2,3}, Miguel Andrés-Martínez⁴, Antonio Pedrera³ y Manuel Martínez-Martos³

¹ IGME, Urb. Alcázar del Genil, 4, 18006-Granada, España. a.ruiz@igme.es

² Departamento de Geodinámica, Universidad de Granada, 18071-Granada, España. jgalindo@ugr.es

³ Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, CSIC-UGR, Avda. de las Palmeras 4, 18100-Armilla, Granada, España. pedrera@ugr.es; martinez.martos.manuel@gmail.com

⁴ Department of Earth Sciences, Royal Holloway University of London, Egham Hill, TW20 0EX, Surrey. miguel.andres-martinez.2011@live.rhul.ac.uk

ABSTRACT

New gravity and magnetic data reveal the geometry and thickness of the Ugíjar basin infill and provide additional information about the tectonic structures that deform both the basin and the basement rocks. As previous geological data suggested, the basin is asymmetric and highly conditioned by the activity of ENE-WSW trending faults with right-lateral/normal kinematics that are located in the southern border of the basin. At the northern boundary, the basement top dips smoothly southwards, although there are minor tectonic structures that deform up to the sedimentary infill. Magnetic dipoles have been detected in the northern part of the studied sector, probably associated with small and disperse metallic mineralizations deposited along the Alpujarride/Nevaldo-Filábride contact.

Key-words: Ugíjar Basin, Betic Cordillera, gravity and magnetic models.

RESUMEN

Nuevas medidas gravimétricas y magnéticas adquiridas en la Cuenca de Ugíjar contribuyen a determinar el espesor de su relleno sedimentario y las estructuras que deforman las rocas sedimentarias y el basamento. La combinación de los resultados gravimétricos con datos geológicos de superficie confirma la asimetría de la cuenca, condicionada por el funcionamiento, en su borde sur, de fallas ENE-OSO y componente dextrorsa-normal. En el borde norte, el techo del basamento profundiza con pendiente regional constante hacia el sur aunque hay estructuras tectónicas que deforman el relleno sedimentario. La existencia de dipolos magnéticos de pequeña entidad en el sector N está probablemente relacionada con mineralizaciones metálicas discontinuas asociadas al contacto Alpujarride/Nevaldo-Filábride.

Palabras clave: Cuenca de Ugíjar, Cordillera Bética, modelización gravimétrica y magnética.

Geogaceta, 54 (2013), 95-98.
ISSN (versión impresa): 0213-683X
ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 31 de enero de 2013
Fecha de revisión: 25 de abril de 2013
Fecha de aceptación: 24 de mayo de 2013

Introducción

La cuenca sedimentaria de Ugíjar (Granada) forma parte de una alineación de depresiones intramontañosas denominada Corredor de las Alpujarras (Sanz de Galdeano *et al.*, 1984), situada en la parte central de la Cordillera Bética (Fig. 1). El basamento de estas cuencas está constituido por materiales metamórficos pertenecientes a las Zonas Internas. El contraste de densidad entre los materiales detríticos del relleno sedimentario y las rocas que componen el basamento (esquistos, filitas, cuarcitas y mármoles, fundamentalmente) ha permitido determinar, mediante el estudio de las anomalías gravimétricas, la geometría y potencia de diversas cuencas sedimentarias exis-

tentes en la región (Marín-Lechado *et al.*, 2007; Pedrera *et al.*, 2007; Alfaro *et al.*, 2008).

Los estudios geofísicos realizados en este sector han estado enfocados principalmente al conocimiento general de la estructura litosférica de la cordillera. Ejemplo de ello son el mapa de anomalía de Bouguer de España 1: 1.000.000 (IGN, 1976), datos gravimétricos de satélite (EMG08), el mapa de anomalías aeromagnéticas de España (Ardizzone *et al.*, 1989) o perfiles sísmicos de refracción y reflexión profundos (Banda y Ansonge, 1980; Galindo-Zaldívar *et al.*, 1997). Sin embargo, la ausencia de sondeos profundos y datos geofísicos de detalle impide precisar la geometría del relleno de la cuenca de Ugíjar. Por otra parte,

las características y edad de las unidades sedimentarias que rellenan la cuenca, las principales estructuras tectónicas que afectan tanto a las rocas del relleno como al basamento y el contexto geodinámico que favoreció la formación del Corredor de las Alpujarras han sido estudiadas por numerosos autores con interpretaciones muy diversas (Sanz de Galdeano *et al.*, 1984, 1985; Galindo-Zaldívar, 1986; Rodríguez-Fernández *et al.*, 1990; Martínez-Martínez, 2006; Martínez-Martínez *et al.*, 2006).

