

## Monitoreo Multi-paramétrico del volcán Sabancaya y evolución del proceso eruptivo 2016-2017.

Roger Machacca<sup>1</sup>, Mayra Ortega<sup>1</sup>, Rafael Miranda<sup>1</sup>, Fredy Apaza<sup>1</sup>, Ivonne Lazarte<sup>1</sup>, Pablo Masias<sup>1</sup>, Domingo Ramos<sup>1</sup> y Beto Ccallata<sup>1</sup>, Rosa Anccasi<sup>1</sup>, Edu Taipe<sup>1</sup> y Luis Cruz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Observatorio Vulcanológico del Ingemmet, Arequipa, Perú – [rmachacca@ingemmet.gob.pe](mailto:rmachacca@ingemmet.gob.pe)

**Palabras clave:** Monitoreo, Sabancaya, Sismicidad, Deformación, Emisiones, Desgasificación, Cambios de velocidad.

### RESUMEN

En este trabajo se presenta los resultados del monitoreo multidisciplinario del volcán Sabancaya durante el 2016 – 2017, que comprende parte de la fase pre-eruptiva y la actual fase eruptiva explosiva. La serie temporal de los diferentes parámetros utilizados en el monitoreo del volcán, nos indican que a la fecha nos encontramos en pleno proceso eruptivo y que este aún está lejos de finalizar, ya que en la actualidad se viene detectando anomalías en diferentes parámetros como cambios de velocidad, deformación, emisión de gas SO<sub>2</sub>, entre otros.

### INTRODUCCIÓN

Las erupciones volcánicas y su impacto en la sociedad humana, junto a los terremotos y desastres meteorológicos son los peligros más severos de la naturaleza, y de ahí la necesidad de implementar redes de monitoreo multidisciplinarias de que nos ayuden a evaluar y diagnosticar el nivel de actividad de un volcán para prever cuándo y cómo sucederán.

El Observatorio Vulcanológico del INGEMMET (OVI), en respuesta a los primeros signos de intranquilidad volcánica del Sabancaya registradas el 22 de febrero del 2013, a venido implementado el monitoreo multi-paramétrico del Sabancaya, el cual consta de sensores sismológicos, de deformación, geoquímicos, cámaras de video y térmicas y sensores remotos; que permiten evaluar y diagnosticar el nivel de actividad del volcán. La información generada por estas diferentes disciplinas, ha permitido manejar satisfactoriamente el actual proceso eruptivo, ya que el aumento, descensos de la actividad ha servido para emitir los distintos niveles de alertas volcánicas.

El presente trabajo es el resultado de la labor desarrollada por el grupo de monitoreo del OVI, durante la reciente crisis eruptiva del Sabancaya, las diferentes disciplinas han instalado sensores, para obtener y procesar diferentes parámetros que ayudan a diagnosticar el estado del volcán

### VOLCÁN SABANCAYA

El volcán Sabancaya es el segundo volcán más activo del sur peruano, es considerado también como el más joven del país, ya que fue edificado durante los últimos 10 mil años (Samaniego et al., 2016). Este estrato volcán está localizado a ~60 km al Noroeste de la ciudad de Arequipa, a ~30 Km al Suroeste del pueblo de Chivay, ver Fig. 1, y forma parte del complejo volcánico Ampato-Sabancaya. Las últimas erupciones historias del volcán Sabancaya se remontan a los ocurridos en los años 1750, 1784, 1986-1998 y la última entre 2013-actualidad.

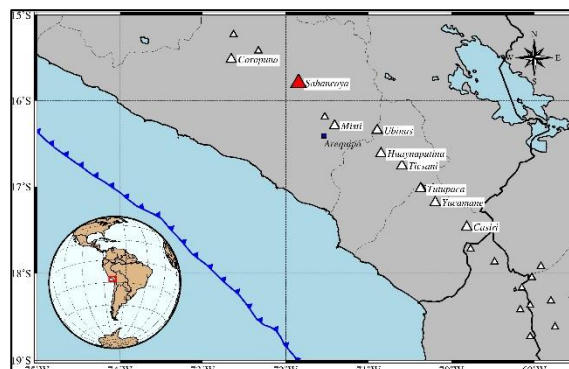


Fig. 1 – Mapa de ubicación del volcán Sabancaya dentro de la Zona Volcánica Central (CVZ) de los Andes en el sur de Perú. En triángulo rojo ubicación del volcán Sabancaya. En triángulos blancos los principales edificios volcánicos.

