

Estudio del margen oriental de la península Antártica a partir de datos gravimétricos y magnéticos

Study of the eastern margin of the Antarctic Peninsula based on gravimetric and magnetic data

Carmen Rey-Moral¹, Fernando Bohoyo¹, María Druet¹, Alexander Golynsky² y Jesús Galindo Zaldívar³

¹ Instituto Geológico y Minero de España (IGME). c/ La Calera s/n., 28760, Madrid. Spain c.rey@igme.es; f.bohoyo@igme.es; m.druet@igme.es.

² VNIIOkeangeologia, All-Russian Scientific Research Institute for Geology and Mineral Resources of the World Ocean, St.-Petersburg, Russia. sasha@vniio.nw.ru.

³ Departamento de Geodinámica. Universidad de Granada. Campus de Fuentenueva s/n. Granada. Spain. jgalindo@ugr.es.

ABSTRACT

The Antarctic Peninsula, mainly composed of igneous and metamorphic rocks, was separated from South America during the opening of the Drake Passage from the Oligocene, as part of the Mesozoic-Cenozoic Andean orogenic belt. It was formed by processes related to the subduction of Pacific Ocean floor at its western margin, still active northwards of the Hero fracture zone, where the Bransfield backarc basin was developed. The eastern margin is less known due to its inaccessibility and is described as a continental passive margin gradually in transition to the Weddell Sea ocean floor. The modelling of 2 magnetic and gravimetric profiles shows [1] that the eastern margin of the Antarctic Peninsula depicts a progressively thinning of the upper crust towards the SE, [2] a remarkable sediment thickness changes, and [3] basaltic dikes related to the western edge of the Weddell Sea.

Key-words: Antarctic Peninsula, satellite gravity data, magnetic data, geophysical modelling, crustal structure.

RESUMEN

La península Antártica, constituida fundamentalmente por rocas ígneas y metamórficas, forma parte del cinturón orogénico andino de edad mesozoico-cenozoica, y fue separada de Sudamérica tras la apertura del paso de Drake desde el Oligoceno. La península está formada por procesos relacionados con la subducción de la corteza oceánica del Pacífico en su margen occidental, que aún hoy es activa al NE de la zona de fractura Hero, dando lugar a la formación de la cuenca de trasarco de Bransfield. El margen oriental es el menos conocido por su inaccesibilidad, es de tipo pasivo y se caracteriza por una plataforma continental extensa con un tránsito gradual hacia el dominio oceánico del mar de Weddell. La modelización de 2 perfiles magnéticos y gravimétricos indica [1] que la estructura cortical presenta un adelgazamiento progresivo de la corteza hacia el SE, [2] una gran variación del espesor de sedimentos y [3] la existencia de una zona de diques basálticos asociada al borde occidental del mar de Weddell.

Palabras clave: península Antártica, gravimetría satelital, datos magnéticos, modelación geofísica, estructura cortical.

Geogaceta, 67 (2020), 99-102
ISSN (versión impresa): 0213-683X
ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 25/06/2019
Fecha de revisión: 17/10/2019
Fecha de aceptación: 22/11/2019

Introducción

La península Antártica (Fig. 1) está constituida fundamentalmente por rocas ígneas y metamórficas, forma parte del cinturón orogénico andino de edad mesozoico-cenozoica y se separó de Sudamérica tras la apertura del paso de Drake que comenzó en el Oligoceno. El margen occidental, de tipo activo convergente, está compartimentado por los procesos de subducción de la corteza oceánica de la antigua placa Phoenix. En el extremo septentrional, y limitada al sur por la zona de fractura Hero, la subducción es aún activa, con una fosa bien desarrollada y la cuenca de trasarco de Bransfield, que separa el bloque continental de las Shetland del Sur de la península. El margen oriental, menos conocido por su inaccesibilidad, es del tipo pasivo y se caracteriza por una plataforma continental extensa con un tránsito gradual hacia el dominio oceánico del mar de Weddell.