El objetivo de este trabajo es determinar la geometría del relleno sedimentario de la cuenca de Ugíjar a partir del estudio de las anomalías gravimétricas y su integración con datos geofísicos y geológicos de superficie previos. Además, se analizan de forma

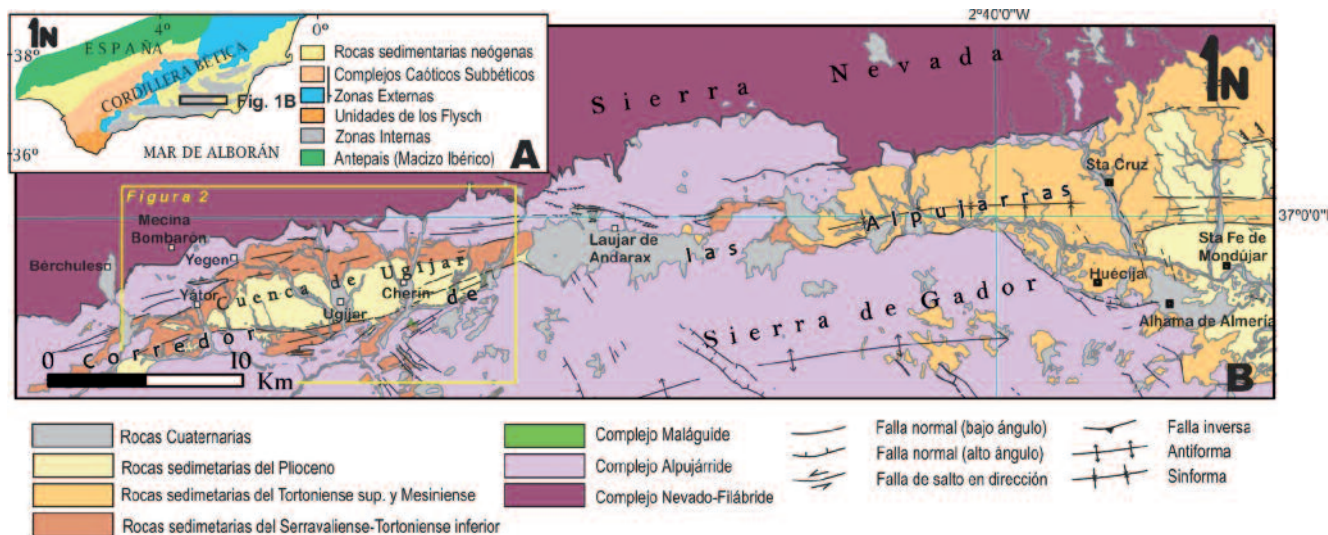


Fig. 1.- Localización geológica de la zona de estudio. A) Mapa geológico simplificado de la Cordillera Bética con la localización de la zona de la cuenca de Ugijar. B) Mapa geológico del Corredor de las Alpujarras con las principales estructuras tectónicas (modificado de Galindo-Zaldívar, 1986; Martínez-Martínez, 2006; García Tortosa y Sanz de Galdeano, 2007; Sanz de Galdeano et al., 2010; Pedrera et al., 2012).

Fig. 1.- Geology of the studied area. A) Geological sketch of the Betic Cordillera. B) Geological map of the Alpujarran Corridor with the main tectonic structures (modified from Galindo-Zaldívar, 1986; Martínez-Martínez, 2006; García Tortosa y Sanz de Galdeano, 2007; Sanz de Galdeano et al., 2010; Pedrera et al., 2012).

cuantitativa las anomalías magnéticas y su relación con posibles mineralizaciones en el contacto entre los complejos Nevado-Filábride y Alpujárride.

Contexto geológico

La depresión de Ugijar es una cuenca de morfología alargada, según un eje aproximadamente E-O. El basamento de la cuenca está constituido por materiales metamórficos de las Zonas Internas de la Cordillera Bética central pertenecientes al complejo Alpujárride. Estas rocas afloran al sur, en las Sierras de Gádor y de la Contraviesa, y al norte en la vertiente meridional de Sierra Nevada. El relleno de la cuenca está formado por materiales detríticos de edad Mioceno medio (Langhiense superior-Serravaliense) a Cuaternario, subdivididos en varias unidades estratigráficas separadas por discordancias que incluyen episodios marinos y continentales (Rodríguez-Fernández et al., 1990).

