Anomalías gravimétricas y magnéticas en la Depresión de Granada (Cordilleras Béticas): tratamiento e interpretación

Gravity and magnetic anomalies in the Granada Depression (Betic Cordilleras): Processing and interpretation

J. Jiménez-Pintor [1], J. Galindo-Zaldívar [2], P. Ruano [2] y J. Morales [1]

[1] Instituto Andaluz de Geofísica. Universidad de Granada. 18071-Granada.
[2] Departamento de Geodinámica. Universidad de Granada.18071-Granada.

ABSTRACT

The Granada Depression, located in the central sector of the Betic Cordilleras, is an intramountain depression filled mainly by detritic, evaporite and carbonate rocks since Miocene. Gravity anomaly minima are associated to the main depocentres or to the Triassic rocks of Keuper facies, located in the basin basement. Gravity models show the asymmetric character of most of the depocenters, that constitute half-graben structures bounded by normal faults. These faults are responsible of the structure of the basin and have developed mainly in a NE-SW extensional setting. The most intense magnetic anomalies are located in the southeastern sector of the Depression and are related to shallow bodies of amphibole schists of the Alpujarride Complex.

Key Words: *Gravity, magnetics, Granada Depression, basin geometry.*

Geogaceta, 31 (2002), 143-146
ISSN:0213683X

Introducción

La Depresión de Granada se individualizó durante el Neógeno como una cuenca intramontañosa, que se sitúa en el límite entre las Zonas Internas y Externas de las Cordilleras Béticas centrales (Fig. 1). Su basamento está constituido, principalmente por mármoles y metapelitas de las Zonas Internas (Alpujárride y Maláguide) y materiales del Subbético Interno y Medio (Zonas Externas), principalmente calizas, dolomías y margas. Por otra parte, el relleno de la Depresión está formado esencialmente por calcarenitas, margas, calizas, evaporitas y materiales detríticos depositados durante el Neógeno y el Cuaternario.

La región está deformada por fallas de distintas direcciones, entre las que predominan los juegos con orientación NO-SE, NE-SO y E-O (Sanz de Galdeano, 1983). Estas fallas compartimentan la cuenca y determinan las características de los distintos depocentros. Además, también se observa en la región el desarrollo durante el neógeno de pliegues, generalmente suaves y de eje NE-SO (Ruano *et al.*, 2000) que prácticamente no inciden en la geometría del relleno.

