

Estudio aeromagnético de la estructura interna de los volcanes Villarrica y Quetrupillán (Andes del Sur, Chile)

Francisco Delgado*

Departamento de Geofísica, Servicio Nacional de Geología y Minería, SERNAGEOMIN, Santiago, Chile

*E-mail: francisco.delgado@sernageomin.cl

Resumen. La re-interpretación de un levantamiento aeromagnético regional permite determinar la estructura interna de los volcanes Villarrica y Quetrupillán. El volcán Villarrica presenta una gran anomalía magnética bajo él, la cual sería producida por un cuerpo a 2 km de profundidad, mientras que el volcán Quetrupillán se ubica sobre un conjunto de varias anomalías generadas por cuerpos cercanos a 1 km de profundidad. Las anomalías serían producidas por intrusivos subvolcánicos que alimentan a ambos volcanes, los cuales se pueden asociar con erupciones formadoras de calderas (en el caso del Villarrica), o con actividad postcaldera (para el Quetrupillán). Pese a la cercanía de ambos centros eruptivos, y a la presencia de la estructura Villarrica - Lanín, las diferentes anomalías magnéticas y su distribución espacial sugieren que la evolución de ambos sistemas volcánicos es independiente, sin que existan sistemas magmáticos comunes.

Palabras Claves: aeromagnetismo, anomalías magnéticas, Volcán Villarrica, Volcán Quetrupillán

1 Introducción

El método aeromagnético es una herramienta poderosa en el estudio de los estratovolcanes de composición basáltica, debido a la gran presencia de magnetita y magnetización remanente en las rocas emitidas por ellos (Roperch y Chauvin, 1997), razón por la que constituye un método útil en el estudio de la estructura interna de los estratovolcanes. La gran presencia de magnetita en rocas máficas hace que los volcanes de esa composición presenten fuertes señales magnéticas, las cuales serían producidas por complejos intrusivos (Blanco-Montenegro et al., 2003, 2011), cuya geometría, orientación estructural y composición constituye una evidencia fundamental para la comprensión de mejor forma de la dinámica evolutiva de este tipo de volcanes (Blanco-Montenegro et al., 2007).

La facilidad con la que se adquiere la información aeromagnética permite estudiar de forma simple volcanes adyacentes unos de otros y comparar si existen diferencias magnéticas asociadas a la distinta evolución magmática de ambos edificios, y si todas las etapas evolutivas de un edificio volcánico tienen un registro geofísico asociado. Para corroborar lo anterior, se han escogido los volcanes Villarrica y Quetrupillán, cercanos, pero con marcadas diferencias evolutivas (Moreno et al., 1994). La evolución del Volcán Villarrica (Clavero y Moreno, 2004) ha sido

descrita en tres etapas, con dos erupciones formadoras de calderas anidadas, un posterior colapso de la parte central del edificio volcánico y la formación del actual cono eruptivo. En cambio, el volcán Quetrupillán habría tenido cuatro etapas eruptivas, con dos calderas anidadas y una marcada tendencia bimodal (Pavez, 1997). La cercanía y compleja evolución de ambos volcanes los hacen casos ideales de estudio.

2 Metodología y resultados

Los datos utilizados corresponden a un levantamiento aeromagnético realizado en 1997 (Ugalde y Díaz, 1998), con líneas de vuelo de dirección NW-SE espaciadas cada 2 km, y a una altura nominal de 300 m sobre la superficie. Los datos fueron procesados de acuerdo a procedimientos estándar (Luyendyk, 1997) para obtener la anomalía de campo total (diferencia entre campo magnético medido y un modelo de referencia). Luego, el uso de herramientas estándar de filtrado en el dominio de la frecuencia, de métodos automáticos para el cálculo de profundidades (Blakely, 1996) y el uso de modelos en 2,5D y en 3D con remanencia magnética (Blakely 1996; Li y Oldenburg, 1996) facilitan la interpretación y permiten obtener la geometría interna de los edificios volcánicos

A escala regional, los datos aeromagnéticos (Ugalde et al., 1997; Lara et al., 1997) muestran dipolos de alta intensidad magnética y asimétricos. En general estas anomalías tienen magnetización remanente con polaridad normal, y están concentradas en el dominio Cordillera de los Andes (de 60 km de ancho), asociados a sistemas volcánicos e intrusivos. Las anomalías tienen, en general, orientación NW-SE, interpretadas como estructuras de basamento, sin patrones claros que puedan sugerir la presencia del sistema de fallas Liquiñe-Ofqui.

