

Respuesta Gravimétrica y Magnética Regional de la dorsal del océano atlántico y la pluma mantelar en Islandia

Karen, N. Mentado¹ y Mariano Arnaís-Rodríguez^{2*}

¹ karenmentado@gmail.com

² marianoarnaiz@gmail.com

* marianoarnaiz@gmail.com

RESUMEN

Realizamos un estudio gravimétrico y magnético regional en el océano Atlántico Norte, específicamente en la región de Islandia. Nuestro objetivo fue estudiar la estructura cortical asociada a la interacción de la dorsal Atlántica y la pluma mantelar de Islandia. Los datos gravimétricos se utilizaron de la base de datos de la INSTITUCIÓN SCRIPPS DE OCEANOGRAFÍA, UC SAN DIEGO y los datos magnéticos del planeta Rejilla de Anomalía Magnética (resolución de 2 minutos de arco) de la ADMINISTRACIÓN NACIONAL OCEÁNICA Y ATMOSFÉRICA. Se calcularon las continuaciones analíticas hacia arriba con diferentes distancias para poder observar el comportamiento general de la zona. Se aplicó un filtro Butterworth de las anomalías gravimétricas y magnéticas con el fin del estudio la respuesta residual-regional de estas estructuras. Se verificó la posición de la pluma mantelar debajo del glaciar Vatnajökull avalado por otros estudios

Palabras Clave: gravimetría, magnetometría, punto caliente, pluma mantelar, , Islandia.

ABSTRACT

We carried out a regional magnetic and gravimetric study in the North Atlantic Ocean, specifically in the region of Iceland. Our objective was to study the cortical structure associated with the interaction between the Atlantic ridge and the mantelar plume of Iceland. The gravimetric data are used to the database of the INSTITUTION SCRIPPS DE OCEANOGRAPHY, UC SAN DIEGO and the magnetic data of the planet Magnetic Anomaly Grid (resolution of 2 minutes of arc) of the OCEANIC AND ATMOSPHERIC NATIONAL ADMINISTRATION. The analytical continuations were calculated upwards with different distances in order to observe the general behavior of the area. Applied a Butterworth filter of gravimetric and magnetic anomalies in order to study the residual-regional response of these structures. The position of the mantelar feather was verified under the Vatnajökull glacier endorsed by other studies.

Keywords: gravimetry, magnetometry, hot spot, mantelar plume, Iceland.

INTRODUCCIÓN

SECRETARÍA DE LAS JORNADAS.

Coordinación de Investigación .Edif. Física Aplicada. Piso 2. Facultad de Ingeniería.

Universidad Central de Venezuela. Ciudad Universitaria de Caracas. 1053

Telf.: +58 212-605 1644 | <http://www.ing.ucv.ve>

Islandia se encuentra a horcajadas sobre el eje de la dorsal medio atlántica entre las Placas eurasiáticas y norteamericanas. El límite de dichas placas está marcado por zonas de grietas de 50 a 100 km de ancho. La ubicación de Islandia le da, en de muchas maneras, un rol único en el estudio de los procesos que tienen lugar en el ridge del océano medio. Si la expansión del fondo oceánico se lleva a cabo de la manera prevista por la tectónica de placas, entonces Islandia debe dividirse. La evidencia geológica de tal proceso es sugerente, pero las opiniones aún están divididas sobre si es concluyente o no, en lo que respecta a Islandia. En cualquier caso, el proceso probablemente sería más complicado allí que en los segmentos submarinos contiguos al norte y al suroeste de Islandia [1]. Esto se visualiza el prominente alto topográfico de Islandia (Figura 1).