La estructura de la cuenca ha sido estudiada por Morales *et al.* (1990) median-

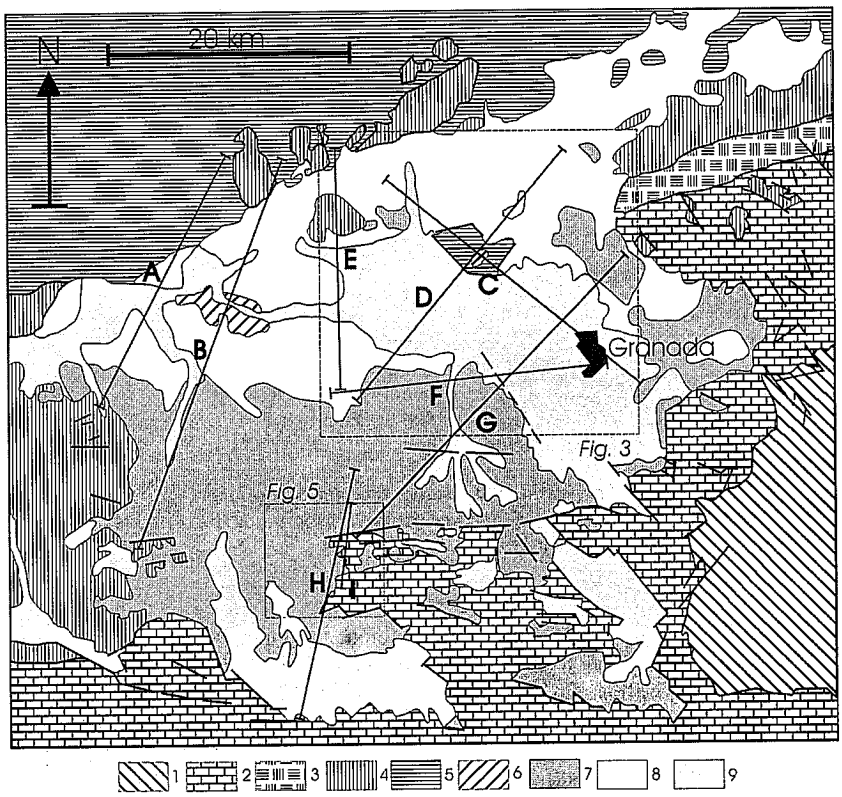

Fig. 1.- Localización geológica. Zonas Internas: 1, Nevado-Filábride; 2, Alpujárride; 3, Maláguide. Zonas Externas: 4, Subbético Interno; 5, Subbético Medio; 6, Rocas triásicas del Subbético. 7, Materiales del Mioceno. 8, Materiales del Plioceno. 9, Materiales del Cuaternario.

Fig. 1.- Geological setting. Internal Zones: 1, Nevado-Filábride; 2, Alpujárride; 3, Maláguide. External Zones: 4, Internal Subbetic; 5, Intermediate Subbetic; 6, Triassic subbetic rocks. 7, Miocene rocks. 8, Pliocene rocks. 9, Quaternary rocks.

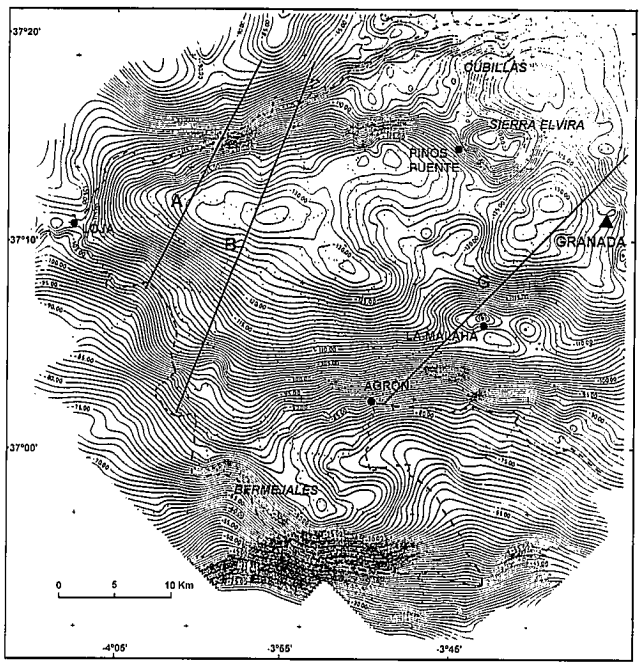

Fig. 2.- Mapa de anomalía de Bouguer realizado por Chevron Oil Company. Densidad de referencia de 2.43 g/cm³. Se indica la posición de los perfiles gravimétricos realizados a partir de este mapa. La línea discontinua marca el borde de la Depresión.

Fig. 2.- Bouguer anomaly map released by Chevron Oil Company. Reference density: 2.43 g/cm³. The location of gravity profiles modeled considering this map are indicated. Dashed line, Depression boundary.