A escala de los edificios volcánicos, los volcanes Villarrica y Quetrupillán se emplazan sobre un conjunto de anomalías magnéticas de dirección NW-SE coincidentes con la estructura Villarrica - Quetrupillán - Lanín. El Villarrica tiene una anomalía asimétrica con una amplitud de 1500 nT a 2 km de profundidad aproximadamente, y de casi 20 km de diámetro, mientras que el Quetrupillán tiene en su parte S una anomalía con una dipolaridad menos clara, de 460 nT a 1 km de profundidad, y de 5 km de

diámetro, y que forma parte de un conjunto de señales magnéticas ubicadas en torno al volcán (figura N°1 y 2).

3 Discusión y Conclusiones

La alta intensidad de la anomalía magnética del Villarrica indica la presencia de un intrusivo alimentador con una fuerte remanencia (susceptibilidad magnética de 0,03 SI, razón de Königsberger de 11; Roperch y Chauvin, 1997) y gran volumen bajo este volcán, junto a un cuerpo más pequeño en su parte S, y otros en su flanco E, ambos asociados a conjuntos de conos piroclásticos. En este caso, el gran tamaño de la anomalía magnética, respecto al del edificio volcánico actual, sugeriría que esta señal estaría asociada al intrusivo que se habría formado con la primera erupción formadora de caldera, mayor que los edificios actuales, el cual posiblemente se ha vuelto a fundir con nuevas intrusiones asociadas a erupciones más recientes (Moreno y Clavero, 2006), o bien, podría haber sido amalgamado a lo largo del tiempo por múltiples diques de similares composiciones. A diferencia del anterior, el volcán Quetrupillán tiene asociado un intrusivo principal más pequeño, ubicado en la parte S del cono volcánico, y que podría estar asociado a actividad resurgente post caldera, el cual se encuentra rodeado por otros plutones, de similares dimensiones, y que alimentan a conos piroclásticos. Sin embargo, las anomalías magnéticas de este volcán son mucho más pequeñas que las que se producen por intrusivos posiblemente más antiguos, como el ubicado en su flanco SW.

Pese a que los datos aeromagnéticos muestran un único cuerpo alimentador primario, y múltiples intrusivos asociados a conos piroclásticos, el patrón magnético de ambos volcanes es diferente a nivel de la cantidad, tamaño y forma de las anomalías magnéticas. Además, en estos volcanes la simpleza de las señales magnéticas sugiere que sólo algunos eventos magmáticos tendrían un registro geofísico distintivo, lo que contrasta con otros edificios volcánicos con evoluciones complejas, donde las señales magnéticas dan cuenta de diversos estadios evolutivos (Blanco-Montenegro et al., 2007).

La distribución de las anomalías en ambos volcanes muestra diferentes evoluciones volcanológicas. Así, se concluye que a nivel magnético, la principal diferencia entre ambos sistemas volcánicos está dada por las dimensiones del intrusivo alimentador, lo que podría ser explicado por diferentes tasas de generación y transporte de magma, sugiriendo un menor aporte en el Quetrupillán. Además, la falta de conectividad entre las anomalías permite descartar la presencia de un sistema magmático común, el cual tampoco conectaría al volcán Lanín.

Agradecimientos

Se agradece a la Subdirección Nacional de Geología del SERNAGEOMIN por el permiso para usar la información aeromagnética, y a Jorge Vivallos, Luis Lara, Hernán Ugalde, Pierrick Roperch y Gonzalo Yáñez por los valiosos comentarios.