La cuenca está limitada, en su mayor parte, por contactos mecánicos. En el borde norte, los depósitos neógenos están discordantes sobre los materiales alpujárrides, aunque la discordancia está afectada por fallas normales dexas con buzamiento al SSE y por fallas inversas con buzamiento hacia el norte o fallas subhorizontales que superponen materiales alpujárrides sobre los sedimentos de la cuenca (Galindo-Zaldívar, 1986). Sanz de Galdeano et al. (1984,

1985) asocian este cortejo de deformaciones a estructuras en flor típicas de fallas transcurrentes. En el borde sur, el contacto entre el Alpujárride y la unidad basal del relleno sedimentario es discordante, aunque también está deformado por fallas ENE-OSO, buzamiento al norte y componente normal y dextra.

Se han propuesto varias hipótesis para explicar el origen de la depresión de Ugijar, así como del Corredor de las Alpujarras, del que forma parte. Galindo-Zaldívar (1986) propuso su formación en un régimen transensivo dextro. Otros autores señalan que la serie de depresiones que constituyen el corredor estarían producidas por la interacción entre bloques corticales, de dirección aproximada E-O, como consecuencia del emplazamiento diferencial de las Zonas Internas hacia el oeste (Sanz de Galdeano, 1996). Así mismo, otros autores definen la zona como un contacto transcurrente, paralelo a la dirección de extensión, que separaría Sierra Nevada de los bloques basculados de las sierras de Lujar, la Contraviesa y Gádor (Martínez-Martínez et al., 2006).

Metodología

Se han realizado un total de 130 estaciones de medida gravimétricas y magnéticas en dirección transversal al eje de la cuenca así como medidas complementarias distribuidas por todo el área de estudio que

mejoran la cobertura de los mapas de anomalía realizados. La posición de las estaciones ha sido determinada mediante GPS navegador con precisión de 5 m en planta y altímetro barométrico con 1 m de precisión.

Las medidas de gravedad han sido realizadas con un gravímetro de valor relativo Scintrex Autograv modelo CG-5, de 0,001 mGal de precisión y han sido referidas a la base gravimétrica del IGN situada en Granada. Se ha calculado la anomalía de Bouguer con una densidad de reducción de 2,67 g/cm³ que incluye la corrección topográfica de los 22 km más cercanos a cada estación (Zonas B a M; Hammer, 1982), determinada mediante un modelo digital de la NASA de 90 m de espaciado (http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/SRTM3/Eurasia/).

Los modelos gravimétricos bidimensionales han sido realizados con el programa GRAVMAG v. 1.7 (Pedley et al., 1993) a partir de la anomalía residual. Esta ha sido calculada a partir de la anomalía de Bouguer, restándole la anomalía regional determinada mediante el Mapa Gravimétrico de España de escala 1:1.000.000 (I.G.N., 1976) y los valores obtenidos en las estaciones situadas sobre el basamento Alpujárride. Las densidades medias de los distintos cuerpos se han establecido a partir de los valores medios correspondientes a las litologías predominantes indicados por Telford et al. (1990).

Las medidas magnéticas se tomaron de forma simultánea a las de gravedad, me-

diente un magnetómetro GSM 8 de precisión de protones con una precisión máxima de 1 nT. La corrección de las variaciones diurnas se realizó a partir de los valores de intensidad del campo magnético total de la estación fija de San Fernando (www.inter-magnet.org).

Anomalías gravimétricas, magnéticas y espesor del relleno sedimentario

Los datos gravimétricos regionales (Fig. 2A) muestran una anomalía negativa debido a la existencia de corteza continental engrosada como consecuencia del apilamiento de las Zonas Internas sobre el Macizo Ibérico. Hacia el sur los valores aumentan progresivamente debido al adelgazamiento de la corteza hacia el Mar de Alborán. El mapa de anomalía gravimétrica residual (Fig. 2B) muestra que la cuenca de Ugíjar tiene una geometría asimétrica, con el depocentro localizado cerca del borde sur. Se han considerado densidades medias de 2,25 g/cm³ para el relleno sedimentario y 2,67 g/cm³ para el basamento. El relleno sedimentario alcanza su máxima potencia en el sector de Ugíjar, con ~800 m de espesor (Fig. 3A). La estructura de la cuenca se conserva a lo largo de su eje longitudinal, aunque se observa una disminución de su potencia hacia los extremos este y oeste (~250 m en el sector de Yátor, 400 m en el de Yegen y ~350 m en el sector de Cherín; perfil B, Fig. 3).