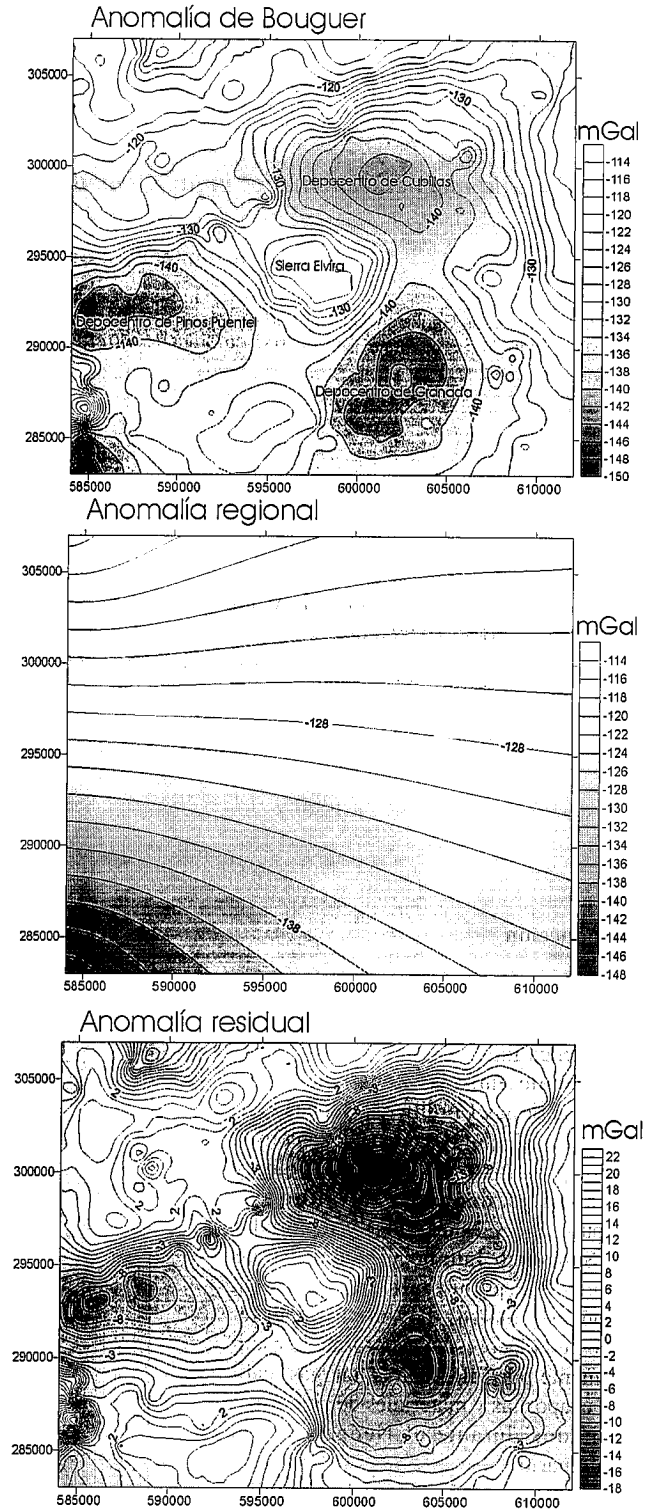

Fig. 3.- Mapas de anomalías de Bouguer, regional y residual de un sector situado al NE de la región. Densidad de referencia, 2.67 g/cm³. Localización en Fig. 1.

Fig. 3.- Bouguer, regional and residual anomaly maps of a sector located NW of the study region. Reference density, 2.67 g/cm³.Location in Fig. 1.

te datos gravimétricos y perfiles sísmicos, indicando la localización de los principales depocentros y fallas. En el sector noroccidental de la Depresión, a partir de datos de geología de campo, gravimétricos y sísmicos, Ruano *et al.* (2000) estudian la geometría del relleno de la cuenca que consiste en semi-graben limitados al norte por fallas normales.

Este trabajo aporta nuevos datos sobre la estructura del basamento de la Depresión de Granada, mediante la adquisición, tratamiento y modelización, tanto de datos gravimétricos como magnéticos. Los modelos obtenidos han permitido determinar las características geométricas de los principales depocentros y localmente, de la estructura interna del basamento.

Anomalías gravimetrícas

En la Depresión de Granada se han utilizado datos previos de gravimetría de la compañía Chevron Oil que consisten en un mapa general que cubre toda la Depresión (Fig. 2) y datos puntuales de un sector de la misma (Fig. 3). Además se han adquirido nuevos datos en su parte meridional.