### REDES DE MONITOREO

La red de monitoreo del volcán Sabancaya se viene implementado progresivamente desde año 2013, luego de los primeros signos de intranquilidad presentados en febrero de ese año. Actualmente el volcán cuenta con una red multidisciplinaria, que consta de: 6 estaciones sísmicas (4 en tiempo real), 4 estaciones GPS en tiempo real, 3 escáner DOAS en tiempo real, dos fuentes termales, dos cámaras de video Axis modelo 1765-LE en tiempo real. La ubicación de las estaciones se muestra en la Fig. 2. Esta red permite vigilar y realizar estudios sobre la actividad del volcán en tiempo real.

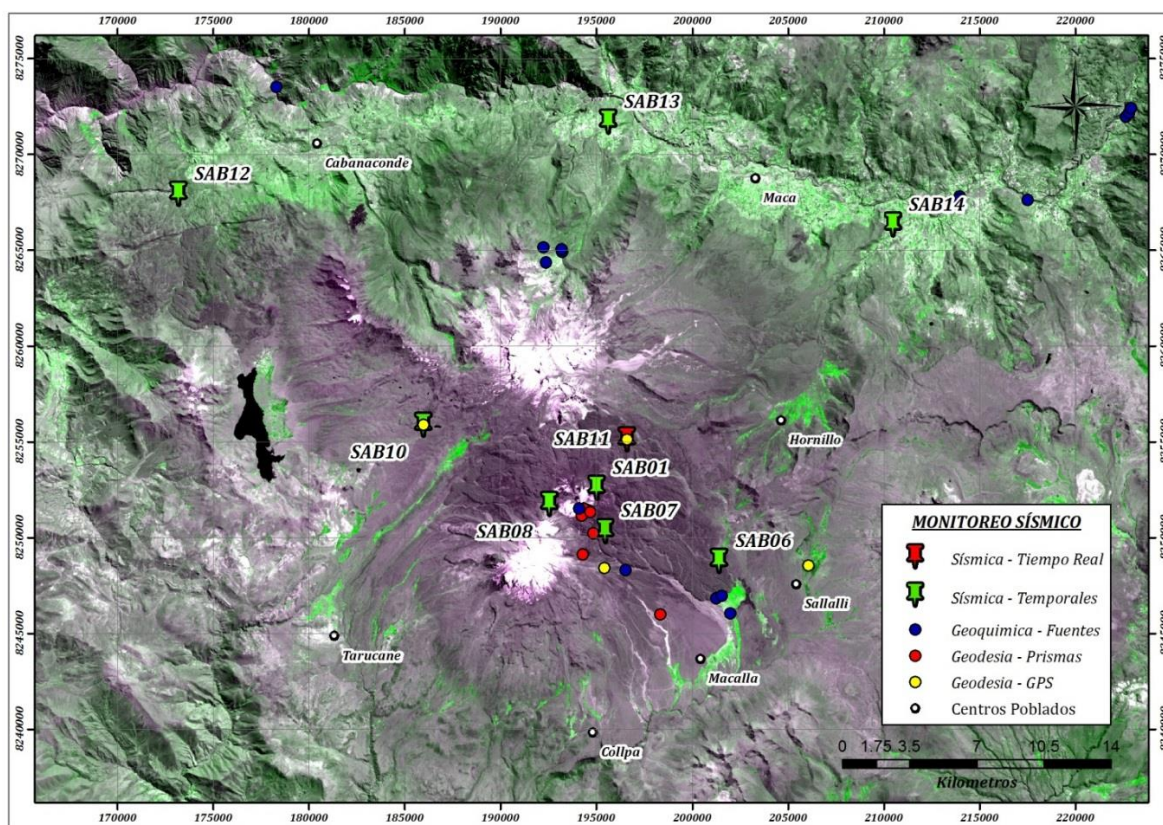


Fig. 2 – Mapa de ubicación de la red multidisciplinaria del volcán Sabancaya durante el 2016-2017, estos equipos se distribuyen sobre y fuera del edificio volcánico para una mejor cobertura, ver leyenda para mayor información.

### FASE PRE-ERUPTIVA

La fase pre-eruptiva del volcán Sabancaya se inició el 22 de febrero de 2013, donde en un corto lapso de tiempo (90 min.) ocurrieron tres sismos de 4.6, 5.2 y 5.0 ML, localizados a ~6 Km al Noreste del cráter, en la zona denominada Hornillos. Luego de estos primeros eventos la sismicidad en la zona ha disminuido progresivamente hasta estabilizarse en 70 eventos por días para mediados de abril, esta tasa de sismicidad se mantuvo constante hasta el 17 de Julio de 2013, donde ocurrió otro enjambre sísmico con una magnitud de 6.2 ML del evento principal, la cual elevó la tasa de sismos hasta 1300 eventos por día. En adelante se presentaron múltiples enjambres sísmicos entre los que destacan los ocurridos el 24 de octubre del 2014, 28 de agosto 2015, 8 de diciembre de 2015, 20 de febrero 2016 y el último enjambre sísmico de esta fase pre-eruptiva se registró el 14 de agosto de 2016 donde el evento principal tuvo 5.3 ML.