Los datos de magnetometría (Fig. 2C) apuntan a la existencia de pequeños dipolos, como el que se observa en la parte norte del perfil A (Fig. 3A), que deben estar asociados a mineralizaciones a lo largo del contacto Alpujárride/ Nevado-Filábride, que aflora al norte de la cuenca.

Discusión y conclusiones

Los datos gravimétricos adquiridos son compatibles con los datos generales del EGM08 y del mapa de anomalías de Bouguer de la Península Ibérica del I.G.N. (1976) y, al tener un mayor detalle, permiten establecer la geometría y la potencia del relleno sedimentario neógeno de la cuenca intramontañosa de Ugíjar. Así mismo, se identifican algunas anomalías magnéticas de carácter local no caracterizadas en los mapas aeromagnéticos regionales (Socias y Mezcuca, 2002).

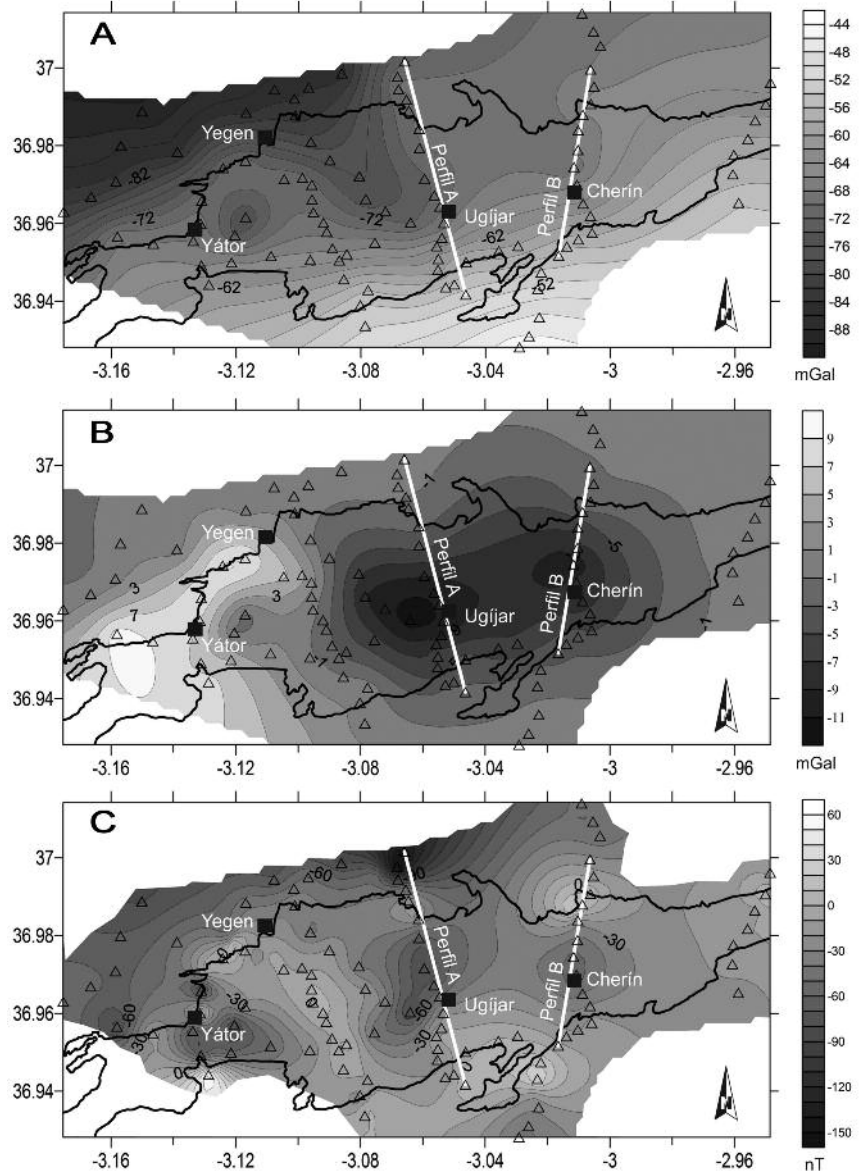


Fig. 2.- Mapas de anomalía de Bouguer (A), anomalía gravimétrica residual (B) y anomalía magnética (C) realizados a partir de los datos de campo.