Los datos gravimétricos puntuales de 570 estaciones tienen un espaciado medio de 400 m y cubren el sector NE de la cuenca (Figs. 1 y 3). Se ha calculado la anomalía de Bouguer en cada estación considerando una densidad de 2.67 g/cm³

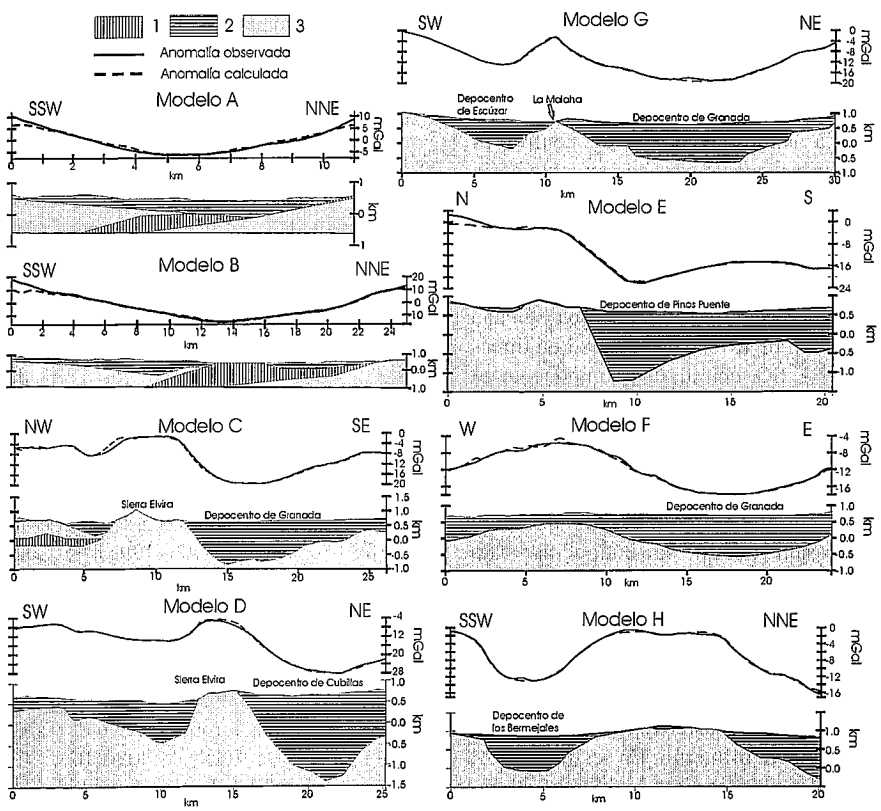

Fig. 4.- Modelos gravimétricos. 1, Rocas triásicas (2.2-2.3 g/cm³). 2, Sedimentos neógenos y cuaternarios (2.3 g/cm³). 3, Basamento (2.7 g/cm³). Localización en Fig. 1.

Fig. 4.- Gravity models. 1, Triassic rocks (2.2-2.3 g/cm³). 2, Neogene and Quaternary sediments (2.3 g/cm³). 3, Basement (2.7 g/cm³). Location in Fig. 1.

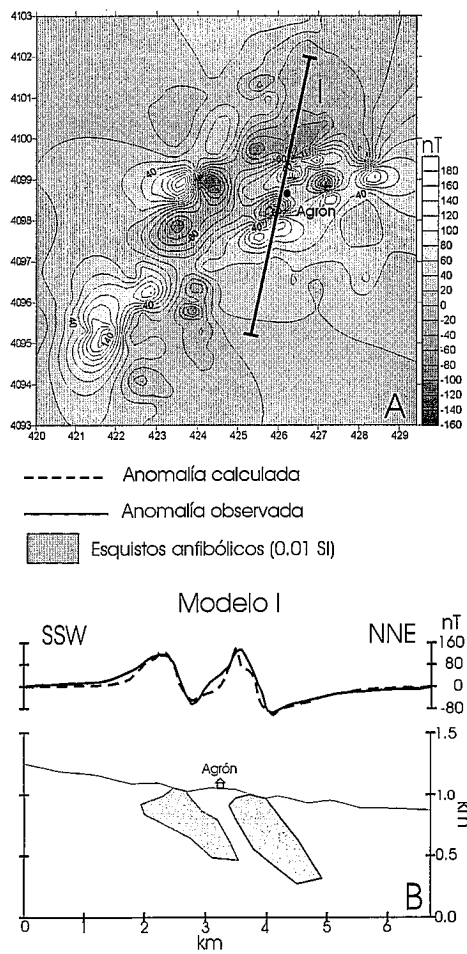

Fig. 5.- Mapa de anomalía magnética de campo total de un sector situado al SE de la región (A) y modelo magnético (B). Localización en Fig. 1. A, Agrón.