La modelización e interpretación conjunta de datos magnéticos y gravimétricos, aéreos y de satélite respectivamente, constituye una de las disciplinas geofísicas básicas para estudiar áreas de difícil acceso o cubiertas de hielo, como es el caso del límite oriental de la península Antártica. La modelización de dos perfiles 2D ha permitido caracterizar la estructura profunda de este margen.

Campos potenciales

El mapa gravimétrico de anomalía de Bouguer (BGI, <http://bgi.omp.obs-mip.fr/data-products/Gravity-Databases/Land-Gravity-data>; Bonvalot *et al.*, 2012) con paso de malla de 3500 m, muestra sobre la península Antártica (PA, Fig. 2A) y el estrecho de Bransfield (EB, Fig. 2A) anomalías gravimétricas de gran amplitud y corta longitud de onda que ponen

de manifiesto la compleja estructuración del margen occidental de la península Antártica. Sobre la PA la presencia de un gran casquete de hielo genera anomalías gravimétricas de gran amplitud (100-150 mGal) y longitud de onda de 40-60 km. Hacia el este y sureste, los bajos gradientes en las anomalías gravimétricas muestran una transición gradual hacia el dominio oceánico del mar de Weddell (MW).

El mapa de anomalías magnéticas del campo magnético total (ADMAP-1, Golynsky *et al.*, 2001), con un paso de malla de 2000 m, muestra las dos ramas de la Anomalía del Margen Pacífico (Pacific Margin Anomaly, PMA), situándose la más meridional entre el estrecho de Bransfield y la península Antártica (EB y PA, Fig. 2B) marcando el valor de anomalía magnética más elevado de toda la zona (~300 nT). Sobre el mar de Weddell (MW, Fig. 2B) se observa una

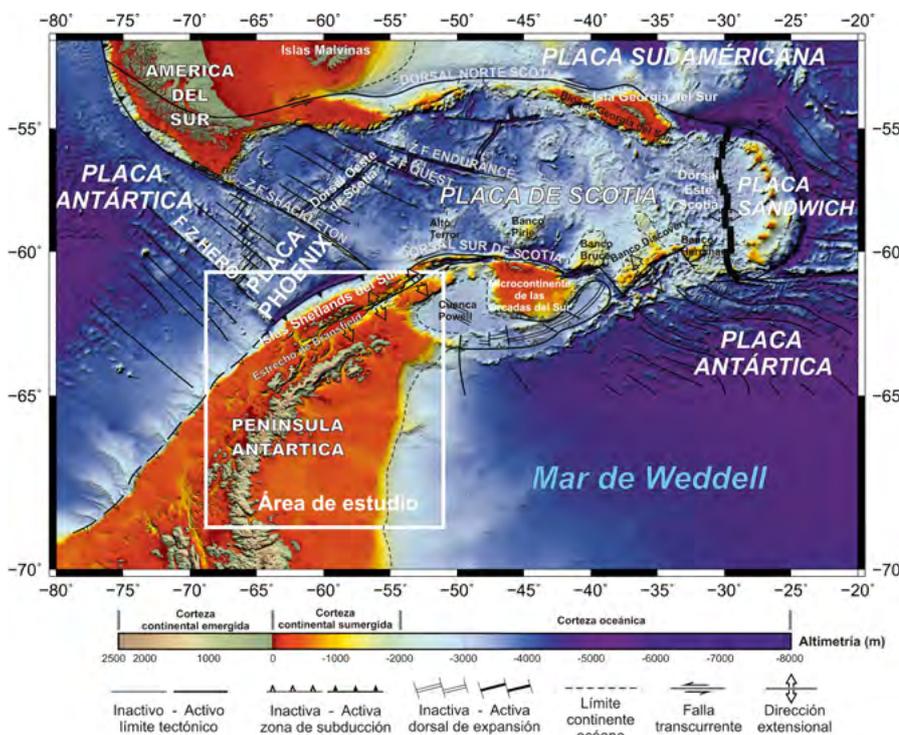


Fig. 1.- Contexto geográfico de la península Antártica. Ver figura en color en la web.
 Fig. 1.- Geographic setting for the Antarctic Peninsula. See color figure in the web.

zona de baja señal magnética seguida de un alto magnético marginal (AMM, Fig. 2B) que refleja la presencia de rocas magnéticas y un posible alto del basamento. Además, en el sector suroriental

se intuyen anomalías magnéticas que podrían estar relacionadas con la apertura del fondo oceánico (LaBrecque y Ghidella, 1997).