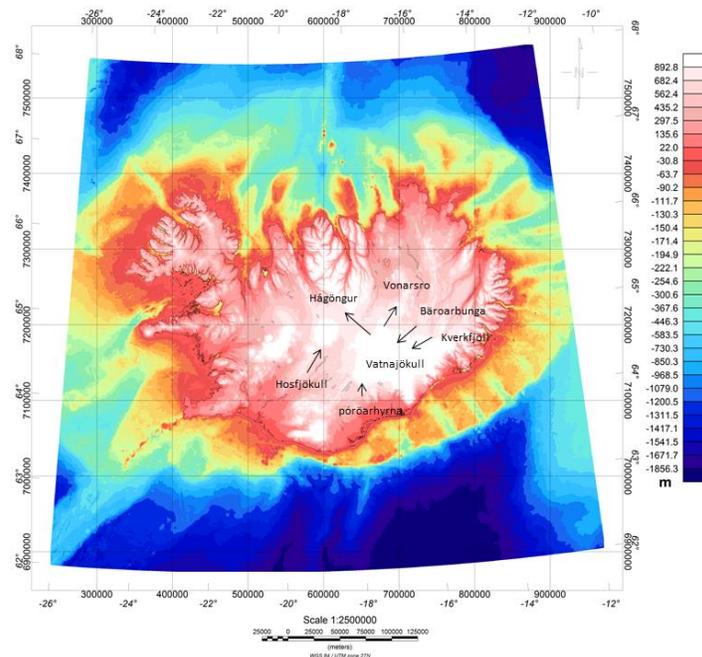


Figura 1. Mapa topográfico en la zona de estudio y ubicación de zonas de vulcanismo.

En las dorsales oceánicas, en la expansión del fondo del océano se genera hacia arriba flujo de roca del manto caliente debajo del ridge. Este flujo genera magma como resultado de descompresión adiabática [2]

Entonces, los puntos calientes son áreas anómalas de vulcanismo de superficie que no se pueden asociar directamente con procesos tectónicos de placas [3]. Por otra parte, los puntos calientes son lugares en donde se calienta la corteza a nivel local y la actividad volcánica asociada está confinado a un área relativamente estrecha, generalmente menos de 500 km de diámetro, que construye una región aproximadamente de forma ovalada [4]. A menudo se propone que los puntos calientes pueden estar relacionados con la actividad volcánica en regiones mucho más amplias, es decir, grandes provincias ígneas. Las zonas activas colocan su marca en la placa con un rastro de ubicaciones pasadas de su vulcanismo, llamado un sendero o pista de punto de acceso (ridge

asísmico o una cadena volcánica). El volcanismo de la zona activa es principalmente basáltico en los océanos, pero una mezcla de riolita y basalto en los continentes.

Por ende, realizamos un estudio gravimétrico y magnético regional en el océano Atlántico Norte, específicamente en la región de Islandia, localizada entre las coordenadas de 62° a 68° de latitud norte y a -26° a -12° de longitud (Figura 1). Nuestro objetivo fue estudiar la interacción de la dorsal Atlántica y la pluma mantelar de Islandia.

METODOLOGÍA

Los datos gravimétricos utilizados pertenecen a la base datos del Scripps Institution Of Oceanography de la universidad de California, San Diego (UC San Diego, EEUU) [5]. Las estaciones gravimétricas se obtuvieron en forma de mallado espaciadas a un minuto de arco entre ellas, delimitadas al norte con una latitud de 80,738N y hacia el sur 80,738 de latitud, referenciadas al geode WGS84 con una resolución de 0,0167 [6]. Fueron extraídos 720441 estaciones de gravedad en forma de anomalía de aire libre y con los datos de topografía correspondientes a cada una de ellas comprendidas en la ventana de estudio. Con estos datos se realizaron los cálculos de corrección de Bouguer y corrección topográfica definidos por los estándares de Arnaiz-Rodríguez y Garzón. Para la corrección de Bouguer se utilizó como densidad de reducción en continente de 2670 kg.m³ y para el mar de 1670 kg.m³ a un nivel de referencia de 0 m.s.n.m, adicionalmente se calculó de forma independiente la corrección para los glaciares presentes en la zona de estudio, con una densidad de reducción de 900 kg.m³, para ello se realizó la separación de los datos gravimétricos correspondientes a los glaciares en la región de Islandia, posteriormente se adicionaron a la ventana de estudio total.

Por otra parte, la corrección topográfica se realizó en el software Oasis Montaj v.7.1 [7]; el cual calcula las correcciones del terreno usando una combinación del método descrito por [8], [9], [10] A partir de estos cálculos se determinó la anomalía de Bouguer de la ventana de estudio y se generó un mapa del mismo (Figura 2).

