

# CARACTERÍSTICAS Y MONITOREO DE LAS FUENTES TERMALES Y FUMAROLAS DEL VOLCÁN SABANCAYA 2013-2014

Masías P.<sup>(1)</sup>, Apaza F.<sup>(1)</sup>, Hidalgo S.<sup>(2)</sup>, Samaniego P.<sup>(3)</sup>

(1) Observatorio vulcanológico del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Barrio Magisterial 2 B-16 Umacollo Yanhuara Arequipa, Perú. pmasias@ingemmet.gob.pe

(2) Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional Quito, Ecuador.

(3) IRD Francia

## INTRODUCCIÓN

El volcán Sabancaya se ubica en (UTM 19L 194031 m E, 8252448 m S WGS84), su cráter se encuentra 76 km al Noroeste del centro de la ciudad de Arequipa. El Sabancaya es la parte más moderna de un complejo volcánico conformado además por el Hualca Hualca y Ampato. La actividad más reciente fue tipo vulcaniana (1988-1997) y puso en riesgo a más de 30000 personas (Rivera et al., 2012).

En septiembre del 2012 los pobladores de Sallalli observaron emisiones fumarólicas esporádicas, las mismas que para febrero de 2013 ya eran continuas y alcanzaban alturas superiores a los 500 m sobre el nivel cráter.

Con estos antecedentes, el personal del Observatorio Vulcanológico del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) amplía el monitoreo multidisciplinario en la zona. Como parte del monitoreo geoquímico se intensifica el muestreo de fuentes termales y busca nuevos puntos de monitoreo alrededor del complejo hasta una distancia de 35 km, instalando estaciones de medición continua de temperatura en el agua y en el suelo del volcán.

En abril del 2013 se concreta la colaboración con el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador (IG-EPN) y el Instituto de investigación para el desarrollo de Francia (IRD). Se realiza una campaña conjunta para la medición del gas magmático SO<sub>2</sub> (dióxido de azufre) utilizando un equipo mobile-DOAS y siguiendo la metodología descrita por Hidalgo et al. (2013).

En el presente trabajo se presentan los resultados obtenidos entre los años 2013 y 2014 en el monitoreo de fuentes termales y la medición del SO<sub>2</sub> de la pluma volcánica del Sabancaya, estos pueden ayudar a entender cómo es que se distribuyen los fluidos asociados al sistema hidrotermal de este volcán.

## CARACTERÍSTICAS Y MONITOREO DE FUENTES TERMALES

Se muestrearon 12 fuentes de agua entre el 2013 al 2014 (Fig. 1 y 2, CAL, TRY, CMO, YA2, YA3, P11, P12, PUY, SA1, SA2, SA3, PCL), con la metodología descrita para el monitoreo volcánico de fuentes termales (Masías et al., 2013).

Con los resultados de los análisis químicos de las aguas muestreadas en los alrededores del Sabancaya se ha realizado una caracterización, para determinar cuáles son las fuentes que nos pueden brindar una mayor información de lo que está ocurriendo en el sistema hidrotermal del Sabancaya.