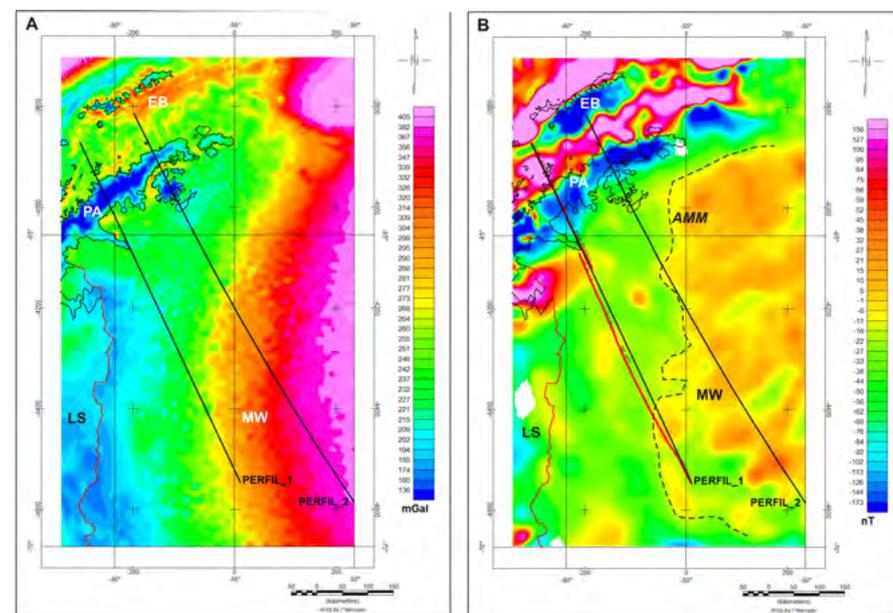


Fig. 2.- A) Anomalia de Bouguer y B) anomalia magnética del margen oriental de la península Antártica. Se superpone la traza de los dos perfiles modelizados. En trazo negro continuo la línea de costa de la península Antártica, islas Shetlands y el límite de la banquisa de hielo Larsen (LS, en rojo). En el mapa de anomalia magnética (B) se señala la línea de vuelo magnético utilizada en la modelización del perfil 1, línea roja (Golynsky, A., com. personal). PA: península Antártica; EB: estrecho Bransfield; MW: mar de Weddell. AMM: alto magnético marginal. Ver figura en color en la web.
 Fig. 2.- A) Bouguer and B) magnetic anomaly of the eastern margin of the Antarctic Peninsula. The coastline of the Antarctic Peninsula and Shetlands Islands is overly in black and Larsen shelf in red (LS). In the magnetic anomaly map (B) it is marked the airborne magnetic line (in red) used during modelling of P1 (Golynsky, A., personal com.). PA: Antarctic Peninsula; EB: Bransfield Strait; MW: Weddell Sea. AMM: magnetic high. See color figure in the web.