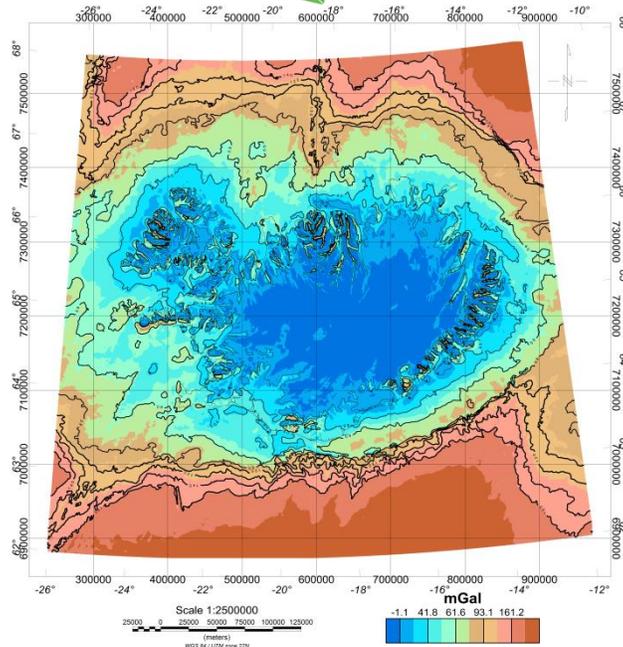


Figura 2. Mapa de anomalía de Bouguer de la región de Islandia con densidad de reducción en continente 2.670 kg/m³, en los glaciares de 900 kg/m³ y en el mar de 1.670 kg/m³ a un nivel de referencia de 0 m.s.n.m

Posteriormente se usó la herramienta de filtro Butterworth que se aplica en el dominio de la frecuencia usando diferentes parámetros a través de Geosoft Oasis Montaj, con un grado de función del filtro de 8 y número de onda central de 0,009, para obtener la respuesta residual de la anomalía gravimétrica (Figura 3).

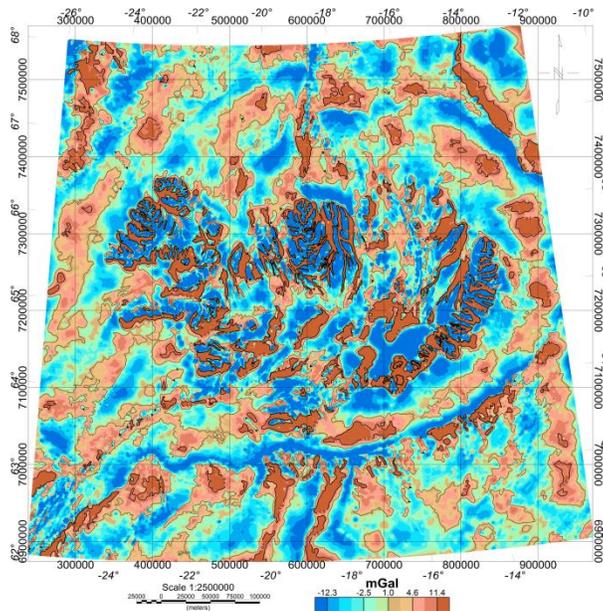


Figura 3. Mapa de anomalía de Bouguer Residual. Está dominada por el centro de gravedad de Islandia que tiene un mínimo entre Baröarbunga y Kverkfjöll

Para evaluar la tendencia regional de la zona de estudio y analizar la respuesta gravimétrica de la pluma mantelar, se utilizó el método de continuación analítica hacia arriba del campo gravimétrico (Figura 4). La continuación analítica hacia arriba tiende a acentuar las anomalías causadas por fuentes profundas a expensas de anomalías causadas por fuentes poco profundas [11] Se realizaron continuaciones analíticas de a) 10, b) 20, c) 30, d) 80, e) 100 y f) 150 km.

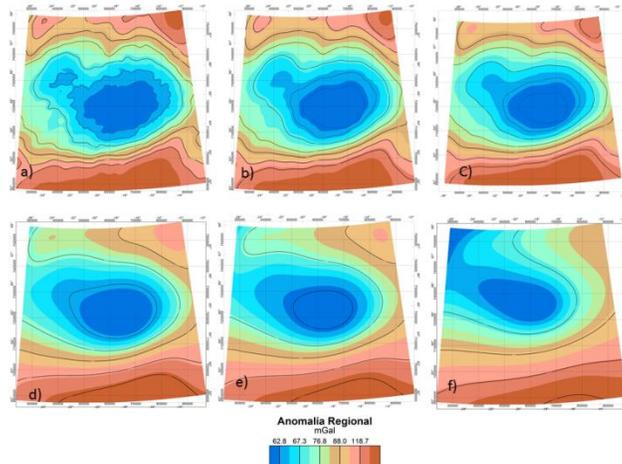


Figura 4. Continuaciones analíticas del campo hacia arriba en la zona de estudio: a) 10, b) 20, c) 30, d) 80, e) 100, f) 150 km, respectivamente.

