

**Título:** CARACTERIZACIÓN DE LA EMISIÓN GASEOSA EN EL SUBSUELO DE LAS ISLAS CANARIAS A TRAVÉS DE LAS INFRAESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS. APLICACIÓN A LA VIGILANCIA VOLCÁNICA

**Nombre:** Torres González, Pedro Antonio

**Universidad:** Universidad de La Laguna

**Departamento:** Química

**Fecha de lectura:** 09/11/2020

**Programa de doctorado:** Programa de Doctorado en Química e Ingeniería Química por la Universidad de La Laguna

**Dirección:**

- > **Director:** Ana Isabel Jiménez Abizanda
- > **Codirector:** VICENTE SOLER JAVALOYES
- > **Tutor/Ponente:** José Manuel García Fraga

**Tribunal:**

- > **presidente:** Ramón Casillas Ruíz
- > **secretario:** FRANCISCO JAVIER ALMENDROS GONZALEZ
- > **vocal:** INÉS GALINDO JIMÉNEZ

**Descriptor:**

- > VULCANOLOGIA
- > GASES

**El fichero de tesis** ya ha sido incorporado al sistema

- > 502533\_1278126.pdf

**Localización:** CARACTERIZACIÓN DE LA EMISIÓN GASEOSA EN EL SUBSUELO DE LAS ISLAS CANARIAS A TRAVÉS DE LAS INFRAESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS. APLICACIÓN A LA VIGILANCIA VOLCÁNICA

**Resumen:** Las erupciones volcánicas suelen estar precedidas por una intensa actividad sísmica, deformación del terreno y una importante emisión gaseosa debida a la liberación de los volátiles disueltos en el magma durante su ascenso. Todas estas manifestaciones registradas en superficie son una muestra de las diferentes y variadas interacciones de los fluidos magmáticos, magma y gases, con la litosfera. Por tanto, un correcto seguimiento de estos parámetros permitiría definir un nivel base de la actividad volcánica, así como identificar cualquier variación que pueda indicar un cambio en dicha actividad. Esto no puede, ni debe, restringirse a una sola técnica y/o parámetro, sino combinar los resultados de todos ellos en una sola interpretación con la que realizar una correcta vigilancia volcánica.

Las Islas Canarias son un archipiélago volcánicamente activo como así ponen de manifiesto las diferentes erupciones registradas durante su periodo histórico, últimos 500 años. Estas erupciones se han concentrado en las islas de Tenerife, Lanzarote, La Palma y El Hierro. El resto, salvo La Gomera, han presentado actividad volcánica durante el Holoceno (últimos 10000 años) y por tanto, según la IAVCEI (International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior), son consideradas volcánicamente activas. Estos eventos eruptivos han presentado un índice de explosividad bajo, implicando una peligrosidad volcánica moderada, pero el fuerte incremento de la población durante el último siglo ha hecho que el riesgo volcánico haya aumentado exponencialmente.

Con el fin de proveer de agua a la creciente población y abastecer una producción agrícola en constante aumento, a finales del siglo XIX comenzó la perforación de una serie de infraestructuras hidráulicas, pozos y galerías, con las que explotar el agua subterránea de las islas. Estas masas de agua representan en el archipiélago una de sus principales fuentes hídricas, ya que los terrenos volcánicos al ser muy porosos facilitan la formación de acuíferos por percolación del agua meteórica.

Tanto el gran número de estas infraestructuras (5400 aproximadamente) como la longitud total perforada (218 km en pozos solo en Gran Canaria) las convierte en una ventana de observación privilegiada de la geología subterránea de las islas. Además, teniendo en cuenta que los gases magmáticos aprovechan cualquier fisura, fractura y/o terreno poroso que facilite su ascenso a la superficie, los pozos y galerías representan una oportunidad única para el registro y control de las emisiones gaseosas de origen volcánico.

- 1) Aportar información sobre la emisión gaseosa de origen volcánico a través de las obras de captación de aguas subterráneas.
- 2) Poner en valor el uso de estas infraestructuras tanto para presentes como futuras tareas de vigilancia.
- 3) Colaborar en la reducción del riesgo volcánico con los resultados de los tres artículos publicados.

Para lograr estos objetivos se han realizado estudios de la emisión gaseosa en tres de las ocho islas que forman parte del archipiélago (Tenerife, El Hierro y La Palma), dentro de lo que se podrían denominar tres niveles de actividad volcánica bien diferenciados: etapa de calma volcánica (Tenerife), evento eruptivo (El Hierro) y periodo de reactivación o unrest (La Palma).

En el primer artículo que forma parte de esta Tesis se realizó un estudio de la emisión gaseosa difusa en el interior de la galería Río de Guía (RdG), situada en el flanco oeste de Tenerife. Dicha galería nunca ha alumbrado agua, tiene una longitud de 3 km y se encuentra a una cota de 1800 m.

A lo largo de su traza se realizaron siete perfiles en los que se registraron conjuntamente la temperatura del aire y del suelo así como la concentración de CO<sub>2</sub> cada 200 m en el interior de la galería. Estos perfiles permitieron identificar una anomalía térmica estable situada a unos 2000 m de la bocamina. Alrededor de este punto se registraron las mayores concentraciones de dióxido de carbono medidas con los perfiles.

Con el fin de caracterizar de una forma más adecuada esta anomalía de temperatura se desplegaron cuatro

estaciones de registro continuo, las cuales midieron las temperaturas del aire y del suelo, y las concentraciones de CO<sub>2</sub> y 222Rn. A través del análisis de sus registros se pudieron definir dos periodos con una dinámica muy diferente. Un periodo frío en donde la temperatura exterior era inferior a la media en el interior de la galería, y un periodo cálido donde ocurría lo contrario. Durante este último fue cuando se observó una clara acumulación de gas en el interior de la galería. Se pudo constatar que la anomalía térmica dividía la galería en dos secciones con comportamientos diferentes. Como consecuencia, la evolución de las temperaturas en ambas secciones permitió identificar una pequeña, pero clara, transferencia de calor hacia el frente de la galería durante el periodo frío.