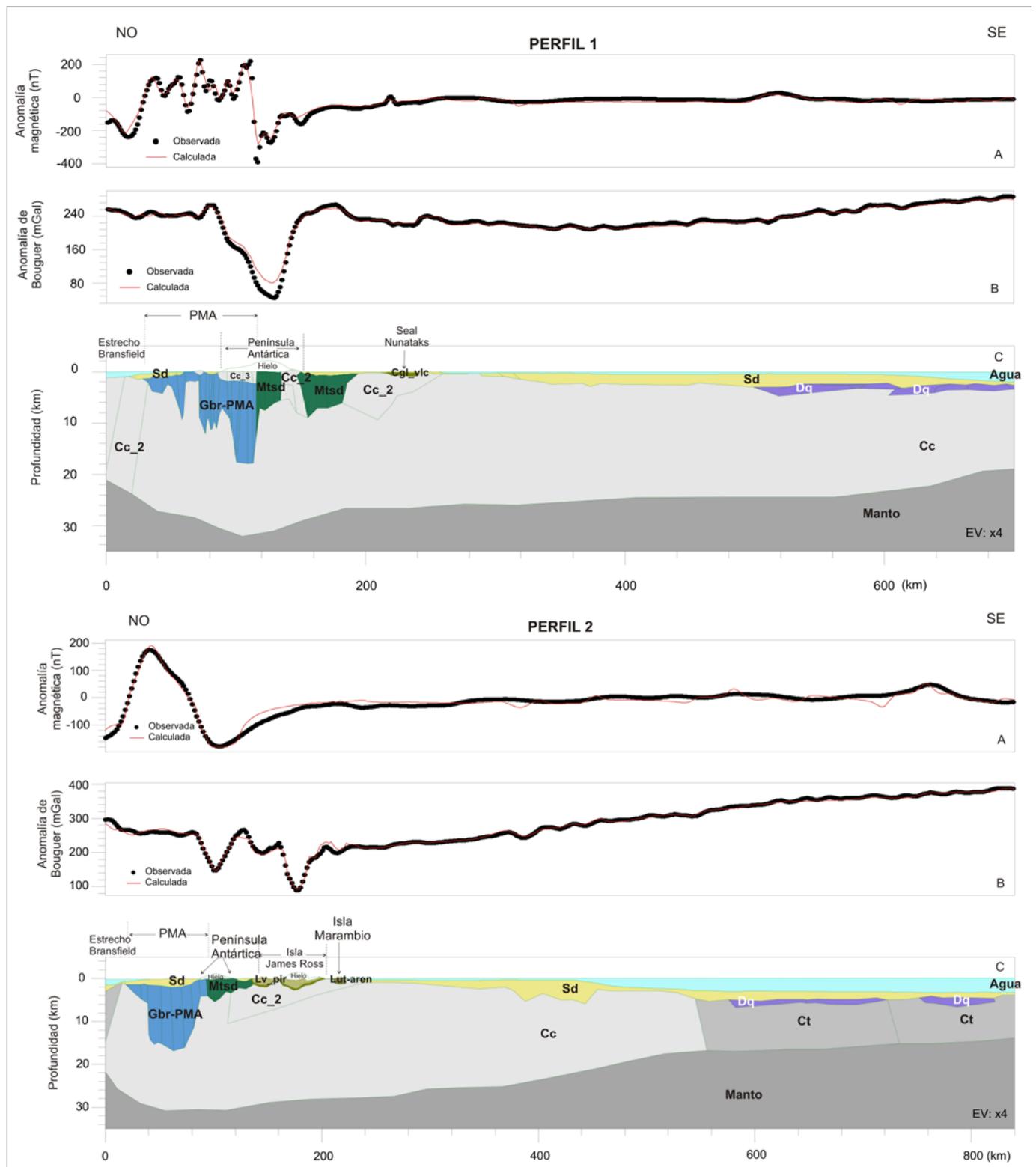
Modelización gravimétrica y magnética

Para la modelización magnética y gravimétrica en 2D (no se han extendido transversalmente debido a la poca información de subsuelo) se ha utilizado el software GM-SYS (Geosoft©). Los datos de anomalía de Bouguer proceden del BGI (Bonvalot *et al.*, 2012), mientras que los datos de anomalía magnética corresponden a las líneas de vuelo A87_9b y ICG1_JKB2b_P5U5Ha (Golynsky, A., com. personal) para el perfil 1 y a los datos de la malla de ADMAP-1 (Golynsky *et al.*, 2001) para el perfil 2. Los valores de densidad y susceptibilidad magnética (tabla en Fig. 3) se han extraído de los trabajos de Yegorova *et al.* (2011), Yegorova y Bakhmutov (2013) y Ferris *et al.* (2000).

