

## **Estudio de la hidrogeología del volcán Stromboli (Italia) utilizando la polarización espontánea y la modelización electrocinética**

Esta tesis de master se realizó como parte del master GEOMET de la Universidad de Granada durante el año 2012-2013. Para completar mis conocimientos, tuve la oportunidad de hacer unas prácticas de tres meses desde abril hasta julio de 2013 en el *Centre de Recherche en Environnement Terrestre* (CRET) de la Universidad de Lausanne (UNIL) en Suiza. Este trabajo fue supervisado por Niklas Linde, investigador en la UNIL y Anthony Finizola, investigador del *Laboratorio Géosciences Reunión*. Mi tutor en Granada ha sido Jesús Ibáñez del *Instituto Andaluz de Geofísica*.

En este estudio, aplico métodos geofísicos en particular el método de polarización espontánea (PS) en un volcán: el Stromboli, en las islas Eólicas, en Italia. El objetivo principal es entender los sistemas hidrológico e hidrotermal en este volcán, porque sabemos que el agua tiene un papel importante para poner en marcha algunas erupciones. Por otra parte, queremos someter a prueba el método de polarización espontánea para ver si permite poner de relieve el flujo de agua dentro de un sistema volcánico. Estudios similares fueron realizados por Anthony Finizola entre otros. Publicó su trabajo en 2002, " Fluid circulation at Stromboli volcano (Aeolian Islands, Italy) from self-potential and CO<sub>2</sub>", en el que utiliza los datos de polarización espontánea de 1999 y 2000 con el fin de caracterizar Stromboli. Explica las anomalías positivas de PS por la presencia de un sistema hidrotermal situado debajo de la parte superior activa del Stromboli.

Mi trabajo consiste en seguir el mismo enfoque, pero es diferente por varias razones. En primer lugar, voy a utilizar los datos de polarización espontánea de varios años, tomados en diferentes épocas desde 2002 hasta 2012 en Stromboli. Además, como Finizola, intentaré ver cuál es el origen de la señal PS en el Stromboli, pero con un enfoque más cuantitativo utilizando modelos electrocinéticos. Voy a confiar en su hipótesis de un sistema hidrotermal en Stromboli pero añado la eventualidad de la existencia de dos otras fuentes de generación de PS : el efecto de infiltración vertical del agua de la lluvia (percolación) y su flujo a lo largo de los flancos del volcán.

La primera etapa de mi trabajo es procesar los datos. De hecho, la polarización espontánea es un método relativo, entonces, datos provenientes de diferentes campañas de campo deben ser homogeneizados haciendo correcciones antes de hacer la interpolación. Después de eso, una representación 2D en mapa de PS permitirá identificar las principales anomalías de PS y comparar este mapa con el mapa de 2002 de Finizola. Además, comparo este nuevo mapa de PS con mapas de otros métodos geofísicos a fin de concluir sobre las características geológicas principales del Stromboli. Por eso, me estoy refiriendo al trabajo de Linde et al. (2012), que produjo un modelo de densidad del Stromboli. También utilicé la temperatura, la tomografía eléctrica y el flujo de CO<sub>2</sub> en Stromboli que son datos de Finizola et al. (2002), Finizola et al. (2006), Revil et al. (2011).

Utilizando los datos de polarización espontánea adquiridos durante 11 años, fue capaz de interpolar estos datos para hacer un mapa 2D de PS del Stromboli con el programa Surfer. Se destacan dos principales anomalías negativas de PS en el volcán: el Norte del Stromboli entre la Sciara del Fuoco y Scari con valores de PS hasta -260 mV y la cumbre del volcán: el Pizzo. Fijándose en la señal PS en el flanco Norte, la evolución de la PS en función de la elevación es la evidencia de un flujo de agua del sistema hidrotermal. En la cumbre, los

### **Estudio de la hidrogeología del volcán Stromboli (Italia) utilizando la polarización espontánea y la modelización electrocinética**

valores positivos son el testimonio de la subida de los fluidos hidrotermales. La parte Sur de la isla es distinta, ya que parece inactiva con valores de PS alrededor de 0 mV. Así, el flujo de agua se centra en la parte Norte de Stromboli.

Con el fin de mejorar la hipótesis de un sistema hidrotermal en Stromboli, hago modelizaciones electrocinéticas con el programa Comsol para tres fuentes de agua diferentes entre las cuales hay el sistema hidrotermal. Permiten saber cuál es la señal PS generada según la ubicación de la fuente del flujo, su caudal y comparando con los valores reales de PS, ver cuál es la fuente la más probable. La señal PS producida por un sistema hidrotermal con Comsol da valores de PS entre -350 mV y 0 mV lo que es lo más similar con los datos reales en el flanco Norte ( $-380 \text{ mV} < \text{PS} < 120 \text{ mV}$ ). El flujo de agua de lluvia y la percolación no son suficientes para producir este tipo de señal PS, pero pueden contribuirlo. Entonces, el agua se calienta en profundidad y sube en la parte central del volcán hasta alcanzar la cumbre (el Pizzo). Después, este agua fluiría en el flanco Norte hasta el mar.

Comparando con el trabajo anterior de Anthony Finizola en 2002, vemos similitudes en la distribución y la magnitud de la señal PS. Por lo tanto, el método PS es reproducible lo que da fiabilidad a este método para caracterizar los sistemas volcánicos.

Por otra parte, mi trabajo tiene algunos límites. En primer lugar, la interpolación que hice con Surfer no es perfecta. De hecho, he utilizado el método Kriging para interpolar aunque no está totalmente adaptado al tipo de datos que tengo. Así que podemos ver en el mapa 2D que en algunas zonas, las formas de color no son naturales y hay algunos residuos. Además, aunque los modelos electrocinéticos no lo muestran, el efecto del flujo de agua de lluvia y su percolación vertical podrían tener una importancia. De hecho, la comparación entre algunos perfiles de invierno y primavera muestra que podría haber una contribución de flujo de agua de lluvia en primavera y no en verano. Así que existiría un efecto estacional. Se crea un límite en el uso de los métodos de SP para poner de relieve un sistema hidrotermal.