Con respecto al comportamiento de los gases, los registros de las estaciones permitieron confirmar que la principal emisión de dióxido de carbono se situaba entorno a la anomalía térmica. Ese no fue el caso del 222Rn, el cual pareció ser emitido de forma difusa a lo largo de la galería con un brusco incremento en torno a los 1000 m posiblemente ligado a un cambio en la litología. También, respecto al CO<sub>2</sub>, se pudo confirmar su origen profundo en base a:

- 1) Los valores de la relación isotópica del carbono del CO<sub>2</sub> del gas del suelo en el interior de la galería.
- 2) Al comprobar que la máxima emisión de dióxido de carbono coincidía con la mayor estructura de diques identificada en el interior de la galería y con la intersección de dos erupciones cercanas.

En el segundo artículo se analizaron los registros de cuatro estaciones geoquímicas para la medida de la concentración de gases, CO<sub>2</sub> y 222Rn en aire, y las temperaturas del aire y del suelo en galerías, así como el de una estación para el registro de la concentración de 222Rn en un pozo. Todas ellas fueron desplegadas en El Hierro con la finalidad de monitorizar el proceso de reactivación y posterior erupción submarina que tuvo lugar entre 2011 y 2012. Se identificaron variaciones en las concentraciones de CO<sub>2</sub> en una galería y 222Rn en un pozo respectivamente, claramente relacionadas con la actividad volcánica previa a la erupción y a la asociada al propio proceso eruptivo.

El Hierro experimentó un despertar volcánico a mediados de julio de 2011. Tras tres meses de intensa actividad sísmica, una deformación del terreno de varios centímetros y la detección de incrementos en la emisión gaseosa, se produjo una erupción submarina al sur de la isla en octubre de 2011 tras cuarenta años de inactividad en el archipiélago.

Se pudo demostrar que los incrementos en la concentración de CO<sub>2</sub> en el interior de una galería durante el periodo pre-eruptivo estuvieron bien correlacionados con la deformación registrada en la isla. Tras el inicio de la erupción se produjo un descenso en la tasa de crecimiento del dióxido de carbono, y las variaciones detectadas durante este periodo parecieron estar relacionadas con una desgasificación de origen profundo.

Respecto al 222Rn, este presentó dos comportamientos muy diferentes: cambios en el nivel base de emisión y bruscos incrementos durante cortos periodos de tiempo (picos de emisión). Los primeros, durante la etapa pre-eruptiva estuvieron relacionados con cambios en el ratio de deformación sugiriendo una lenta liberación del 222Rn por estrés de la roca, mientras que durante el periodo eruptivo estuvieron ligados con la desgasificación

magmática de origen profundo. En cuanto a los picos de emisión, estos se relacionaron muy bien con bruscos incrementos en la energía sísmica, lo que hace suponer que la microfracturación de la roca permitió la rápida liberación de  $^{222}\text{Rn}$ .

Por último, en el tercer artículo se analizan los datos sismológicos, geodésicos y geoquímicos recabados durante dos periodos de actividad anómala en Cumbre Vieja (La Palma) sin que se produjera erupción. Este tipo de procesos, donde no se produce un evento eruptivo, son conocidos como periodos de reactivación o unrest.

En octubre de 2017 y febrero de 2018, se detectaron incrementos en la sismicidad de baja magnitud en La Palma. La primera serie se localizó al oeste de Cumbre Vieja a una profundidad media de 21 km, y la segunda fue localizada prácticamente sobre la dorsal a una profundidad media de 26 km. Esta migración en la sismicidad fue confirmada por la relocalización conjunta de ambos enjambres. Además, ambas series, presentaron un valor de  $b$  claramente superior a uno, lo que sugiere que los fluidos magmáticos, magma y/o gases, podrían estar tras el origen de esta sismicidad.

Ambos enjambres estuvieron acompañados de incrementos en la concentración de hidrógeno, de la relación isotópica del helio corregida y de la concentración de dióxido de carbono en un pozo muy cercano a la localización de los enjambres. Los aumentos de las dos primeros parámetros tuvieron lugar meses antes de la ocurrencia de la primera serie. También, durante este periodo, y en base al decremento de la relación isotópica del helio corregida en un sondeo (con los mayores valores registrados en Canarias) se estimó un aporte de helio radiogénico como consecuencia de un aumento del estrés tectónico.

Tras el segundo enjambre se detectó un aumento de la concentración de  $^{220}\text{Rn}$  en el suelo en dos puntos de la dorsal. Esto se relacionó con un aumento del estrés de la roca cerca de Cumbre Vieja y con un posible aumento en la emisión difusa de  $\text{CO}_2$  en la misma zona. Este último aumento sería compatible con el decremento observado en la relación isotópica del carbono en el pozo, que junto con la migración de la sismicidad podría indicar que tanto el magma como la principal emisión gaseosa se desplazaron ligeramente al este.

Por último, y aunque no hubo deformación registrada por la red GNSS, se hizo una estimación del volumen máximo de magma necesario para producir una deformación medible por dicha red. El resultado fue de  $3 \cdot 10^{-2} \text{ km}^3$ . La cota inferior del volumen intruido fue estimada en base al momento sísmico de los eventos localizados obteniéndose un valor de  $5.5 \cdot 10^{-4} \text{ km}^3$ .