Fig. 5.- Total field magnetic anomaly map of a sector located in the SE Granada Depression (A) and magnetic model (B). Location in Fig. 1. A, Agrón.

y se ha interpolado mediante krigeaje. A partir de este mapa se ha determinado la anomalía regional, considerando una malla muy espaciada e interpolada mediante krigeaje, y la anomalía residual (Fig. 3).

Se han realizado 150 medidas en estaciones con un espaciado medio de 300 a 400 m situadas a lo largo de un perfil (perfil H, Fig.1), localizado en el sector meridional de la Depresión. El equipo de adquisición está compuesto por un gravímetro Worden modelo Master, GPS y altímetro barométrico. Se ha calculado la anomalía de Bouguer utilizando una densidad de 2.67 g/cm³.

En el mapa general de anomalía de Bouguer (Fig. 2) y en el mapa de detalle de anomalía del sector NE de la Depresión (Fig. 3) puede observarse una tendencia a la disminución de la anomalía de Bouguer hacia el centro de la cuenca que podría estar relacionada con máximos espesores de la corteza en esta región. Los máximos gravimétricos en ambos mapas (Figs. 2 y 3) corresponden con altos de basamento que en ocasiones llega a aflorar, mientras que los mínimos están asociados a depocentros de la cuenca neógena o a la existencia de rocas de edad triásica de las Zonas Externas.

Los modelos gravimétricos (Fig. 4), realizados mediante el programa GRAVMAG (Pedley *et al.*, 1993), están agrupados en tres sectores. Mientras que los modelos del sector nordoriental (C, D, E y F, Fig. 4) están realizados a partir de los datos puntuales de Chevron Oil (Fig. 3), en el modelo H se han utilizado datos propios y en el resto de los modelos (A, B y G) los datos del mapa general (Fig. 2). Se ha considerado una densidad media para el basamento de la cuenca de 2.7 g/cm³, que es una densidad típica de las rocas metamórficas que componen las Zonas Internas de las Cordilleras y de las dolomías del Subbético. A los materiales triásicos de facies Keuper de las Zonas Externas se les ha asignado una densidad de 2.2 g/cm³ en los modelos A y B y de 2.3 g/cm³ en el modelo C. Se ha considerado que los sedimentos neógenos y cuaternarios de relleno de la Depresión, entre los que existen evaporitas, tienen una densidad media de 2.3 g/cm³. Aunque la región es geológicamente muy compleja, con estos modelos sencillos se consigue justificar la mayor parte de las anomalías gravimétricas observadas.

Anomalías magnéticas

En la Depresión de Granada, las anomalías magnéticas más intensas que se observan en el mapa aeromagnético de escala 1:1.000.000 (Ardizone *et al.*, 1989) se localizan en su sector meridional. Se han realizado 300 estaciones con un espaciado medio de 200 a 400 m para estudiar en detalle una de estas anomalías (Figs. 1 y 5). Las medidas del campo magnético total fueron adquiridas con un magnetómetro de precesión de protones GSM-9, posicionamiento con GPS y altímetro barométrico. Además se han realizado medidas en campo de la susceptibilidad magnética mediante un equipo Exploranium KT9.

La anomalía magnética se ha calculado considerando el IGRF00 en cada estación. El mapa de anomalía magnética (Fig. 5) se ha elaborado interpolando los datos mediante krigeaje. Las medidas que se han realizado en el campo indican que las únicas rocas de la región con una elevada susceptibilidad magnética (0.01 SI)

son esquistos anfibólicos del Complejo Alpujárride. Estos valores se han considerado en la elaboración del modelo I (Fig. 5), que atraviesa parte de las anomalías. En este modelo sólo se ha tenido en cuenta el magnetismo inducido ya que los dipolos de anomalía magnética tienen una disposición normal para estas latitudes.