Las emisiones observadas en el volcán durante esta fase se incrementaron, compuestas en su mayoría por vapor de agua y gases volcánicos, las alturas no superaron los 2500 m sobre el cráter. Las mediciones temporales y permanentes de gas SO<sub>2</sub> se incrementaron, pero no superaron las 4000

toneladas/día. La estación GPS ubicada al Sureste del volcán SBSE, no mostro deformación significativa durante esta fase. Para esta fase se observaron claros precursoros sísmicos de ascenso de magma (enjambres sísmicos) y escape de gases volcánicos como el SO<sub>2</sub>.

### FASE ERUPTIVA 2 DE NOV 2016 - PRESENTE.

La fase eruptiva del Sabancaya inició el 2 de noviembre del 2016, en el que ocurrió una cripto-explosión que posiblemente haya roto por completo el sello de la zona de transición frágil-plástica debajo del volcán (Fourier, 2006), lo que ha facilitado el arribo del magma a la superficie del cráter. Finalmente, el 6 de noviembre del 2016 ocurrió la primera explosión de este nuevo proceso eruptivo, dando inicio a una intensa fase explosiva tipo vulcaniana que persiste hasta la actualidad.

La Fig. 3 muestra los resultados sobre la evolución temporal de los diferentes parámetros monitoreados en el volcán Sabancaya. En la Fig. 3 a) se observamos la energía sísmica diaria de las explosiones, que oscila entre unos pocos MJ hasta 50 MJ por día en los periodos de mayor actividad. En la

Fig. 3 b) se muestra el RSAM (Amplitud Sísmica), donde se observa un incremento de este parámetro contemporáneo a la ocurrencia de las explosiones. En la Fig. 3 c) se muestra los cambios de velocidad sísmica aparentes en las inmediaciones de la estación SAB11, estos cambios se calcularon usando el método de correlación de ruido sísmico, en el que se observa una disminución en la velocidad del medio del orden de  $-0.2\%$ , el cual ocurre también contemporánea a las explosiones, esta disminución en la velocidad estaría asociado a cambios en las propiedades físicas del medio, debido probablemente

a la presencia de magma cerca de la superficie. En la Fig. 3 d) se muestra una inflación del edificio volcánico contemporánea a las explosiones, registrándose una inflación de  $+30$  mm entre diciembre de 2017 y setiembre de 2016. En la Fig. 3 e) se muestra la altura y coloración de las emisiones del volcán, los cuales se incrementan respecto a la fase anterior, llegando a superar los 4000 m de altura sobre el cráter. En la Fig. 3 f) se muestra la emisión máxima diaria del gas volcánico  $SO_2$ , los cuales logran superar las 4000 toneladas/día durante esta fase explosiva.