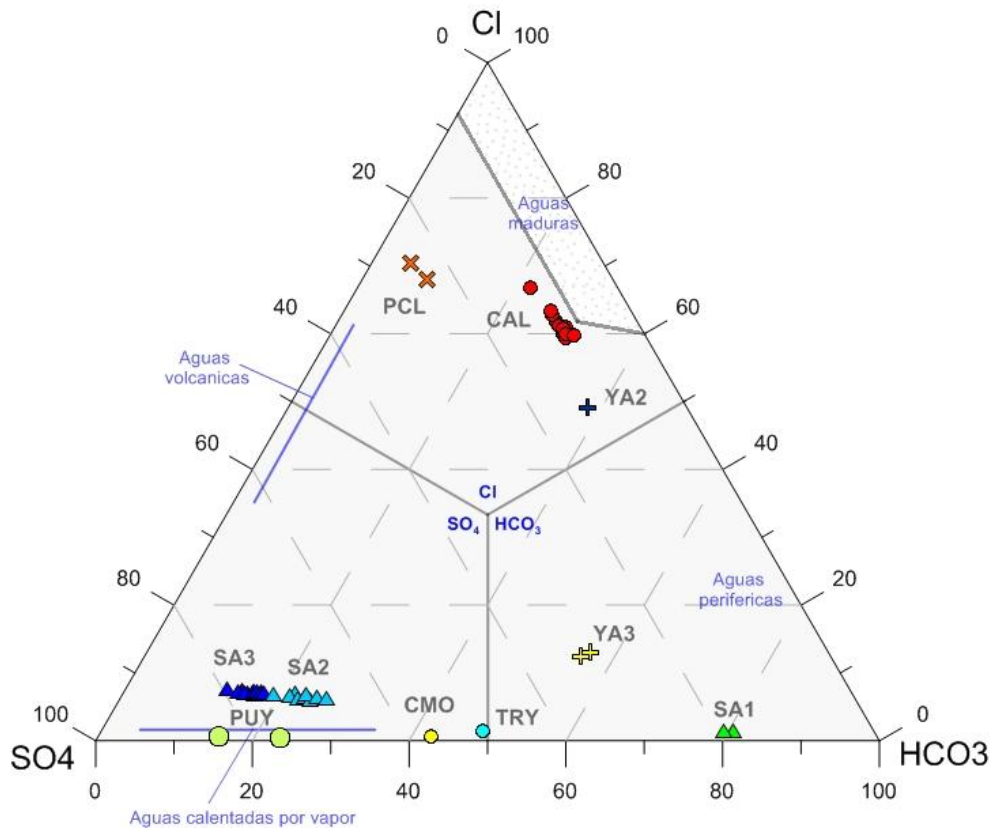
Las fuentes CAL, PCL y YA2 provienen de un flujo Regional profundo y sus aguas son Cloruradas, cuyo surgimiento podría estar favorecido por fallas. Para un mejor control de aguas profundas se instaló una estación de medición continua de temperatura en la fuente CAL.

Las fuentes SA2, SA3 provienen de un flujo intermedio y sus aguas son Sulfatadas, con un posible origen asociado a un sistema hidrotermal de origen magmático. Lo que motivo a la que se intensifique el muestreo de estas fuentes y se realice la instalación de una estación de medición continua de temperatura en la fuente SA3, la más próxima al sistema hidrotermal.

Las fuentes TRY, CMO, SA1 y YA3 provienen de un flujo local y sus aguas son bicarbonatadas, con un origen freático o diluido. Por lo que estas fuentes solo se muestrearan esporádicamente como referencia.

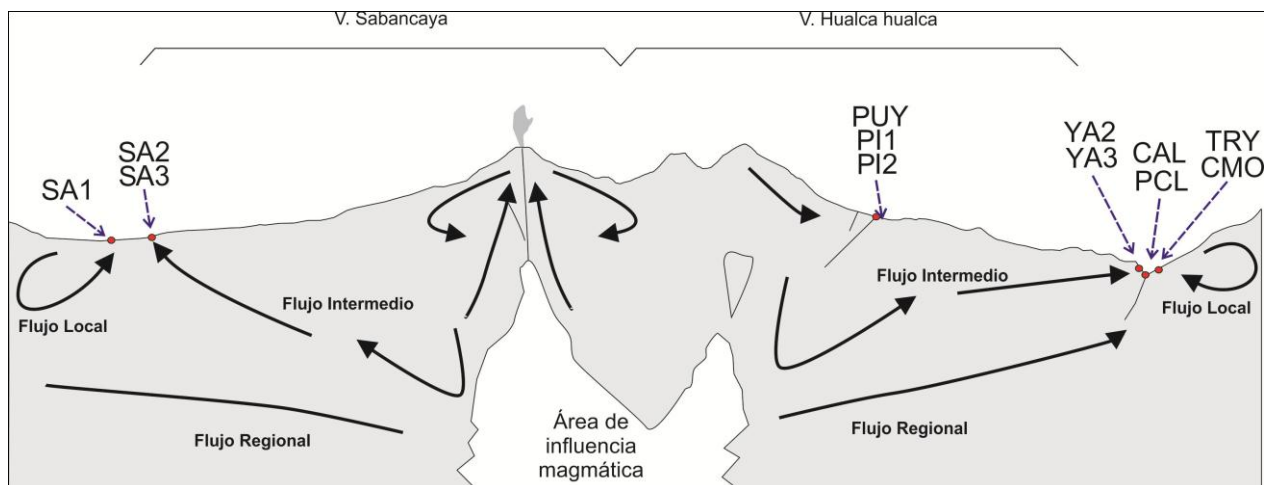
Las fuentes P11, P12, PUY son aguas que tienen un origen en condensados de respiraderos de vapor, posiblemente contaminados con aguas superficiales con vapores ricos en gases de azufre. Por lo que la

composición química del agua no nos brinda mucha información, por lo que se instaló una estación de medición continua de temperatura y a futuro se podría instalar una estación de monitoreo de gases.