Fig. 2.- Bouguer anomaly (A), residual gravity anomaly (B) and magnetic anomaly (C) maps from field data.

Los modelos gravimétricos confirman la notable asimetría de la cuenca que ya sugerían los cortes geológicos previos (Fig. 3), en los que la mayoría de los estratos buzcan con componente sur. La combinación de los resultados gravimétricos con los datos geológicos de superficie sugiere la importancia de la falla ENE-OSO dextrorsa-normal situada en el borde sur durante la sedimentación de los materiales del Mioceno superior. La antiforra de Sierra Nevada comenzó a desarrollarse en el Mioceno medio-superior, simultáneamente a la actividad de esta falla. La geometría de la cuenca está pues condicionada por la combinación del basculamiento causado por

este pliegue, que continúa hasta el cuaternario, y la actividad de fallas con una importante componente de salto en dirección dextra (Sanz de Galdeano, 1985; Galindo-Zaldivar, 1986).

En el borde norte los datos gravimétricos muestran que el techo del basamento profundiza con pendiente constante hacia el interior de la cuenca. No se observan, variaciones en los valores de anomalía que se puedan relacionar con saltos en el basamento debido al funcionamiento de las fallas inversas y normales que se identifican en superficie y los pliegues que afectan a los sedimentos neógenos. No se puede descartar, sin embargo, que el basamento esté

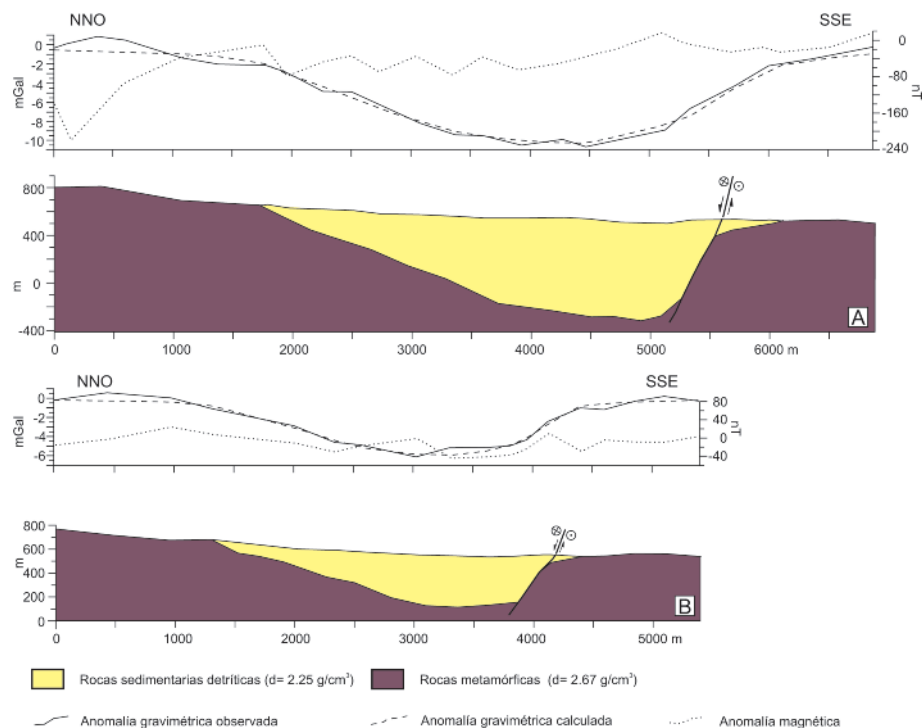


Fig. 3.- Modelos gravimétricos realizados a partir de la anomalía gravimétrica residual y valores de anomalía magnética para ambos perfiles.

Fig. 3.- Gravity models calculated from the residual gravity anomaly and magnetic anomaly data of both profiles.

afectado por estas estructuras pero, o bien debido a que los cabalgamientos no tengan la entidad suficiente o bien porque el contraste de densidad entre las rocas que se superponen sea demasiado bajo, este hecho queda enmascarado en los datos gravimétricos.