Los datos magnéticos se extrajeron de la base de datos del Earth Magnetic Anomaly Grid, con una resolución de dos arcos por minuto, el cual consiste en compilar las mediciones magnéticas satelitales, donde las altitudes de la anomalía están al nivel del mar en las regiones oceánicas y 4000 m por encima de las regiones continentales. La ventana de estudio comprende 298067 estaciones magnéticas, con las cuales se realizó un mapa de anomalías magnéticas (Figura 5).

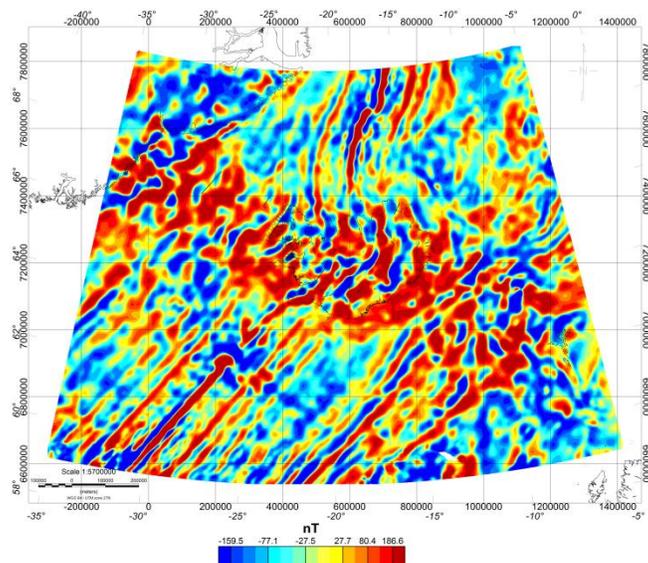


Figura 5. Mapa de anomalías Magnéticas de Groenlandia-Islandia-Faroe

Seguidamente se realizó un filtrado butterworth a dichas anomalías, para visualizar la tendencia regional de la dorsal de la dorsal atlántica que atraviesa la isla, con un número de onda de 0,01 con una función del filtro de 4. (Figura 6)

