

# Estudio Geofísico de una Estructura Volcánica en el Mar de Scotia (Antártida) y Flexión Litosférica.

Diego Martín Jiménez

Máster en Geofísica y Meteorología

**Abstract.** La mayoría de los montes submarinos son de origen volcánico. Estas estructuras han demostrado ser de gran utilidad para el estudio de la flexión de la litosfera. Este trabajo se centra en el estudio de una estructura volcánica localizada en la cuenca Oeste del Mar de Scotia, Placa de Scotia, entre Sudamérica y la Antártida. El objetivo principal de este trabajo es crear modelos de la estructura superior de la litosfera y caracterizar la flexión de la misma debida a la carga de la estructura volcánica (EV). Para ello se han utilizado datos de batimetría, anomalías de gravedad, anomalías magnéticas y sísmica de reflexión. La EV deforma la litosfera siguiendo un modelo de flexión de placa continua, obteniéndose valores bajos para el espesor elástico de la litosfera (entre 1 y 4 km). Por otra parte también se ha encontrado que la EV ha sido formada al menos en dos periodos distintos de polaridad del campo magnético terrestre. Finalmente se asocia su formación a la corriente superficial del manto procedente del Pacífico. Además, la EV actúa de barrera para las corrientes de agua profunda que componen la Corriente Circumpolar Antártica.

**Abstract.** Most of the seamounts are volcanic origin, and they have been very useful for the studies of the flexure of the lithosphere. This research focuses on a volcanic structure (VS) study, which is located on the West Scotia Sea Basin, Scotia Plate, between South America and Antarctica. The main objective of this study is to create models of the upper structure of the lithosphere and characterize its flexure. Bathymetry, gravity anomalies, magnetic anomalies and seismic reflection data have been used in order to reach the objective. The VS lithosphere deforms in a pattern of continuous bending plate, obtaining low values for the elastic thickness of the lithosphere (between 1 and 4 km). Moreover it has also been found that the EV has been formed at least in two different periods of the Earth's magnetic field polarity. Finally their formation is associated with the surface mantle current from the Pacific. In addition, the VS acts as a barrier to deep water currents that make the Antarctic Circumpolar Current.

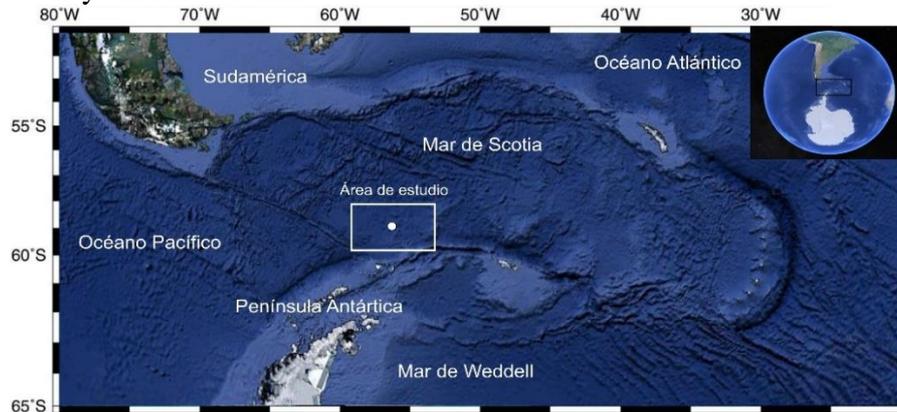
**Keywords:** Mar de Scotia, estructura volcánica, campos potenciales, flexión litosférica.

## 1. INTRODUCCIÓN.

El fondo marino está caracterizado por una gran cantidad de montes submarinos, la mayoría de ellos de origen volcánico. Estos montes submarinos e islas oceánicas están asociadas a varios marcos tectónicos, sin embargo, la gran mayoría de ellos se encuentran en el interior de las placas tectónicas, estas estructuras han demostrado ser de gran utilidad para el estudio de la flexión de la litosfera, así como responsables de la flexión de la misma (Watts y Brink, 1989; Watts, 1994; Watts et al., 2006).

La placa de Scotia, entre Sudamérica y la Antártida, es una de las placas tectónicas de la Tierra más interesantes debida a su complejidad y número de estructuras que la conforman. En este marco se encuentra la estructura volcánica (EV) en la cual se centra el trabajo, cuyo estudio aportará nuevos conocimientos a la dinámica de una de la zona, nunca antes realizados. El área de estudio se encuentra en la cuenca Oeste del Mar de Scotia, concretamente en la parte sur-occidental (Fig. 1). Procesos geodinámicos y oceanográficos tienen lugar en esta zona relacionados con la separación de Sudamérica y la Antártida y la consecuente apertura del Paso del Drake además de la existencia del flujo de una corriente mantélica dirección Este procedente del Pacífico (Martos et al., 2014) y el paso de la Corriente Circumpolar Antártica (ACC) (Livermore et al., 2007) que serán también analizados y relacionados.