El perfil 1, de orientación NNO-SSE (Figs. 2 y 3), muestra una serie de anomalías magnéticas de corta longitud de onda y gran amplitud entre los kilómetros 0 y 120, punto donde alcanza la mayor amplitud (600 nT).

Este importante conjunto de anomalías magnéticas se asocia a la existencia de gabros y otras rocas plutónicas de carácter básico (dioritas, gabros y gabrodioritas, Gbr-PMA en Fig. 3) de la PMA, cuyos valores de susceptibilidad magnética se sitúan entre 0,02 y 0,07 SI.

Estos cuerpos pueden alcanzar una profundidad de 20 km (Yegorova *et al.*, 2011). Entre los kilómetros 100 y 200 del perfil se ha interpretado una unidad de metasedimentos (esquistos y pizarras) de baja susceptibilidad y elevada densidad (Mtsd en Fig. 3). Entre estos cuerpos se modelizan algunos bloques de corteza continental, compuesta por rocas ígneas y metamórficas (de menor densidad) que corresponderían al basamento. A partir del kilómetro 500 del perfil, algunas anomalías magnéticas de pequeña amplitud (20-30 nT) se han interpretado como cuerpos cuya geometría sería una simplificación de un conjunto de diques basálticos (Dq en Fig. 3), que estarían asociados al alto magnético marginal (AMM, Fig. 2B) que adopta la forma de meseta extendida a lo largo de más de 100 km (Ghidella *et al.*, 2013). Por otro lado, el ajuste de los datos de anomalía de Bouguer nos permite especular sobre el límite corteza continental-manto hasta los 32 km de profundidad bajo la península Antártica y con un ligero adelgazamiento hacia el



UNIDAD GEOLÓGICA	DENSIDAD (kg/m ³)	SUSCEPTIBILIDAD (SI)
Hielo	915	0
Agua	1030	0
Sedimentos (Sd)	2300-2500	0,00001
Diques (Dq)	2800-2900	0,05-0,12
Lava-piroclastos (Lv_pir)	2500	0,00001
Lutitas-arenas-areniscas (Lut-aren)	2200	0,00001-0,02
Metasedimentos (Mtsd)	2850-2900	0,00001-0,03
Gabros-PMA (Gbr-PMA)	2800-3000	0,02-0,07
Corteza continental (Cc)	2670	Cc=0,01 Cc_2=0,00001
Corteza de transición (Ct)	2800	0,01-0,02
Manto	3300	0,01

Fig. 3.- Modelo magnético-gravimétrico para los perfiles 1 y 2. A) Valor del campo magnético total (Magnitud: 38254,21 nT; Declinación: 11,12°; Inclinación: -57,21°) con los valores de anomalía observada (puntos) y calculada (línea continua), B) Valor de anomalía de Bouguer observada (puntos) y calculada (línea continua), C) Modelo magnético-gravimétrico. Las propiedades petrofísicas de los cuerpos modelados se describen en la tabla adjunta. Ver figura en color en la web.

Fig. 3.- Magnetic and gravimetric modelling of profiles 1 and 2. A) Total magnetic field (Field strength: 38254.21 nT; Declination: 11.12°; Inclination: -57.21°) (observed anomaly, black dots. Calculated anomaly, black line). B) Bouguer anomaly (observed anomaly, black dots. Calculated anomaly, black line). C) Magnetic-gravimetric model. Petrophysical properties are described in the table. See color figure in the web

sureste. Sobre la península Antártica se sitúa un casquete de hielo de hasta 2 km de espesor (Davies *et al.*, 2012), con una densidad de 915 kg/m³. Las variaciones en la anomalía de Bouguer de corta longitud y amplitud de onda a partir del kilómetro 200 se asocian a la variación en el espesor del relleno sedimentario de las cuencas (Sd en Fig. 3) de la plataforma continental.