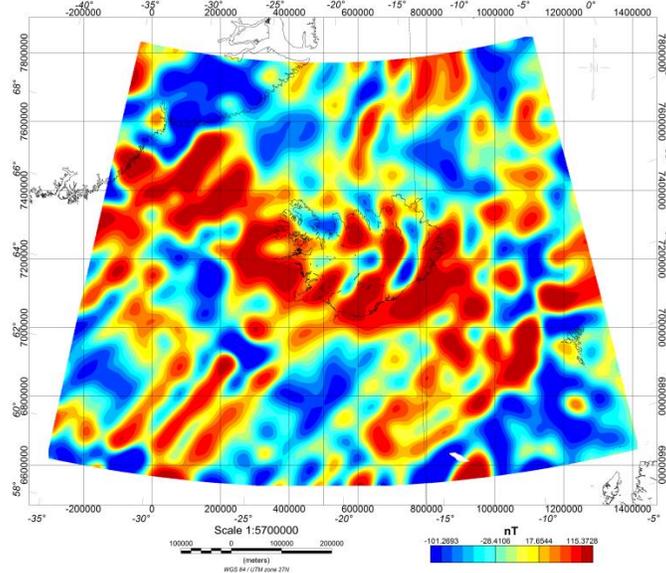


Figura 6. Mapa de anomalías magnéticas regionales de Groenlandia-Islandia-Faroe. Indica el comportamiento de la dorsal del atlántico norte como máximos magnéticos, y describe la actividad volcánica en Islandia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el mapa de Anomalía de Bouguer (Figura 2), se visualiza un variado contraste de densidades, en donde los valores de anomalía de Bouguer se encuentran en un intervalo de 200 mGal a -1 mGal aproximadamente, con los valores máximos hacia el norte y al sur característico de corteza oceánica del atlántico norte, y en continente se muestra una fuerte anomalía negativa que se debe a un déficit de masa que se relaciona con la flexión de la litosfera oceánica que puede asociarse a la carga que ejercen los glaciares en Islandia y por la carga de sedimentos por intrusiones ígneas debido a la alta actividad volcánica en la isla. La característica dominante de la anomalía de Bouguer es un mínimo prominente que coincide con la presunta ubicación del centro de la pluma. Esto permite deducir que la anomalía es causada por un cuerpo puntual y vertical, que coincide con que la anomalía causada es por una corriente ascendente boyante de un cuerpo en forma de cilindro [12].

En el mapa de anomalías de Bouguer Residual (Figura 3) los valores de anomalía de Bouguer oscilan entre 12 mGal y -12.5 mGal. En este caso la anomalía de bouguer está dominada por el centro de gravedad de Islandia que tiene un mínimo entre Baröarbunga y Kverkfjölls (al sur de Vatnajökull) se encuentran superpuestos y alrededor, se encuentran los altos de gravedad asociados a los volcanes. Sin embargo un nivel bajo de gravedad poco claro puede estar asociado con Póroärhyrna al este de Vatnajökull. Una característica interesante de este mapa, es que el campo de gravedad conecta dos volcanes que pertenecen al mismo sistema volcánico, estos son Vonarskaro y Hagörgur .

En la Figura 4, se aprecia un mosaico de imágenes que representa la tendencia regional de la zona de estudio a través de seis mapas que indican la continuación hacia arriba del campo a 10, 20, 30, 80, 100 y 150 km de altura respectivamente. En las imágenes se visualiza una respuesta negativa que se asocia a la respuesta de flexión de la litosfera en Islandia y es aún más fuerte la respuesta asociada a la pluma mantelar. En los primeros 30 km la respuesta es de forma ovalada y se extiende de oeste a este en la ventana de estudio; a partir de los 80 km, empieza a atenuarse la respuesta hacia el oeste y finalmente a los 150 km esta desplazada totalmente hacia el noroeste de la ventana de estudio, que se asocia particularmente al desplazamiento de la provincia ígnea, durante la formación de la pluma mantelar; concentrándose un mínimo gravimétrico de 50 mGal en las coordenadas de latitud de $65,5^{\circ}\text{N}$ y de -19° de longitud, que representa la respuesta gravimétrica de la pluma mantelar debajo de Vatnajökull.

Por otra parte, con los datos magnéticos, se determinó las anomalías magnéticas ilustrada en la Figura 5. Los datos de anomalía magnética aparecen como patrones regulares de franjas dentro del dominio de la corteza oceánica, pero en continente (Groenlandia-Islandia-Faröe) son irregulares y caóticos. Se considera que esto es el resultado de volcanismo subaéreo y de áreas repetidamente activas a través del tiempo que interactúan con la topografía de los flujos preexistentes [11]. Esto se complica aún más con saltos de grietas frecuentes y la erosión.

Las anomalías magnéticas de la zona de estudio presenta cuplas magnéticas en continente que se asocian a la ubicación de los anticlinales [13].

Se realizó un estudio para evaluar la tendencia regional magnética de la zona de estudio (Figura 6) con un intervalo de 116 nT a -100 T, en donde prevalece el comportamiento de la dorsal Atlántica representado por un máximo de 115 nT a lo largo de la ventana que atraviesa el centro de la Isla. Por otra parte, están presentes tres mínimos magnéticos alrededor de la dorsal en Islandia que se asocian a los mínimos encontrados en la respuesta gravimétrica residual (Figura 3) aunque, de una forma más alargada y desplazados hacia el norte. Hacia Groenlandia es baja la respuesta gravimétrica y con un punto de respuesta magnética intermedia alrededor de 18 nT, que se puede asociar al extinto punto caliente de hace unos 40 m.a.

La anomalía magnética nos permite inferir, en la región continental de Islandia, que todos los mínimos magnéticos están asociados a un enjambre de fisuras volcánicas de toda la isla. Dichas fisuras tienen una extensión entre 5 y 20 km de ancho y se encuentran a nivel cortical, ya que el mapa de anomalías regionales prevalece la respuesta de la dorsal atlántica y solo se visualiza la respuesta del sistema principal de volcanes.

