



## MODELOS GLOBALES DE GRAVEDAD GOCE Y EGM2008: SU UTILIDAD Y COMPLEMENTARIEDAD EN LA EXPLORACIÓN GEOFÍSICA

Orlando Álvarez Pontoriero<sup>1,2</sup>, Mario E. Gimenez<sup>1,2</sup>, Carla Braitenberg<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Geofísico y Sismológico Ing. Volponi, Universidad Nacional de San Juan, Ruta 12-Km17, San Juan, Argentina. orlando\_a\_p@yahoo.com.ar

<sup>2</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, CONICET, Argentina.

<sup>3</sup>Dipartimento di Geoscienze, Università di Trieste, Via Weiss 1, 34100 Trieste, Italy.

La nueva misión satelital GOCE (Gravity Field and Steady-State Ocean Circulation Explorer) ha permitido lograr un extraordinario avance en el mapeo del campo de gravedad terrestre. Luego de aproximadamente cinco años de medición se han generado modelos globales del campo de gravedad y del geoide, con una resolución y exactitud sin precedentes (Paillet *al.* 2011). A partir de esta misión dedicada al estudio de la fuerza de la gravedad, ha cobrado relevancia la aplicación en el estudio de la litósfera a escala regional, permitiendo localizar anomalías, lineamientos, cuencas, zonas de sutura y provincias magmáticas.

Para realizar el modelado litosférico a partir de los nuevos modelos globales de gravedades necesario efectuar la corrección del efecto topográfico, debido a que la señal gravimétrica generada por la topografía enmascara la señal litosférica. Para el cálculo del efecto topográfico se han desarrollado nuevos softwares que utilizan prismas esféricos en coordenadas geocéntricas, en lugar de utilizar una aproximación plana. Esto permite comparar de manera directa con los datos satelitales teniendo en cuenta la curvatura terrestre (Uieda *et al.* 2010, Álvarez *et al.* 2012, 2013). Esta nueva metodología es de fundamental importancia ya que dada la resolución de los modelos globales, su aplicación está centrada en estudios regionales, en donde utilizar una aproximación plana induce un error considerable (Bouman *et al.* 2013).

En el presente trabajo presentamos una moderna metodología para detectar estructuras corticales relacionadas a cambios de densidad, localizadas principalmente en corteza superior en función de los modelos globales de gravedad (GOCE y EGM2008). El modelo derivado a partir de los datos del satélite GOCE que utilizamos (*GO\_CONS\_GCF\_2\_TIM\_R4*, Paillet *al.* 2011, <http://icgem.gfz-potsdam.de/ICGEM/>) alcanza una resolución de aproximadamente  $\lambda/2 \approx 80$  km. El modelo EGM2008 (Pavlis *et al.* 2012) que integra datos de la misión satelital GRACE con datos terrestres, marinos y aéreos alcanza una resolución de  $\lambda/2 \approx 9$  km. Los últimos modelos derivados de datos satelitales puros GOCE presentan una precisión homogénea, lo cual nos permite realizar un control estadístico de la calidad de los datos terrestres o de otros modelos globales (satelitales puros anteriores o que integren datos satelitales y terrestres). También son de gran utilidad para rellenar regiones en donde no hay disponibilidad o buena uniformidad de datos terrestres o debido a las dificultades de accesibilidad del terreno.

A partir de los modelos globales de gravedad se obtiene el potencial anómalo. Luego distintas cantidades pueden ser derivadas como ser la anomalía de gravedad ( $Ga$ ) o el gradiente vertical de la gravedad ( $Tzz$ ). Al ser derivados del potencial gravitatorio que generan las masas reflejan variaciones de densidad de la corteza. Sin embargo, delinean características subsuperficiales bien distintas (Braitenberg *et al.* 2011, Álvarez *et al.* 2012). En los trabajos mencionados anteriormente se muestra como el  $Tzz$  permite delinear la localización de una masa anómala con más detalle y precisión que la  $Ga$ . Esta diferencia que se vuelve más importante a medida que el contraste de densidad es mayor y las estructuras geológicas son más superficiales.

A modo de ejemplo y para presentar cuál de ellos describe mejor una configuración de masas anómalas, generamos un modelo sintético. Este modelo sintético (Fig. 1, Sup-Izq.) simula una situación particular en la cual se ponen en contacto tres estructuras con un contraste de densidad asociado. Para este modelo sintético se calcula el efecto topográfico directo que genera sobre el  $Tzz$  y sobre la  $Ga$ , aproximándolo por medio de prismas esféricos (Uieda *et al.* 2010). Como podemos apreciar en la Figura 1, el gradiente vertical de la gravedad permite establecer de manera directa la delimitación de las estructuras y la zona de contacto. La anomalía, si bien también presenta un cambio importante de magnitud, presenta una transición continua lo que no nos permite inferir la correcta ubicación del contacto.

Resaltamos la utilización del gradiente vertical de la gravedad para detectar lineamientos tectónicos y cuencas sedimentarias relacionadas a variaciones de densidad con alta resolución y a una escala regional en base a modelos de globales de gravedad. La utilización de prismas esféricos con densidad constante para aproximar las masas topográficas permite alcanzar una mayor precisión en el efecto topográfico calculado.