**Figura 1.** Diagrama ternario que sugiere un posible origen de las aguas volcánicas, aplicado para las aguas del volcán Sabancaya.

Durante el periodo de monitoreo se han observado algunas variaciones, la más importante es el incremento continuo de la temperatura en la fuente SA3, la más cercana al cráter del Sabancaya, este aumento se registró desde la instalación del sensor (21 mar 2014), con una tasa de aumento de 0,036 °C por mes, sin ningún descenso ni mostrando efecto de la estacionalidad como en la fuente UBT en el volcán Ubinas (Masías et al., 2013)

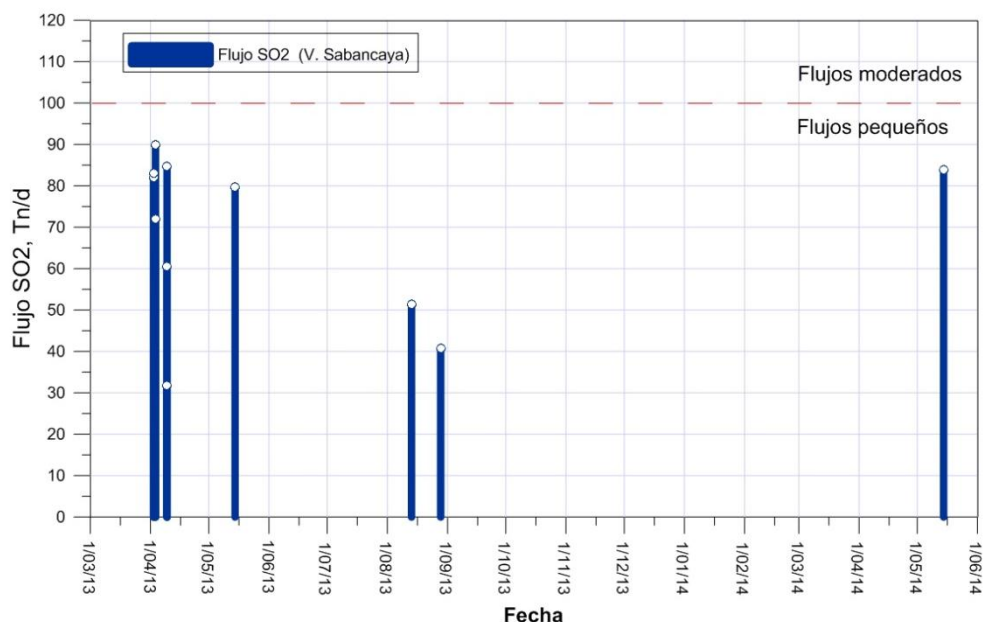


**Figura2.** Modelo preliminar de la circulación de los flujos de aguas en los alrededores del volcán Sabancaya, donde se encuentran representadas las 12 fuentes termales CAL, TRY, CMO, YA2, YA3, PII, PI2, PUY, SAI, SA2, SA3, PCL.

## MEDISIÓN DE SO<sub>2</sub> EN LA PLUMA VOLCANICA

Entre abril del 2013 y mayo del 2014 el valores de las emisiones de SO<sub>2</sub> se mantuvieron por debajo de las 100 Tn/d, mientras que la concentración de las emisiones del cráter alcanzaron valores de hasta 1300 ppm-m.

Estos resultados demuestran que existe una desgasificación de tipo magmática continua y muy estable durante todo el año en que se realizó el monitoreo (Fig. 3).



*Figura3. Resultados de los flujos de SO<sub>2</sub> medidos con el móvil DOAS, entre abril del 2013 y mayo del 2014.*

## CONCLUSIONES

- La fuente con mejores características para el monitoreo con agua de origen magmático, flujo intermedio y próximo al sistema hidrotermal es SA3, además de esta se debe llevar como control la fuente SA2 que también es cercana. La fuente YA3, debe ser muestreada con regularidad.
- Se debe continuar con el monitoreo de la fuente CAL, ya que esta fuente podría brindarnos información de lo que ocurre a nivel profundo.
- Se debe incrementar los estudios en las fuentes PI1, PI2 y PUY, para poder tener un mayor alcance de su origen.
- La desgasificación del SO<sub>2</sub> en la pluma volcánica del Sabancaya monitoreada con el equipo DOAS, nos indica que se mantiene continua y constante en un año de monitoreo. Sería interesante contar con un sistema de monitoreo permanente.