CONCLUSIONES

Posterior al estudio gravimétrico y magnético de la región de Islandia, se puede concluir:

Islandia es la estructura más anómala a lo largo del todo el Océano Atlántico Ridge en términos de alta topografía y espesor de la corteza. Es un punto de fusión y punto de acceso, y ha sido concurrente con la apertura del Norte Océano Atlántico por 56-61 Ma.

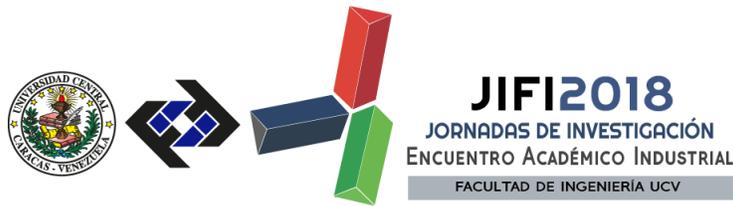
La pluma mantelar responsable de la actividad volcánica en Islandia se encuentra hacia el sur de Islandia debajo del glaciar Vatnajökull, en las coordenadas de latitud de 65,5°N y de -19° de longitud.

Las anomalías magnéticas aparecen como patrones regulares de franjas dentro del dominio de la corteza oceánica, pero en continente (Groenlandia-Islandia-Farøe) son irregulares y caóticos, esto es debido al vulcanismo subáreo y la actividad volcánica activa periódicamente que interactúan con la topografía generada posteriormente a dichas actividades volcánicas.

Las cuplas magnéticas presentes en la zona, se asocian a la presencia de anticlinales

REFERENCIAS

- [1] Pálmason, G. y Saemundsson, K. 1974. *Iceland in relation to the Mid-Atlantic Ridge. Earth Planet Sci.* 1974(2):25-50.
- [2] Morgan, W. 1971. *Convection plumes in the lower mantle. Nature*, 230: 42 – 43.
- [3] Turcotte, D.L., and Schubert, G. 2001. *Geodynamics, 2nd ed. Cambridge University Press, New York*, 456p.
- [4] Bjarnason, I.P. (2008). *An Iceland hotspot saga. Institute of earth Sciences, University of Iceland.*
- [5] Sandwell, D.T., and Smith, W.H.F. 2009. *Global marine gravity from retracked Geosat and ERS-1 altimetry: Ridge Segmentation versus spreading rate. Journal of Geophysical Research:* 114: B01411, doi:10.1029/2008JB006008.
- [6] Arnaíz-Rodríguez, M.S., y Garzón, Y. 2012. Anomalías gravimétricas del caribe. *Interciencias*, 37(3): 172-182.
- [7] Geosoft Inc. 2007. Oasis Montaj. En <http://www.geosoft.com/products/oasis-montaj>.
- [8] Kane, M.F. 1962. *A comprehensive system of terrain corrections using a digital computer. Geophysics*, 27:455-462.
- [9] Nagy, D. 1966. *The gravitational attraction of a right rectangular prism. Geophysics*, 31: 362-371.
- [10] Hammer, S. 1939. *Terrain corrections for gravimeter surveys. Geophysics*, 9: 184-194.
- [11] Foulger et al., 2001. *Seismic tomography shows that upwelling beneath Iceland is confined to the upper mantle. Geophys. J. Int.* 146:504-530.



[12] Hjartarson, A., Erlendsson, Ö y Blischke, A. 2018. *The Grennland_Iceland-Faroe Ridge Complex*. *Geological society*. 447: 127-148.

[13] Gaina, C., Nasuti, A., Kimbell, G.S. & Blischke, A. 2017. *The NE Atlantic Region: A Reappraisal of Crustal Structure, Tectonostratigraphy and Magmatic Evolution*. *Geological Society, London*. 447(1):128-145.

SECRETARÍA DE LAS JORNADAS.

Coordinación de Investigación .Edif. Física Aplicada. Piso 2. Facultad de Ingeniería.
Universidad Central de Venezuela. Ciudad Universitaria de Caracas. 1053
Telf.: +58 212-605 1644 | <http://www.ing.ucv.ve>