

Implementación de la Red de monitoreo de SO₂ (DOAS) en los volcanes activos del Perú (Ubinas y Sabancaya)

Pablo Masías¹, Fredy Apaza¹,

¹ Observatorio Vulcanológico del INGEMMET, Barrio magisterial 2 B-16 Yanahuara, Arequipa - Perú – pmasias@ingemmet.gob.pe

Palabras clave: monitoreo, gases volcánicos, SO₂, NOVAC, DOAS.

La Zona Volcánica Central de los Andes se ubica entre el Sur del Perú y el Norte de Chile. Es en la parte peruana que podemos encontrar 7 volcanes con actividad fumarólica (Fig. 1), de los cuales presentaron actividad eruptiva reciente tenemos el Ubinas 2006-2009, 2013-2017 y el Sabancaya 2016-actualidad.



Fig. 1 – Mapa donde se observa la zona volcánica central de los Andes ZVC, en Suramérica (abajo izquierda), un acercamiento donde se destacan los volcanes peruanos y se han señalado en rojo el Sabancaya y Ubinas.

La determinación de la composición del gas volcánico, acompañado por el estudio de las variaciones de flujos de volátiles, es un parámetro decisivo en el monitoreo eficiente de un volcán gobernado por procesos de desgasificación que controlan los ciclos y estilos eruptivos, Sparks et al. (1997), Oppenheimer (2003), Aiuppa et al. (2017). Volátiles tales como H₂O, CO₂, SO₂, HCl, HF, H₂, S₂, H₂S, CO y SiF₄ son emitidos a la atmósfera a través de volcanes activos durante fases eruptivas, desgasificación continua del respiradero, actividad fumarólica y desgasificación difusa a través del suelo Hidalgo et al., (2015).

El muestreo directo de estos gases es un alto riesgo, sobre todo al realizarlo rutinariamente y es difícil de sostener de forma continua, Symonds et al., (1994), por lo cual se ha recurrido a otros sistemas remotos.

Las estaciones de escaneo automático DOAS para la medición de SO₂, entre otros gases, han sido adoptadas de manera generalizadas por los observatorios vulcanológicos en gran medida como parte de NOVAC, Hidalgo et al., (2015). NOVAC es una red de monitoreo de plumas volcánicas, Galle et al., (2010), la cual utiliza equipos miniatura UV-DOAS, con un sistema de escaneo automático, Galle et al., (2003), los cuales son ideales para ser instalados permanentemente en campo y brindar medidas de SO₂, Edmonds et al., (2003); Arellano et al., (2008); Burton et al., (2009); Salerno et al., (2009); Conde et al., (2013).

Redes de monitoreo SO₂ en el Perú

En el Perú el OVI han implementado 2 redes de monitoreo de SO₂, utilizando equipos escáner DOAS de NOVAC, inicialmente en el volcán Ubinas (2014) y posteriormente en el Sabancaya (2016). Ambas redes contaban de una estación, a mediados del 2016 se incrementó a 2 estaciones por red y posteriormente se puso una tercera en el Sabancaya en 2017.

Los datos obtenidos en los escaneos realizados por los equipos en campo son transmitidos vía telemetría hasta las instalaciones del OVI en Arequipa, donde son almacenados y procesados. Para el cálculo de los flujos el personal del OVI utiliza el programa “NovacProgram” y la base de datos de vientos del NOAA. Esta información es publicada inmediatamente en reportes diarios y semanales.

Red de monitoreo SO₂ del volcán Ubinas

La primera estación en el Ubinas, llegó del proyecto NOVAC, a mediados de 2014, para la atención de la crisis eruptiva. El equipo se instaló en el poblado de Ubinas, a 6 km del cráter del volcán. La transmisión de datos se inició el 1 de septiembre de 2014.

Con el apoyo de VDAP, en mayo de 2016, que proporcionó un segundo equipo escáner DOAS para el Ubinas, se instaló la estación (UBD2), a 3 km al NE del cráter. También dio apoyo en la reinstalación

de la existente en una zona más óptima para las lecturas (UBD1), a 3.3 km al SE del cráter, dando una mejor distribución de la red (Fig. 2).

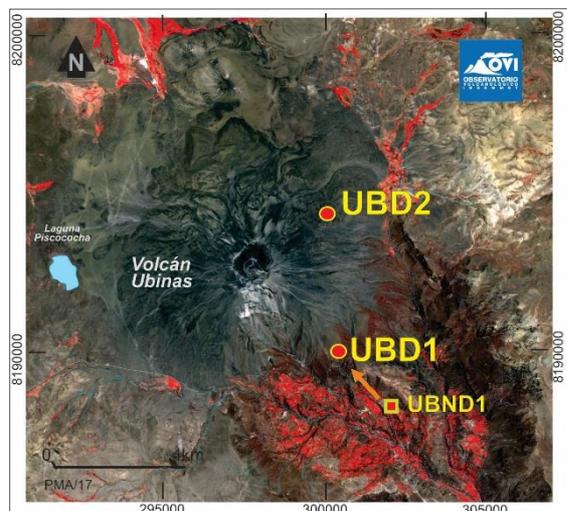


Fig. 2 – Mapa de la red de monitoreo de SO₂ en el volcán Ubinas.