Referencias

- Blakely, R.J., 1996. *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*. Cambridge University Press.: 441 p. Cambridge.
- Blanco-Montenegro, I.; Tora, J.M.; Garcia, A.; Araña, V. 2003. Analysis and modeling of the aeromagnetic anomalies of Gran Canaria (Canary Islands). *Earth and Planetary Science Letters* 206: 601-616.
- Blanco-Montenegro, I.; De Rittis, R.; Chiappini, M. 2007. Imaging and modeling the subsurface structure of volcanic calderas with high-resolution aeromagnetic data at Vulcano (Aeolian Islands, Italy). *Bulletin of Volcanology* 69: 643-659.
- Blanco-Montenegro, I.; Nicolosi, I.; Pignatelli, A.; Garcia, A.; Chiappini, M. 2011. New evidence about the structure and growth of ocean island volcanoes from aeromagnetic data: The case of Tenerife, Canary Islands. *Journal of Geophysical Research* 116, B03102, doi:10.1029/2010JB007646.
- Clavero, J.; Moreno, H. 2004. Evolution of Villarrica volcano. In *Villarrica Volcano, Southern Andes* (Lara, L., Clavero, J.E.; editores). Servicio Nacional de Geología y Minería, Boletín 61: 17-27.
- Lara, L.; Moreno, H.; Ugalde, H. 1997. Geología de la Cordillera de los Andes entre los 39° y 40°S: nuevos antecedentes. In *Congreso Geológico Chileno*, No. 8, Actas 1: 287-290. Antofagasta.
- Lara, L. 2004. Villarrica-Lanín chain: tectonic constraints for volcanism in a transversal alignment. In *Villarrica Volcano, Southern Andes* (Lara, L.; Clavero, J.E.; eds). Servicio Nacional de Geología y Minería, Boletín 61: 13-16.
- Li, T.; Oldenburg, D. 1996. 3-D inversion of magnetic data. *Geophysics* 61 (2): 394-408.
- Luyendyk, A.P.J. 1997. Processing of airborne magnetic data. *Journal of Australian Geology & Geophysics* 17 (2): 31-38.
- Moreno, H.; López-Escobar, L.; Cembrano, J. 1994. The Villarrica-Quetrupillán-Lanín volcanic chain: a review and probable significance in the Southern Andes, 39,4°S, Chile. In *Congreso Geológico*, No. 7, Actas 1: 339-341. Concepción.
- Moreno, H.; Clavero, J. 2006. Geología del Volcán Villarrica. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, escala 1:50.000, No. 98.
- Pavez, A. 1997. Geología e historia evolutiva del complejo volcánico Quetrupillán, Andes del Sur, 39°S. In *Congreso Geológico Chileno*, No. 8, Actas 2: 1443-1447. Antofagasta.
- Roperch, P., Chauvin, A. 1997. Propiedades magnéticas de las rocas volcánicas de Chile e interpretación de las anomalías magnéticas. In *Congreso Geológico Chileno*, No. 8, Actas 1: 790-794. Antofagasta.

Ugalde, H.; Yáñez, G; Muñoz, J. 1997. Dominios magnéticos en la región de los Lagos, 39°40' – 42°00'S, Chile. In Congreso Geológico Chileno, No. 8, Actas 1: 287-290. Antofagasta.

Ugalde, H.; Díaz, A. 1998. Hojas Valdivia y Pucón. Servicio Nacional de Geología, Carta Magnética de Chile, escala 1:250.000, No. 32-33.