El objetivo principal de este trabajo es crear modelos de la estructura superior de la litosfera, caracterizar la flexión basada en el modelo de placa elástica y calcular el espesor elástico ( $T_e$ ). Para ello se ha utilizado el análisis de las anomalías gravimétricas combinado con métodos de cálculo. Esto se combinará con más métodos geofísicos como la batimetría 3D procedente de la ecosonda multihaz la cual permitirá dimensionar la EV, el estudio de anomalías magnéticas, que aportarán información sobre la formación de la EV y su cronología, y la sísmica multicanal que servirá para identificar las características del basamento y los sedimentos.



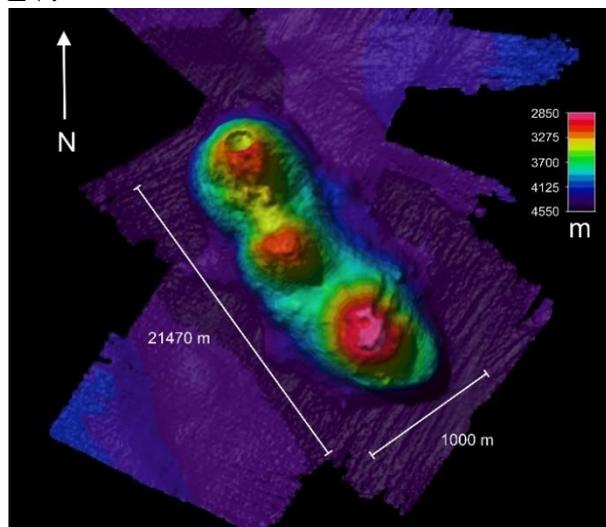
**Figura 1.** Localización del área de estudio enmarcada en el recuadro de color blanco. El punto blanco indica la posición de la estructura volcánica. Parte superior derecha, localización global del área.

## 2. METODOLOGÍA.

Para el estudio de EV (Fig. 2) se han utilizado datos de gravedad, campo magnético, batimetría y sísmica procedentes de dos campañas de geología y geofísica marina, SCAN 2008 y SCAN 2013 así como datos de gravedad derivados de satélite (Sandwell y Smith, 2009).

Estos datos se han tratado para obtener las anomalías gravimétricas y magnéticas, y poder desarrollar los modelos correspondientes. Todos los datos han sido procesados con el software OASIS Montaj®, y además para los datos de multihaz se usó el software Fledermaus®.

Los perfiles de gravedad de satélite, gravedad local y campo magnético tienen dirección SO-NE cortando transversalmente a EV y dirección NO-SE cortando longitudinalmente a EV.



**Figura 2.** Visión en planta de la estructura volcánica, EV.

## 2.1 Datos Magnéticos.

Una vez elegidos los datos con los que se va a trabajar se realiza la corrección por variación diurna,  $C_{VD}$ , la cual consiste en eliminar la influencia del sol en las medidas de campo magnético. Con esta corrección se consigue tener el valor real de F medido por el sensor marino,  $CM_{obs}$ , sin tener en cuenta las perturbaciones de origen externo. De esta manera es posible el cálculo de la anomalía magnética (1),  $A_{mag}$ , substrayendo a este valor corregido el obtenido por el modelos de campo teórico principal IGRF,  $CM_{teo}$ .

$$A_{mag} = (CM_{obs} + C_{VD}) - CM_{teo} \quad (1)$$

## 2.2 Datos Gravimétricos.

En primer lugar se corrigen los datos por errores en la deriva instrumental. En segundo lugar hay que tener en cuenta una serie de correcciones para obtener las anomalías. Las dos principales de deben al efecto de la diferencia de altitud en la toma de medida y a la variación de densidad. En este trabajo se modeliza a partir de la anomalía de aire libre:

$$A_{AL} = g_{obs} - g_{teo} + C_{AL} (mGal) \quad (2)$$

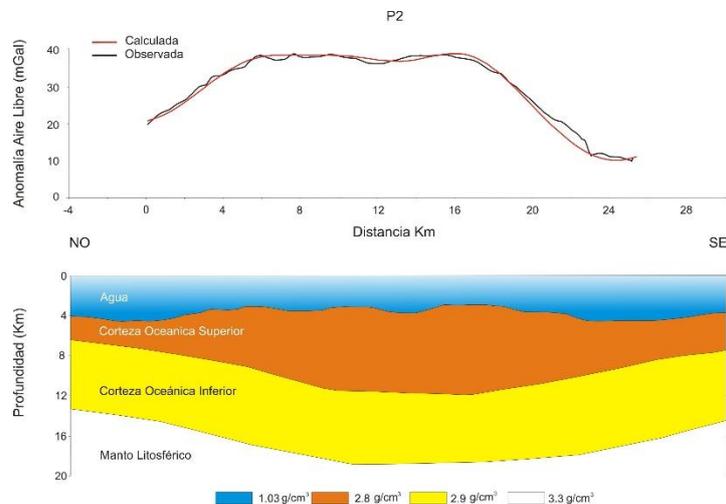
donde  $g_{obs}$  es la gravedad observada, la  $g_{teo}$  es la gravedad teórica y  $C_{AL} = +(0.3086h)(mGal)$  es la corrección de Aire Libre, donde h representa la altura en metros sobre el nivel del mar.