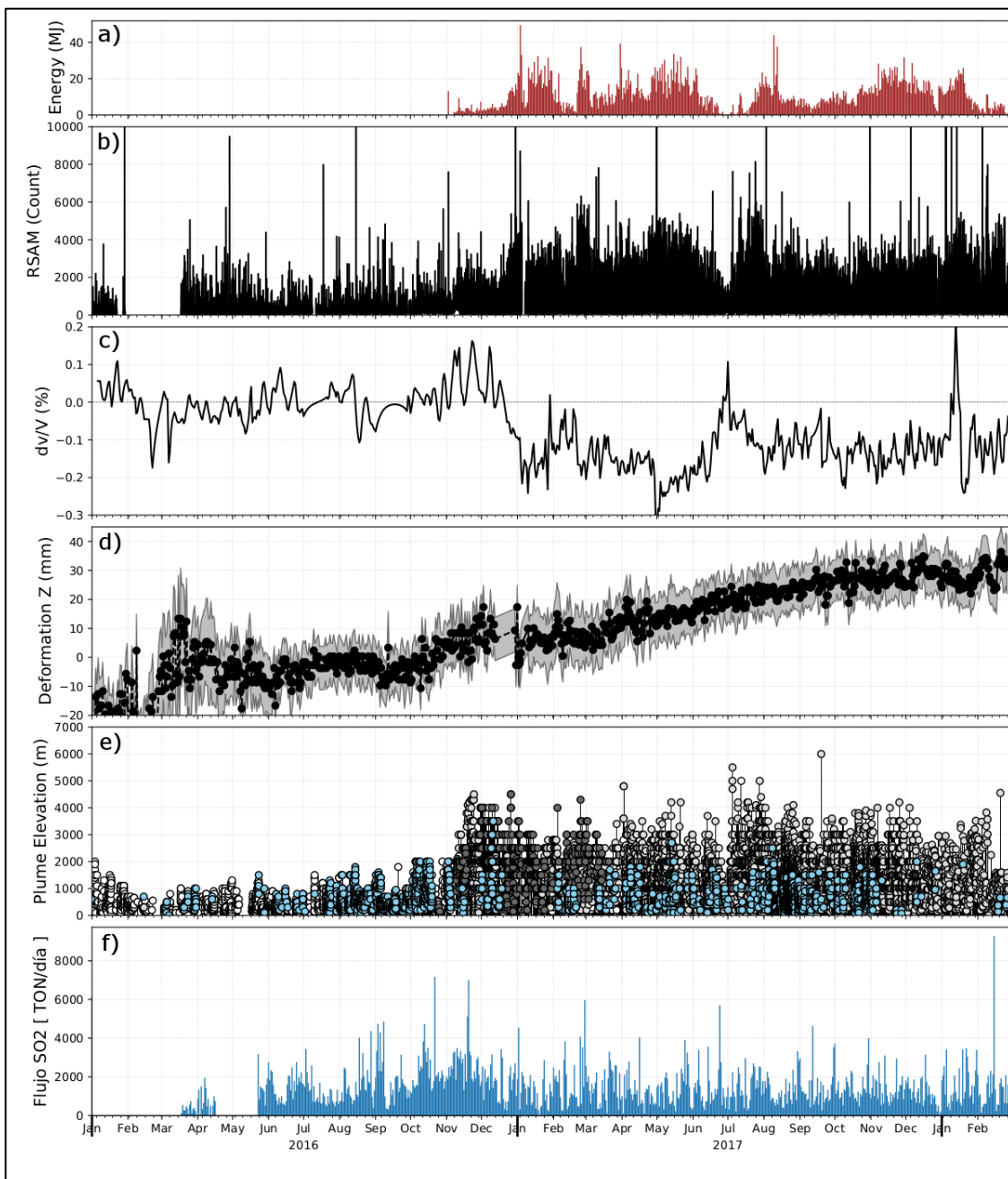


Fig. 3 –Evolución de la actividad del volcán Sabancaya, durante el periodo 2016-2017. a) Energía diaria de las explosiones. b) Amplitud sísmica RSAM. c) Cambios relativos en la velocidad sísmica. d) Deformación vertical. e) Altura y coloración de las emisiones. f) Flujo de gas  $SO_2$ .

## DISCUSIONES

La actividad del volcán Sabancaya es muy complicado de interpretar, pese a la experiencia con otros volcanes como el Ubinas. Por ejemplo, el monitoreo de deformación mediante GPS muestra inflación del edificio volcánico contemporánea a la fase explosiva del volcán, y que actualmente tiene una tendencia a continuar incrementándose, lo que posiblemente nos indique que aún no hemos llegado a fase principal del proceso eruptivo. La serie temporal de cambio de velocidad corroboran esta hipótesis ya que desde el inicio de la fase eruptiva explosiva se viene observando una disminución de la velocidad en el edificio del volcán, el cual llega hasta -0.2 %, lo que indica que aún existe la perturbación (posiblemente magma) cerca de la superficie del volcán. Asimismo, el valor máximo de SO<sub>2</sub>, se registró recién el 15 de febrero del 2018, por ello se concluye que la actividad del Sabancaya aún se encuentra lejos de terminar.

### Agradecimientos

Agradezco a todos el personal del Observatorio Vulcanológico del Ingemmet por su labor incansable en la adquisición y procesamiento de datos durante la actual crisis eruptiva del volcán Sabancaya.

### Referencias

- Samaniego, P., Rivera, M., Mariño, J., Guillou, H., Liorzou, C., Zerathe, S., Delgado, R., Valderrama, P., Scao, V., 2016. The eruptive chronology of the Ampato-Sabancaya volcanic complex (southern Peru). *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 323, 110–128.
- Fournier R., (2006) Hydrothermal systems and volcano geochemistry. *Volcano Deformation*, chapter 10. Springer Praxis Books 2006, 323-341.