## REFERENCIAS

1. S. Hidalgo, P. Samaniego, B. Bernard, P. Masías (2013) Informe de la Misión para medición de SO<sub>2</sub> en el Volcán Sabancaya (Perú). IG-EPN, IRD, INGEMMET. 21 pp.
2. Masías, P., Taipe, E., Antayhua, Y. & Ramos, D.- (2013) Monitoreo de los Volcanes Misti y Ubinas, Periodo 2006 – 2012, INGEMMET. Boletín, Serie C: Geología Ambiental y Riesgo Geológico, 54, 104 pp.
3. Rivera, M., Samaniego, P., Mariño, J., Delgado, R., Guillou, H., Le Pennec, J-L. (2012) Historia eruptiva del Complejo Volcánico Ampato-Sabancaya (Arequipa). Resumen extendido. Congreso Peruano de Geologías. SGP.5 pp.

# CARACTERÍSTICAS Y MONITOREO DE LAS FUENTES TERMALES Y FUMAROLAS DEL VOLCÁN SABANCAYA 2013-2014

Masías P. (1), Apaza F. (1), Hidalgo S. (2), Samaniego P. (3)

## Introducción

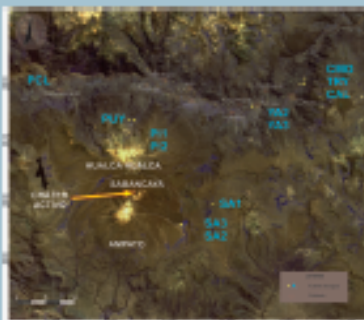
El volcán Sabancaya se ubica en UTM 19L 194031 m, 8252448 m (Fig. 1). En septiembre del 2012 los pobladores de Salalli observaron emisiones fumarólicas esporádicas, para febrero del 2013 emisiones eran superiores a los 500 m sobre el cráter. El Observatorio Vulcanológico del INGENMET (OVI) intensifica el monitoreo. El monitoreo geoquímico amplía el muestreo de fuentes termales y busca nuevos puntos hasta una distancia de 35 km del cráter.



En abril del 2013 se concreta la colaboración con el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador (IG-EPN) y el Instituto de investigación para el desarrollo de Francia (IRD). Se realiza una campaña conjunta para la medición del gas magmático SO<sub>2</sub> (dióxido de azufre) utilizando el equipo mobile-DOAS extra y siguiendo la metodología descrita por Hidalgo et al. (2013).

Fig. 1.- Ubicación del volcán Sabancaya en el Sur del Perú.

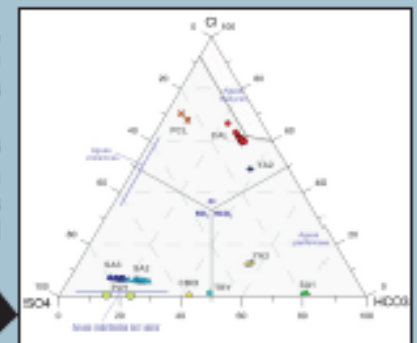
## Características y monitoreo de fuentes termales



Se muestrearon 12 fuentes de agua entre el 2013 al 2014 (Fig. 2, CAL, TRY, CMO, YA2, YA3, PI1, PI2, PUY, SA1, SA2, SA3, PCL), con la metodología descrita para el monitoreo volcánico de fuentes termales (Masías et al., 2013). Con los resultados de los análisis químicos de las aguas muestreadas en los alrededores del Sabancaya se ha realizado una caracterización, para determinar cuáles son las fuentes que nos pueden brindar una mayor información de lo que está ocurriendo en el sistema hidrotermal del Sabancaya.

Fig. 2.- Ubicación fuentes de agua muestreadas.

Fig. 3.- Diagrama ternario de aniones mayoritarios.



Las fuentes CAL, PCL y YA2 provienen de un flujo Regional profundo y sus aguas son Cloruradas, cuyo surgimiento podría estar favorecido por fallas.

Las fuentes SA2, SA3 provienen de un flujo intermedio y sus aguas son Sulfatadas, con un posible origen asociado a un sistema hidrotermal de origen magmático.