## 3. MODELOS Y CARACTERIZACIÓN DE LA FLEXIÓN.

En el presente trabajo se han desarrollado diferentes modelos generados a partir de las anomalías gravimétricas con el objetivo de obtener la estructura de la litosfera superior. También se ha modelizado las anomalías magnéticas para determinar la polaridad del fondo oceánico. Para ambas modelizaciones se ha hecho uso del programa GRAVMAG (Pedley et al., 1993). Por último se ha caracterizado la flexión y calculado  $T_e$  mediante dos métodos de cálculo diferentes basados en el modelo de placa elástica.

### 3.1 Modelo Estructura Superior de la Litosfera.

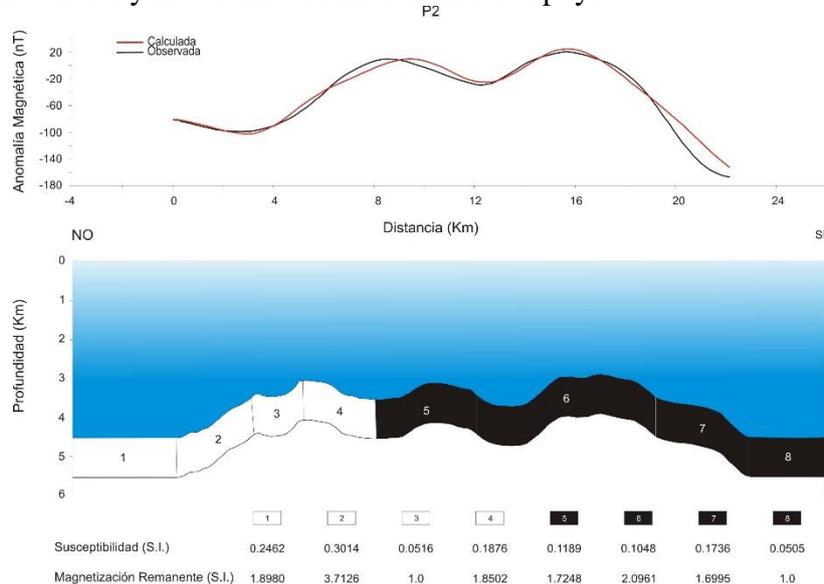
El modelo elegido para representar la respuesta de una carga (EV) en la litosfera superior se muestra en la Figura 3. En él se aprecia un buen ajuste entre las señales calculada y observada, tanto en amplitud como en longitud de onda. También se observa un engrosamiento de la corteza bajo la EV, además se aprecia un hundimiento de la batimetría y como tiende a subir en los laterales.



**Figura 3.** Modelo de estructura superior de la litosfera obtenido a partir de los datos locales de gravedad y considerando modelo de flexión de placa continua para el perfil P2.

### 3.2 Modelo de Campo Magnético.

En la modelización magnética (Fig. 3), la parte superior de la corteza se representa como una banda dividida para ajustar los valores de susceptibilidad y magnetización remanente. El color blanco y negro indica la inclinación del campo magnético, negro para la inclinación normal ( $-53,73^\circ$ ) y blanco para la inversa ( $126,27^\circ$ ). Este cambio incluye el cono volcánico norte y la corteza oceánica donde se apoya.



**Figura 3.** Modelo magnético del Perfil P2.

### 3.3 Caracterización de la Flexión.

Se han utilizado dos procedimientos diferentes para caracterizar la flexión litosférica: el primero, a partir del modelo superior de la litosfera y con las ecuaciones del modelo de placa elástica se pudo medir el hundimiento de la base de la litosfera, el bulge, el parámetro flexural y  $T_e$  (Turcotte y Schubert, 2002). En el segundo mediante el método de comparación entre señal observada y calculada se ha podido estimar el  $T_e$  (Watts, 2001). El RMS menor corresponde al  $T_e$  que mejor ajusta las dos señales. A través de ambos métodos se obtienen valores bajos de  $T_e$  (1 y 4 km respectivamente).