En el perfil 2, de orientación NNO-SSE y paralelo al anterior (Fig. 3) la importante anomalía magnética está asociada a los gabros de la PMA (Gbr-PMA), mientras que hacia el sureste se han interpretado también como cuerpos caracterizados por la intrusión de diques en buena continuidad con los ya interpretados en el perfil 1. La anomalía de Bouguer aumenta su valor hacia el sureste asociada a la existencia de una corteza de transición más densa (Ct en Fig. 3, 2800 kg/m³) y de menor espesor (apenas alcanza los 10 km en el extremo sureste del perfil). Los mínimos gravimétricos relativos más importantes se asocian a la capa de hielo sobre la península Antártica (kilómetros 80 a 150 en perfil 1 y puntualmente en torno al km 100 y km 180 en el perfil 2, Fig. 3), a los afloramientos volcánicos de la isla James Ross y a las lutitas, arenas y areniscas de Marambio (Montes *et al.*, 2013). La variación en el espesor de los cuerpos sedimentarios (Sd en Fig. 3), de hasta 3 km, tiene su reflejo en las variaciones de pequeña amplitud en la curva de anomalía de Bouguer.

Conclusiones

La modelización magnética y gravimétrica conjunta de dos perfiles sobre la península Antártica y su margen oriental nos ha permitido:

1. Dibujar la geometría en profundidad de las rocas plutónicas de carácter básico (dioritas, gabros y gabrodioritas), que componen la *Pacific Margin Anomaly* (PMA), así como de las islas de James Ross y Marambio.
2. Especular sobre el espesor cortical en el margen oriental, donde apenas existen datos de sísmica. A partir del meridiano -54° O se ha interpretado una corteza de transición (densidad 2800 kg/m³) que se prolongaría más allá de los -50° O.
3. Mostrar las variaciones del espesor sedimentario, alcanzando en algunos lugares hasta 3 km.
4. Interpretar la existencia de una zona de diques basálticos asociados al alto magnético del mar de Weddell.
5. Calcular que el casquete de hielo, de unos 2000 m de espesor, supone una anomalía de ~70-80 mGal.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado en el marco de los proyectos TASMANDRAKE CTM2014-60451-C2-1/2 y TASDRACC CTM2017-89711-C2-1/2. Los autores agradecen las correcciones de los revisores que con sus interesantes sugerencias han ayudado a mejorar este artículo.

Referencias

- Bonvalot, S., Balmino, G., Briais, A., Kuhn, M., Peyrefitte, A., Vales N., Biancale, R., Gabalda, G., Reinquin, F. y Sarrailh, M. (2012). *World Gravity Map*. Commission for the Geological Map of the World. Eds. BGI-CGMW-CNES-IRD, Paris.
- Davies, B.J., Hambrey, M.J., Smellie, J.L., Carrivick, J.L. and Glasser, N.F. (2012). *Quaternary Science Reviews* 31, 30-66.
- Ferris, J.K., Vaughan, A.P.M. y Storey, B.C. (2000). *Earth and Planetary Science Letters* 178, 215-230.
- Ghidella, M.E., Zambrano, O.M., Ferraccioli, F., Lirio, J.M., Zakrajsek, A.F., Jordan, T.A. y Ferris, J. (2013). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 70 (4), 564-576.
- Golynsky, A.V., Morris, P., von Frese, R. y el grupo ADMAP (2001). *ADMAP - Magnetic anomaly map of the Antarctic, 1:10.000.000 scale map*. BAS (Misc) 10. Cambridge, British Antarctic Survey.
- LaBrecque, J.L. y Ghidella, M.E. (1997). *Journal of Geophysical Research* 102, 7929-7946.
- Montes, M., Nozal, F., Santillana, S., Marensi, S. y Olivero, E. (2013). *Mapa Geológico de la isla de Marambio (Seymour) 1:20.000. 1ª edición. Serie Cartográfica Geocientífica Antártica. Con texto complementario*. Instituto Geológico y Minero de España; Buenos Aires-Instituto Antártico Argentino.
- Yegorova, T. y Bakhmutov, V. (2013). *Tectonophysics* 585, 77-89.
- Yegorova, T., Bakhmutov, V., Janik, T. y Grad, M. (2011). *Geophysical Journal International* 184, 90-110.