Las fuentes TRY, CMO, SA1 y YA3 provienen de un flujo local y sus aguas son bicarbonatadas, con un origen freático o diluido.

Las fuentes PI1, PI2, PUY son aguas que tienen un origen en condensados de respiraderos de vapor, posiblemente contaminados con aguas superficiales con vapores ricos en gases de azufre. Por lo que la composición química del agua no nos brinda mucha información. Ver Fig. 4.

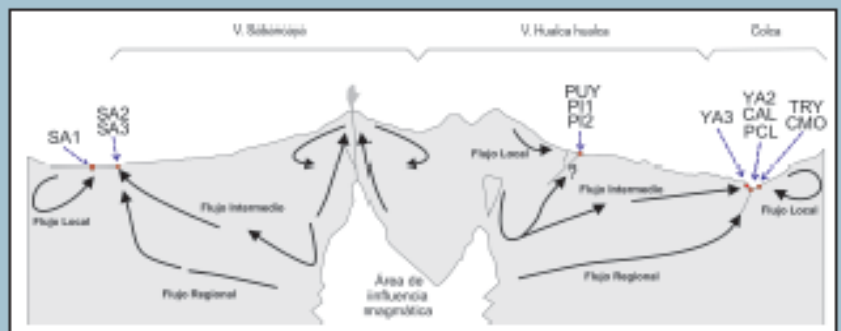


Fig. 4.- Modelo de circulación de flujos de agua subterránea en el Sabancaya.

## Medición de SO<sub>2</sub> en la pluma volcánica

Las mediciones de SO<sub>2</sub> se realizaron con un equipo móvil DOAS, desde una camioneta por debajo de la pluma (Fig. 5).

Entre abril del 2013 y mayo del 2014 los valores de las emisiones de SO<sub>2</sub> se mantuvieron por debajo de las 100 Tn/d, mientras que la concentración de las emisiones del cráter alcanzaron valores de hasta 1300 ppm-m. Estos resultados demuestran que existe una desgasificación de tipo magmática continua y muy estable durante todo el año en que se realizó el monitoreo (Fig. 6).



Fig. 5.- Vehículo con el equipo móvil DOAS en el Sabancaya.

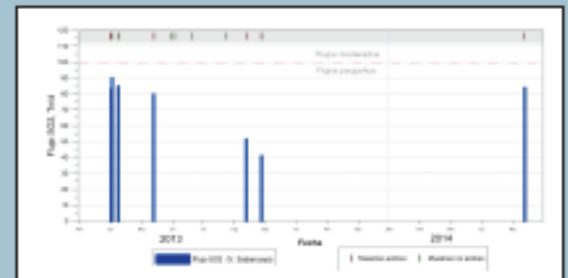


Fig. 6.- Resultados del flujo de SO<sub>2</sub> en el volcán Sabancaya.

## Conclusiones

- La fuente con mejores características para el monitoreo con agua de origen magmático, flujo intermedio y próximo al sistema hidrotermal es SA3, además de esta se debe llevar como control la fuente SA2 que también es cercana. La fuente YA3, debe ser muestreada con regularidad.
- Se debe continuar con el monitoreo de la fuente CAL, ya que esta fuente podría brindarnos información de lo que ocurre a nivel profundo.
- Se debe incrementar los estudios en las fuentes PI1, PI2 y PUY, para poder tener un mayor alcance de su origen.
- La desgasificación del SO<sub>2</sub> en la pluma volcánica del Sabancaya monitoreada con el equipo DOAS, nos indica que se mantiene continua y constante en un año de monitoreo. Sería interesante contar con un sistema de monitoreo permanente.

## Bibliografía

- Hidalgo S., P. Samaniego, S. Barand, P. Masías (2013) Informe de Medición por medio del sistema móvil DOAS en el volcán Sabancaya (Perú). IG-EPN (2013) 44 pp.
- Masías, P., Tapo, K., A. Reyes, Y. S. Ramos, D. (2012) Metodología de las Fuentes Minerales y Uñas en Período 2008 - 2012. INIGEMMET. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, 34, 184 pp.
- Oliva, M., Samaniego, P. Masías, J., Hidalgo, S., Guillón, H., La Parra, J.L. (2012) Metodología del Campo Volcánico Arequipa Sabancaya (Perú). Recursos científicos. Dirección Nacional de Investigación y Desarrollo Científico y Tecnológico del INIGEMMET.