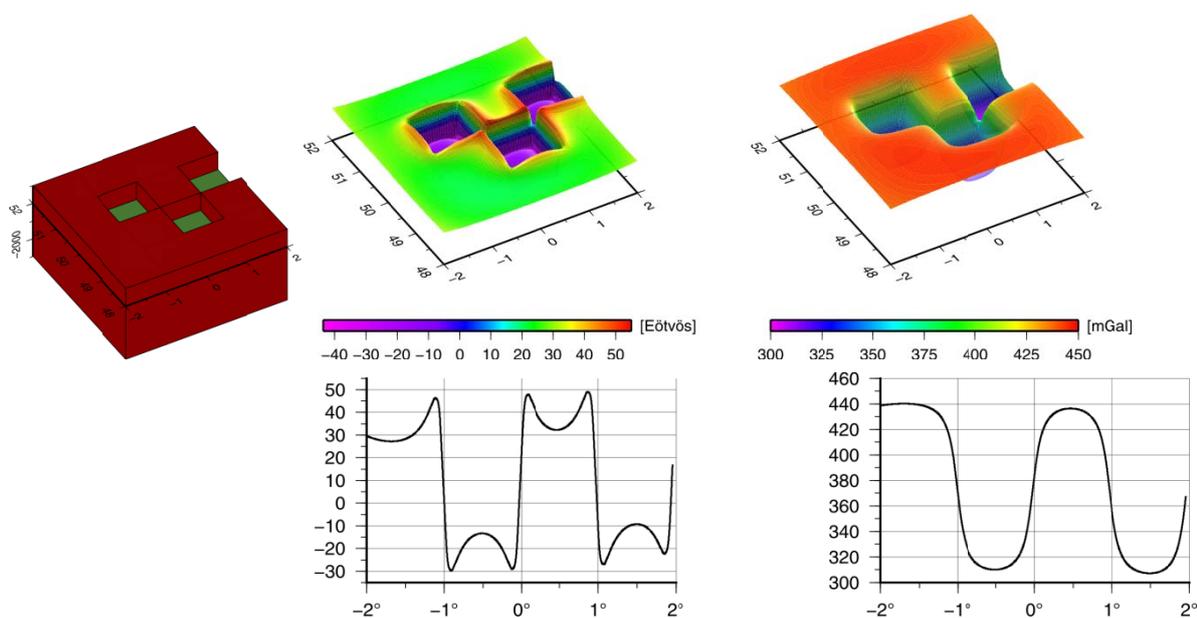


Figura 1: *Sup-Izq.*) Modelo sintético de tres cuencas con un contraste de densidad de  $0,37 \text{ g/cm}^3$ . *Sup-Centro.*) Gradiente vertical de la gravedad ( $T_{zz}$ ). *Sup-Der.*) anomalía de gravedad ( $G_a$ ) generados utilizando el modelo sintético. El  $T_{zz}$  resalta mejor la localización de la zona de contacto entre los diferentes cuerpos (*Inf-Izq.*) mientras que la  $G_a$  presenta una pendiente más suavizada (*Inf-Der.*).

- Álvarez O., Giménez M. y Braitenberg C. 2013. Nueva metodología para el cálculo del efecto topográfico para la corrección de datos satelitales (2013). Revista de la Asociación Geológica Argentina. 70 (4): 499-506
- Álvarez, O., Gimenez, M., Braitenberg, C. y Folguera, A. 2012. GOCE satellite derived gravity and gravity gradient corrected for topographic effect in the South Central Andes region. Geophysical Journal International, 190(2): 941-959.
- Barthelmes, F. 2009. Definition of functionals of the geopotential and their calculation from spherical harmonic models theory and formulas used by the calculation service of the (ICGEM). Scientific Technical Report STR09/02. GFZ German Research Centre for Geosciences, Postdam, Germany.
- Bouman, J., Ebbing, J. y Fuchs, M. 2013. Reference frame transformation of satellite gravity gradients and topographic mass reduction. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 118(2), 759-774. DOI: 10.1029/2012JB009747
- Braitenberg, C., Mariani, P., Ebbing, J. y Sprlak, M. 2011. The enigmatic Chad lineament revisited with global gravity and gravity-gradient fields. In: Van Hinsbergen, D.J.J., Buiter, S.J.H., Torsvik, T.H., Gaina, C. y Webb, S.J. (eds.) The Formation and Evolution of Africa: A Synopsis of 3.8 Ga of Earth History. Geological Society, London, Special Publications, 357, 329-341, doi:10.1144/SP357.18.
- Hofmann-Wellenhof, B. y Moritz, H. 2006. Physical Geodesy 2da ed.: 286p, Springer Wien, New York.
- Molodensky, M.S., Eremeev, V.F. y Yurkina, M.I. 1962. Methods for study of the external gravity field and figure of the earth. Israel Program of Scientific Translations, 248p.
- Pail, R., Bruinsma, S., Migliaccio, F., Förste, C., Goiginger, H., Schuh, W., Höck, E., Reguzzoni, M., Brockmann, J., Abrikosov, O., Veicherts, M., Fecher, T., Mayrhofer, R., Krasbutter, I., Sansò, F. y Tscherning, C. 2011. First GOCE gravity field models derived by three different approaches. Journal of Geodesy, 85: 819-843.
- Pavlis, N.K., Holmes, S.A., Kenyon, S.C. y Factor, J.K. 2012. The development and evaluation of the Earth Gravitational Model 2008 (EGM2008), Journal of Geophysical Research, 117, B04406, doi: 10.1029/2011JB008916.
- Uieda, L., Ussami, N. y Braitenberg, C.F. 2010. Computation of the gravity gradient tensor due to topographic masses using tesseroids. Eos Trans. AGU, 91(26), Meet. Am. Suppl., Abstract G22A-04.