Red de monitoreo SO₂ del volcán Sabancaya

A inicios del 2016 se realizó la construcción de la estructura para la instalación de una estación escáner DOAS en las faldas del Ampato a 4.5 km al SE del cráter del Sabancaya (SAD1). Luego de culminar la instalación comenzó a transmitir en abril del 2016.

Con 2 equipos escáner DOAS proporcionados por VDAP se continuó la implementación de la red, para ellos se decidió instalar uno de ellos en la estación OVI Hornillos con la denominación SAD3, a 3.6 km al noreste del cráter, la que transmitió desde noviembre del 2016.

La segunda estación proporcionada por VDAP, estuvo en prueba en diferentes zonas alrededor del volcán, quedando de manera temporal en la estación OVI Mucurca, con la denominación SAD5.1, a 8,8 km al NO del cráter, trasmitiendo desde agosto del 2017, dando a la red del sabancaya el arreglo que presenta actualmente (Fig. 3).

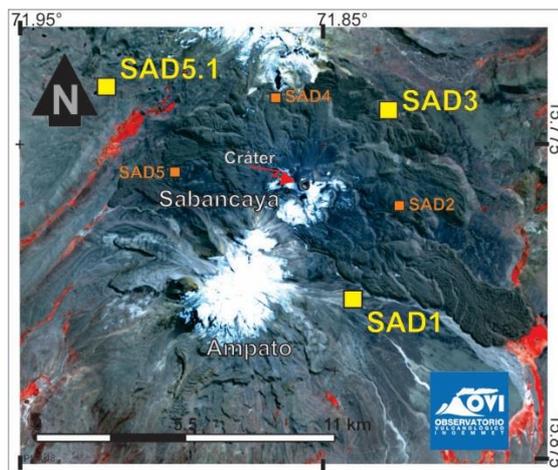


Fig. 3 – Mapa de la red de monitoreo de SO₂ en el volcán Sabancaya.

Resultados del flujo de SO₂ medido en las redes de los volcanes Ubinas y Sabancaya

La medición del flujo de SO₂ se ha dado en 2 etapas, una inicial, en con una estación en el volcán Ubinas, entre septiembre del 2014 a 2016 en colaboración de NOVAC y una segunda etapa, a partir del 2016, con la instalación de 4 estaciones 1 del OVI y 3 de VDAP (Fig. 4).

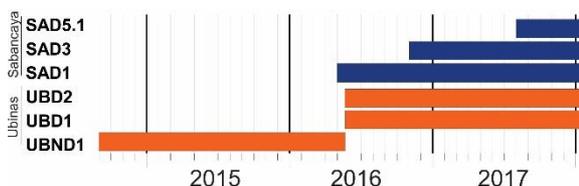


Fig. 4 – Periodo de funcionamiento de las estaciones de SO₂ en las redes de los volcanes Ubinas y Sabancaya.

Flujo de SO₂ monitoreado entre 2014 a 2018 en el volcán Ubinas

Para evaluar los flujos, se utilizó los flujos máximos ya que la tendencia es similar al promedio diario.

Los flujos máximos medidos en el Ubinas alcanzaron las 6700 Tn/d, el 9 de septiembre del 2014, casi al final del periodo de mayor actividad registrado. Con la disminución de la actividad se observa un comportamiento similar en los flujos con periodos de incremento (Fig. 5).

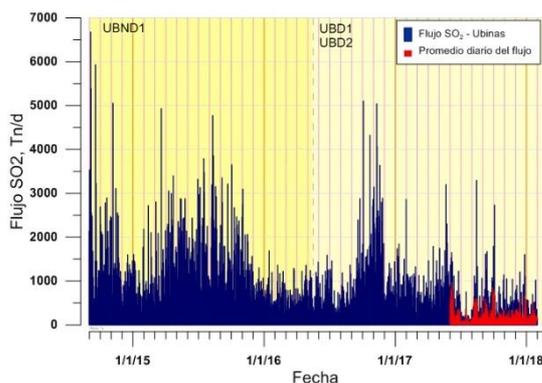


Fig. 5 – Flujo de SO₂, medidos por la red del volcán Ubinas.

Flujo de SO₂ monitoreado entre 2016 a 2018 en el volcán Sabancaya

Los flujos máximos medidos en el Sabancaya alcanzaron las 7200 Tn/d, el 22 de octubre del 2016, pocos días antes de iniciarse el proceso eruptivo el 6 de octubre del 2016. Aunque los picos máximos que se registraban eventualmente, estos han sido muy estables, algo que también se observa en el proceso eruptivo, con la ocurrencia de varias decenas de explosiones por día.