## 4. DISCUSIÓN.

La modelización de la gravedad ha mostrado que la litosfera oceánica se encuentra flexionada debido a la carga que supone EV. Los valores de  $T_e$  derivados del modelo de estructura superior de la litosfera y del método de comparación de las señales de gravedad calculada y observada se apoyan entre sí y son congruentes con el tamaño de la EV, el parámetro flexural y otros casos existentes en la Tierra como Rapa, McDonald y Maupiti en la Polinesia Francesa (Calmat y Cazenave, 1986).

El modelo de campo magnético ha servido como complemento para caracterizar la EV, indicando que se ha formado en diferentes periodos de campo magnético terrestre, en una zona de intraplaca y a consecuencia de la actividad de un punto caliente posiblemente asociado a la corriente del manto proveniente del Pacífico, en dirección Este, que pasa bajo de la estructura (Martos et al., 2014).

El análisis del perfil sísmico ha mostrado la deformación del basamento hacia la EV y ha aportado más datos acerca de la edad relativa de la EV. Probablemente EV se originó en una edad cercana a la edad de la corteza del lugar (C6B: 22 Ma) ya que los

sedimentos se encuentran depositados no están deformados, sino que se disponen paralelos entre sí. Por otra parte, también se ha podido relacionar la ACC y su control en la sedimentación de la zona, así como su deflexión a causa de la presencia de la EV la cual actúa como una barrera para esta corriente oceánica.

## 5. CONCLUSIONES.

En este estudio realizado de EV a través de los diferentes datos geofísicos se extraen las siguientes conclusiones principales. La batimetría ha permitido conocer la forma del volcán y sus dimensiones así como comprobar que existe un hundimiento en la zona de la EV. Los datos de gravedad de satélite no son útiles para describir la estructura debido a la resolución que presentan. La modelización de los datos de anomalía de campo magnético indica dos posibilidades de formación de la EV a partir de un punto caliente en al menos dos periodos de diferente polaridad del campo magnético terrestre. El perfil sísmico muestra la deformación del basamento hacia EV y los sedimentos que se observan indican que la edad de formación de la EV es muy próxima a la edad de formación de la corteza. Los modelos de estructura de la litosfera revelan un hundimiento máximo de la base de la litosfera flexionada de 8 km bajo EV y una elevación del fondo oceánico (bulge) de 345,6 m en las áreas contiguas al hundimiento, y a una distancia de 20 km. Con los diferentes métodos de cálculo se obtienen unos valores de  $T_e$  de 1 km y 4 km aproximadamente, acordes con la carga y la posición de EV. La EV se comporta como una barrera para la circulación de corrientes de agua profunda, la cual controla los procesos de sedimentación.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a los datos adquiridos en las campañas de geología y geofísica marina SCAN2008 y SCAN2013.

## REFERENCIAS

1. Calmat, S. y Cazenave, A., 1986. The effective elastic lithosphere in the Pacific Ocean: Earth Planet.
2. Livermore, R., Hillenbrand, C. D., Meredith, M., y Eagles, G., 2007. Drake Passage and Cenozoic climate: an open and shut case?. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 8(1).
3. Martos, Y. M., Galindo-Zaldívar, J., Catalán, M., Bohoyo, F. y Maldonado, A., 2014. Asthenospheric Pacific-atlantic flow barriers ad West Scotia Ridge extinction. *Geophysical Research Letters*, VOL. 41, 43–49, doi:10.1002/2013GL058885. *Sci. Lett.*, v. 85, pp. 277-288.
4. Pedley, R. C., J. P. Bubsby, y Dabek, Z. K., 1993. GRAVMAG 1.7. (2.5 D), versión 1.5.
5. Sandwell, D. T. y Smith, W. H. F., 2009. Global marine gravity from retracked Geosat and ERS-1 altimetry: Ridge Segmentation versus spreading rate, *J. Geophys. Res.*, 114, B01411, doi:10.1029/2008JB006008.
6. Turcotte, D.L. y Schubert, G., 2002. *Geodynamics*, second edition. Cambridge University Press, Cambridge, England. 456 pp.
7. Watts, A.B. y ten Brink, U. S., 1989. Crustal structure, flexure and subsidence history of the Hawaiian Islands, *Jour. Geophys. Res.*, 94, 10,473-10,500.
8. Watts, A. B., 1994. Crustal structure, gravity anomalies and flexure of the lithosphere in the vicinity of the Canary Islands, *Geophys. J. Int.* 119: 648-666.
9. Watts, A. B., 2001. *Isostasy and Flexure of the Lithosphere*, University of Oxford. DOI: 10.2277/0521006007.
10. Watts, A. B., Sandwell, D. T., Smith, W. H. F. y Wessel P., 2006. Global gravity, bathymetry, and the distribution of submarine volcanism through space and time, *J. Geophys. Res.*, 111, B08408.