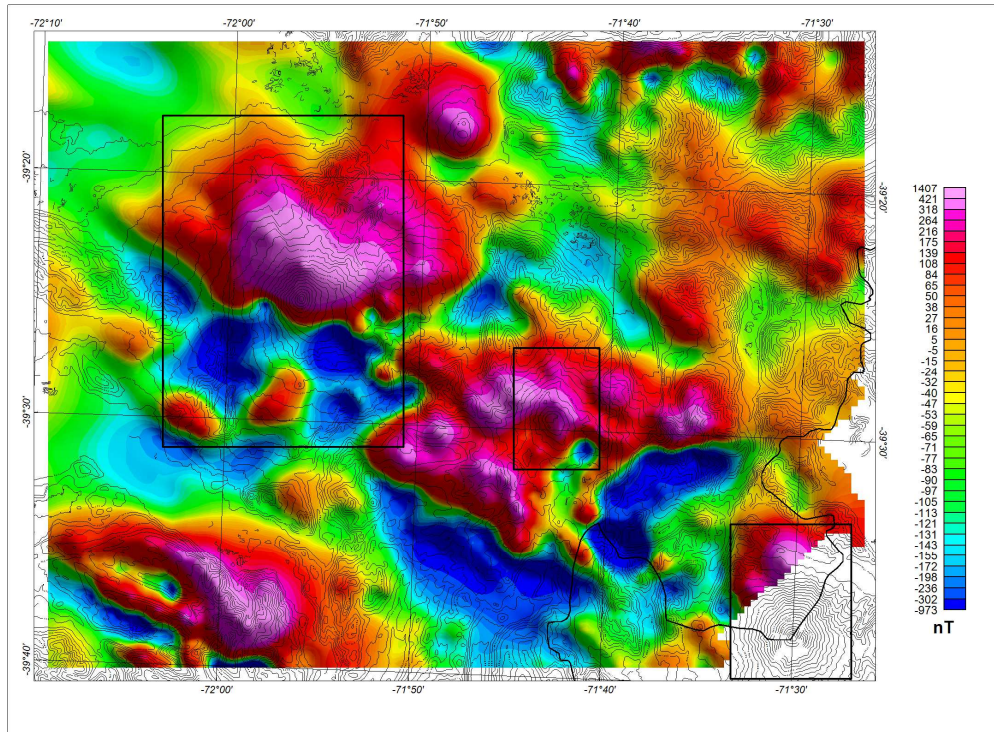


Figura 1. Anomalía de campo total de los volcanes Villarrica y Quetrupillán. Los cuadros negros marcan de izquierda a derecha la ubicación de los volcanes Villarrica, Quetrupillán y Lanín. Topografía SRTM, curvas de nivel 100 m.

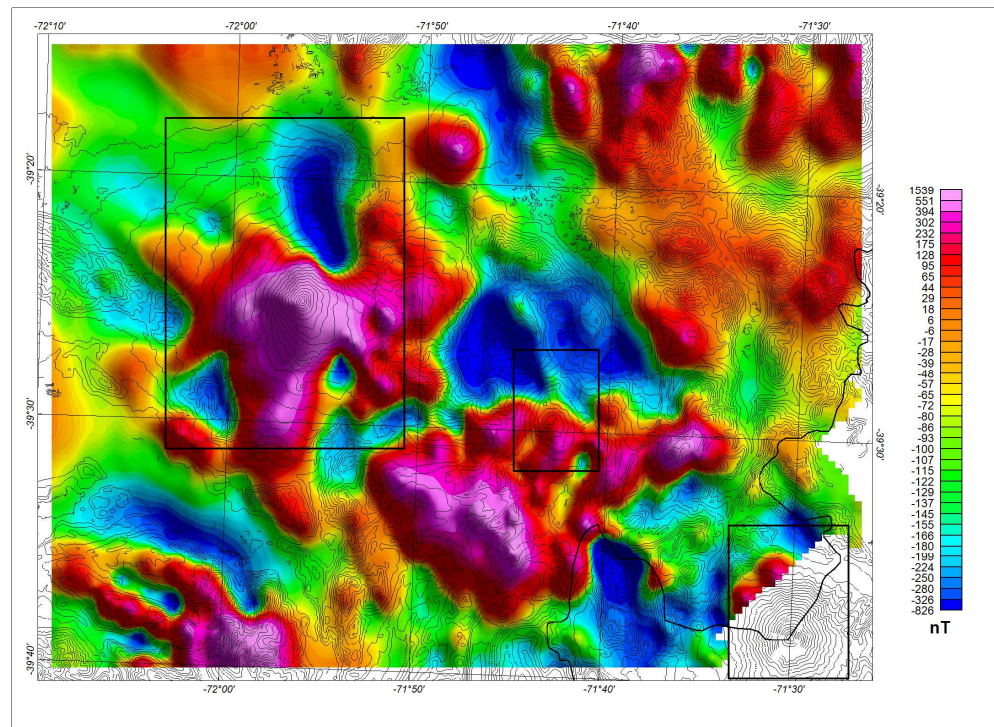


Figura 2. Anomalía de campo total reducida al polo. La simbología es la misma que en la Figura 1. La reducción al polo permite centrar las anomalías magnéticas sobre los cuerpos que las producen, eliminando la dipolaridad de la señal magnética.