Los datos de magnetometría reflejan la existencia de dipolos de pequeña entidad en el sector N de la cuenca. Dichas anomalías podrían estar relacionadas con mineralizaciones de hierro lateralmente discontinuas y de pequeño tamaño, asociadas al contacto Alpujarride/Nevado-Filábride. Estas mineralizaciones deben ser equivalentes a las que se han observado en afloramientos de otros sectores de Sierra Nevada y que han llegado incluso a ser explotados en el sector de Busquístar, donde se encuentran las Minas del Conjuero, cuyos minerales predominantes son goethita, hematites y lepidocrocita. Vestigio de esas mineralizaciones son también las aguas ferruginosas carbonatadas de la

fuente agria de Bérchules, al N de la terminación occidental de la cuenca.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos CSD2006-00041, CGL-2008-03474-E/BTE, CGL2010-21048, P09-RNM-5388 y RNM-148. Agradecemos los comentarios de Pedro Alfaro y un revisor anónimo.

Referencias

Alfaro, P., Delgado, J., Sanz de Galdeano, C., Galindo-Zaldívar, J., García-Tortosa, F.J., López-Garrido, A.C., López-Casado, C., Marín-Lechado, C., Gil, A. y Borque, M.J. (2008). *International Journal of Earth Sciences* 97, 1353-1365.
 Ardizzone J., Mezcua J. y Socias I. (1989). *Mapa aeromagnético de España Peninsular a escala 1:1.000.000*. Instituto Geográfico Nacional (I.G.N.), Madrid.

Banda, E. y Ansonge, J. (1980). *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society* 63, 515-532.
 Galindo-Zaldívar, J. (1986). *Estudios Geológicos* 42, 1-10.
 Galindo-Zaldívar, J., Jabaloy, A., González Loideiro, F. y Aldaya, F. (1997). *Tectonics* 16, 18-37.
 García-Tortosa, F.J. y Sanz de Galdeano, C. (2007). *Cuaternario y Geomorfología* 21, 101-112.
 Hammer, S. (1982). *Geophysics* 47, 839-840.
 I.G.N. (1976). *Mapa de anomalías de Bouguer a escala 1:1.000.000*. Instituto Geográfico Nacional (I.G.N.), Madrid.
 Marín-Lechado, C., Galindo-Zaldívar, J., Rodríguez-Fernández, L.R. y Pedrera A. (2007). *Pure and Applied Geophysics* 164, 1-21.
 Martínez-Martínez, J.M. (2006). *Journal of Structural Geology* 28, 602-620.
 Martínez-Martínez, J.M., Booth-Rea, G., Azañón, J.M. y Torcal, F. (2006). *Tectonophysics* 422, 159-173.
 Pedley, R.C., Busby, J.P. y Dabek, Z.K. (1993). *GRAVMAG. British Geological Survey. Technical Report WK/93/26/R*.
 Pedrera, A., Galindo-Zaldívar, J., Duque, C. y Marín-Lechado, C. (2007). *Geogaceta* 42, 39-42.
 Pedrera, A., Galindo-Zaldívar, J., Marín-Lechado, C., García-Tortosa, F.J., Ruano, P., López Garrido, A.C., Azañón, J.M., Peláez, J.A. y Giacomia, F. (2012). *Journal of Iberian Geology* 38, 191-208.
 Rodríguez-Fernández, J., Sanz de Galdeano, C. y Serrano, F. (1990). *Documents et Travaux de l'IGAL* 12-13, 87-100.
 Sanz de Galdeano, C. (1996). *Estudios Geológicos* 52, 123-136.
 Sanz de Galdeano, C., Estévez, A., López-Garrido, A. y Rodríguez-Fernández, J. (1984). *Estudios Geológicos* 40, 183-192.
 Sanz de Galdeano, C., Rodríguez Fernández, J. y López Garrido, A.C. (1985). *Geologische Rundschau* 74, 642-655.
 Socias, I. y Mezcua, J. (2002). *Mapa de Anomalías Magnéticas de la Península Ibérica*. Instituto Geográfico Nacional (I.G.N.), Madrid.
 Sanz de Galdeano C., Shanov S., Galindo-Zaldívar J., Radulov A. y Nikolov G. (2010). *Journal of Geodynamics* 50, 57-66.
 Telford, W.M., Geldart, L.P. y Sheriff, R.E. (1990). *Applied Geophysics*. Cambridge University Press, Cambridge, 770 p.