Discusión y conclusiones

Los modelos gravimétricos y magnético realizados se ajustan a las anomalías detectadas en la Depresión de Granada. Los modelos gravimétricos indican una compartimentación de la cuenca en diferentes depocentros, ya sugeridos por los mapas de anomalía de Bouguer (Figs. 2 y 3). En algunos casos, la base de estos depocentros se encuentra bajo el nivel del mar, con espesores de sedimentos acumulados que pueden rondar hasta los 2000 m, como en el Depocentro de Cubillas (Fig. 4). Aunque los depocentros de Bermejales y Granada tienen un carácter generalmente más simétrico en sección NE-SO, el resto de depocentros que conforman la cuenca tienen asimetría en la mayor parte de los casos (Fig.4), probablemente debido a la actuación de fallas normales. Muchas de las fallas en la región son activas (Peláez Montilla *et al.*, 2001), provocando que parte de los depocentros sigan acumulando sedimentos. Entre las fallas más importantes se pueden destacar las situadas en el borde septentrional de la Depresión, con orientación ENE-OSO, y las que limitan el "horst" de Sierra Elvira, de orientaciones NO-SE y NE-SO. Otro alto de basamento importante, que llega a aflorar, es el de La Malaha. Este alto tiene un borde meridional que se estructura mediante fallas normales, mientras que su borde septentrional puede corresponder a un paleorrelieve (modelo G, Fig. 4).

La asimetría de los depocentros es mayoritariamente de basculamiento hacia el N y NE, aunque existen otros con un sentido de basculamiento conjugado (Depocentro de Cubillas) y en algún caso hacia el NO (Depocentro de Granada). Estos depocentros son el reflejo de en una situación de extensión regional en dirección NE-SO, con alguna componente de extensión perpendicular. Aunque la elevación de la Cordillera se ha producido durante el desarrollo de estas cuencas, los modelos indican que en algunos depocentros se produce el hundimiento del basamento, que se sitúa incluso bajo el nivel del mar.

En los modelos A, B y C se ha detectado un déficit de masa en el basamento. Por ello se han considerado cuerpos de densidad 2.2 a 2.3 g/cm^3, que se asocian a los materiales triásicos situados en la base del Subbético Interno. En los perfiles A, B y C las rocas triásicas del Subbético Interno se habrían emplazado tectónicamente sobre los materiales del Subbético Medio. Este emplazamiento se habría producido antes de la actividad de las fallas normales que limitan los depocentros, tal y como se observa en Sierra Elvira (Modelo C, Fig. 4).

Las anomalías magnéticas detectadas en la parte meridional de la cuenca (Fig. 5) podrían corresponder con cuerpos constituidos por esquistos anfibólicos del Alpujárride que afloran en el entorno de Agrón (Fig. 5). Según el modelo I y el mapa de anomalías (Fig. 5), se trataría de dos cuerpos someros y alargados en una dirección aproximadamente E-O.

El origen de las anomalías gravimétricas y magnéticas de la región se encuentra relacionado con cuerpos situados en la parte alta de la corteza y sólo la tendencia regional de la anomalía de Bouguer permite intuir parte de la estructura profunda.

Agradecimientos

A José Rodríguez Fernández, Antonio Sánchez Navas y Carlos Sanz de Galdeano por los comentarios realizados sobre el contenido de este trabajo. Chevron Oil Company ha proporcionado parte de los datos gravimétricos utilizados. El trabajo se ha realizado en el marco de los proyectos AMB99-0795-C02-01 y BTE 2000-1490-C02-01.

Referencias

Ardizone J., Mezcua J. y Socias, I. (1989): Mapa aeromagnético de España Peninsular, IGN, 1:1000000.

Morales, J., Vidal, F., de Miguel, F., Alguacil, G., Posadas, A. M. , Ibáñez, J. M., Guzmán, A. y Guirao, J. M. (1990): *Tectonophysics*, 177, 337-348.

Pedley, R. C., Bubsby, J. P. y Dabek, Z. K. (1993): Gravmag v. 1.5. Interactive 2.5D gravity and magnetic modelling. British Geol. Surv.

Peláez Montilla, J. A. , Sanz de Galdeano, C. y López Casado, C. (2001): *Universidad de Granada.* 158-174.

Ruano, P., Galindo-Zaldívar, J. y Jabaloy, A. (2000): *Rev. Soc. Geol. Esp.*, 13, 143-155.

Sanz de Galdeano, C. (1983): *Estudios Geológicos*, 39, 157-165.