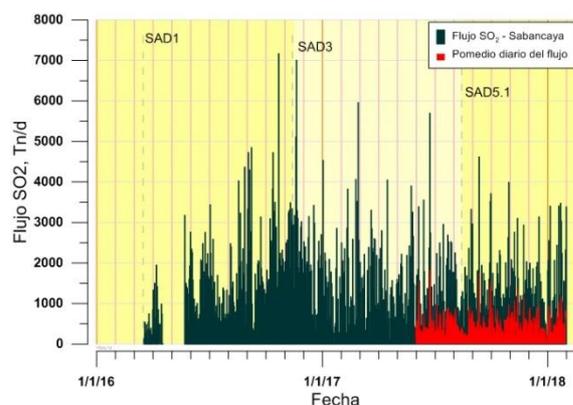


Fig. 6 – Flujo de SO₂, medidos por la red del volcán Sabancaya.

Perspectivas a futuro

Las redes de monitoreo de SO₂ instaladas, están cumpliendo un papel muy importante en el monitoreo de los volcanes Ubinas y Sabancaya, sobre todo durante los periodos de mayor actividad. Pero existen algunos problemas con la variación del viento, sobre todo en el Sabancaya, por lo cual algunas plumas no pasan sobre las estaciones actuales. Es por eso se ha proyectado completar la red con más estaciones. Solo así podremos asegurar la lectura de todas las plumas y conocer la tasa de emisión al 100 %.

En el caso del Ubinas, las plumas no leídas son mucho menos y se podría reducir en gran medida instalando una estación más a la red.

Conclusiones

La red de medición de SO₂ instaladas en los volcanes Ubinas y Sabancaya han dado información oportuna y confiable y han aportado en el manejo de las crisis eruptivas en ambos volcanes, como una técnica complementaria al monitoreo sísmico, geodésico y visual.

Es necesario mantener y mejorar estas redes a fin de obtener resultados confiables.

Agradecimientos

Se agradece a INGEMMET, por darme la oportunidad de llevar a cabo este trabajo, al apoyo de mis compañeros del observatorio vulcanológico (OVI) y a los cooperantes del proyecto NOVAC, de la Universidad de CHALMERS de Suecia y a VDAP del USGS.

Referencias

- Arellano, S., M. Hall, P. Samaniego, J.L. LePenec, A. Ruiz, I. Molina, H. Yepes. Degassing patterns of Tungurahua volcano (Ecuador) during the 1999–2006 eruptive period, inferred from remote spectroscopic measurements of SO₂ emissions. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 176 (1) (2008), pp. 151-162
- Burton, M. T. Caltabiano, F. Murè, G. Salerno, D. Randazzo. SO₂ flux from Stromboli during the 2007 eruption: results from the FLAME network and traverse measurements. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 182 (3–4) (2009), pp. 214-220
- Conde, V., S. Bredemeyer, E. Duarte, J. Pacheco, S. Miranda, B. Galle, T. Hansteen. SO₂ degassing from Turrialba Volcano linked to seismic signatures during the period 2008–2012. *Int. J. Earth Sci. (Geol. Rundsch.)* (2013), pp. 1-16
- Edmonds, M., R.A. Herd, B. Galle, C.M. Oppenheimer. Automated, high time-resolution measurements of SO₂ flux at Soufrière Hills Volcano, Montserrat. *Bull. Volcanol.*, 65 (8) (2003), pp. 578-586
- Galle, B., C. Oppenheimer, A. Geyer, A.J.S. McGonigle, M. Edmonds, L. Horrocks. A miniaturised ultraviolet spectrometer for remote sensing of SO₂ fluxes: a new tool for volcano surveillance. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 119 (1–4) (2003), pp. 241-254
- Galle, B., M. Johansson, C. Rivera, Y. Zhang, M. Kihlman, C. Kern, T. Lehmann, U. Platt, S. Arellano, S. Hidalgo. Network for Observation of Volcanic and Atmospheric Change (NOVAC) — a global network for volcanic gas monitoring: network layout and instrument description. *J. Geophys. Res. — Atmos.*, 115 (D5) (2010), pp. 2156-2202, 10.1029/2009JD011823
- Hidalgo S, Battaglia J, Arellano S, Steele A, Bernard B, Bourquin J, Galle B, Arrais S, Vásconez F (2015) SO₂ degassing at Tungurahua volcano (Ecuador) between

- 2007 and 2013: transition from continuous to episodic activity. *J Volcanol Geoth Res* 298:1–14
- Oppenheimer, C. (2003). Volcanic degassing. En R. Rudnick, *The crust. Treatise on Geochemistry* (págs. 123-166). Oxford: Elsevier-Pergamon.
- Sparks, R., Bursik, M., Carey, S., Gilbert, J., Glaze, L., Sigurdsson, H., & Woods, A. (1997). *Volcanic Plumes*. Chichester, England: Jhon Wiley & Sons Ltd.
- Salerno, G.G., M.R. Burton, C. Oppenheimer, T. Caltabiano, D. Randazzo, N. Bruno, V. Longo. Three-years of SO₂ flux measurements of Mt. Etna using an automated UV scanner array: comparison with conventional traverses and uncertainties in flux retrieval. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 183 (1–2) (2009), pp. 76-83
- Symonds, R.B., W.I. Rose, G.J.S. Bluth, T.M. Gerlach. Volcanic-gas studies: methods, results and applications. M.R. Carroll, J.R. Holloway (Eds.), *Volatiles in Magmas*, Mineralogical Society of America, Washington, D.C. (1994), pp. 1-66