



**INFORME ESPECIAL N° 01-2017**

**BREVE EVALUACIÓN DE ACTIVIDAD  
ERUPTIVA DEL VOLCÁN SABANCAYA  
2016-2017**



Vista del flanco este del volcán Sabancaya, 26/12/2016

**Elaborado por:**  
**Observatorio Vulcanológico del INGEMMET – OVI**  
**Observatorio Vulcanológico del Sur (IGP) - OVS**

**Enero 2017**

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	3
<b>2. DATOS DE MONITOREO VOLCÁNICO</b> .....	3
<b>2.1 MONITOREO SÍSMICO</b> .....	4
<b>2.2 MONITOREO GEOQUÍMICO</b> .....	6
<b>2.3 MONITOREO GEODÉSICO</b> .....	7
<b>2.4 MONITOREO SATELITAL</b> .....	7
<b>2.5 MONITOREO VISUAL Y DISPERSIÓN DE CENIZA</b> .....	8
<b>3. PELIGRO POR LAHARES (flujos de lodo y ceniza volcánica)</b> .....	11
<b>4. CONCLUSIONES</b> .....	11
<b>5. RECOMENDACIONES</b> .....	13

## 1. INTRODUCCIÓN

El volcán Sabancaya, está ubicado a 75 km al NO de la ciudad de Arequipa, y es considerado, después del volcán Ubinas (Moquegua), el segundo volcán más activo en Perú. Desde el día 6 de noviembre del 2016 viene presentando un proceso eruptivo caracterizado por recurrentes explosiones con presencia de gases y ceniza.

Estudios geológicos efectuados por Gerbe y Thouret (2004); Mariño, (2012); Samaniego *et al.*, (2016); Rivera *et al.*, (2016), entre otros, muestran que el volcán Sabancaya es el edificio activo del complejo volcánico Ampato-Sabancaya, desarrollado durante el Holoceno (últimos 11 mil años). De acuerdo a su actividad recurrente en el pasado histórico, este volcán ha presentado erupciones efusivas lávicas y actividad explosiva moderada. Así, la actividad eruptiva del Sabancaya ocurrida durante los últimos 400 años, consistió en erupciones explosivas leves a moderadas (Índice de Explosividad Volcánica IEV 1-2). Durante este periodo presento tres erupciones explosivas leves a moderadas ocurridas en 1750, 1784 y entre 1990 - 1998, caracterizados por una intensa actividad fumarólica y emisiones de ceniza (Rodríguez & Uribe, 1994; Macedo et al, 2014). Durante la última crisis eruptiva (1990-1998), el volcán emplazó ceniza de hasta 4 cm de espesor a 8 km al Este del volcán.

A partir de la historia geológica eruptiva del volcán Sabancaya se han identificado diferentes escenarios eruptivos futuros en caso de un incremento de actividad. Los escenarios que tienen mayor probabilidad de ocurrir, corresponden a erupciones explosivas moderadas de tipo vulcanianas con IEV 1-2 (**caída de cenizas**) o erupciones efusivas (lavas). Asociada a estos tipos de actividad estaría la ocurrencia de **lahares o flujos de lodo volcánico**.

El Observatorio Vulcanológico del INGEMMET y el Observatorio Vulcanológico del Sur forman parte del comité **Científico-Técnico para la gestión de riesgos volcánicos de la región Arequipa**, formado por Ordenanza Regional **Nº 252-Arequipa del 05/12/2013**. Ambas instituciones realizan el monitoreo instrumental permanente del volcán y, en base a los datos obtenidos, presentan este informe especial que tiene como objetivo mostrar, el grado de actividad volcánica actual del Sabancaya, así como mostrar el área afectada por las cenizas emitidas por dicho volcán.

## 2. DATOS DE MONITOREO VOLCÁNICO

Tanto el Observatorio Vulcanológico del INGEMMET (OVI) como el Observatorio Vulcanológico del Sur (OVS-IGP) realizan el monitoreo volcánico permanente utilizando métodos sísmicos, geodésicos, geoquímicos y visuales. Actualmente se tienen instalados equipos (Figura 1) que registran permanentemente la información, las cuales son enviados en tiempo real, a los observatorios vulcanológicos.

Complementariamente, existen importantes datos proporcionados por sistemas de monitoreo satelitales, entre los que destacan los siguientes: (1) el Sistema MIROVA (<http://www.mirovaweb.it/?action=volcanoes>) de la Universidad de Turín-Italia, que nos provee del valor diario de la temperatura en el cráter del volcán vigilado. (2) el Global Sulfur Dioxide Monitoring de la NASA ([https://so2.gsfc.nasa.gov/pix/daily/0117/peru\\_so2lf\\_5k\\_ts\\_plot.html](https://so2.gsfc.nasa.gov/pix/daily/0117/peru_so2lf_5k_ts_plot.html)), que nos proporciona información diaria de la densidad del gas magmático SO<sub>2</sub> (dióxido de azufre) a inmediaciones del volcán.

El conjunto de datos e información del OVS, el OVI y de los sistemas satelitales son analizados y sirven para la elaboración de los reportes periódicos y comunicados.

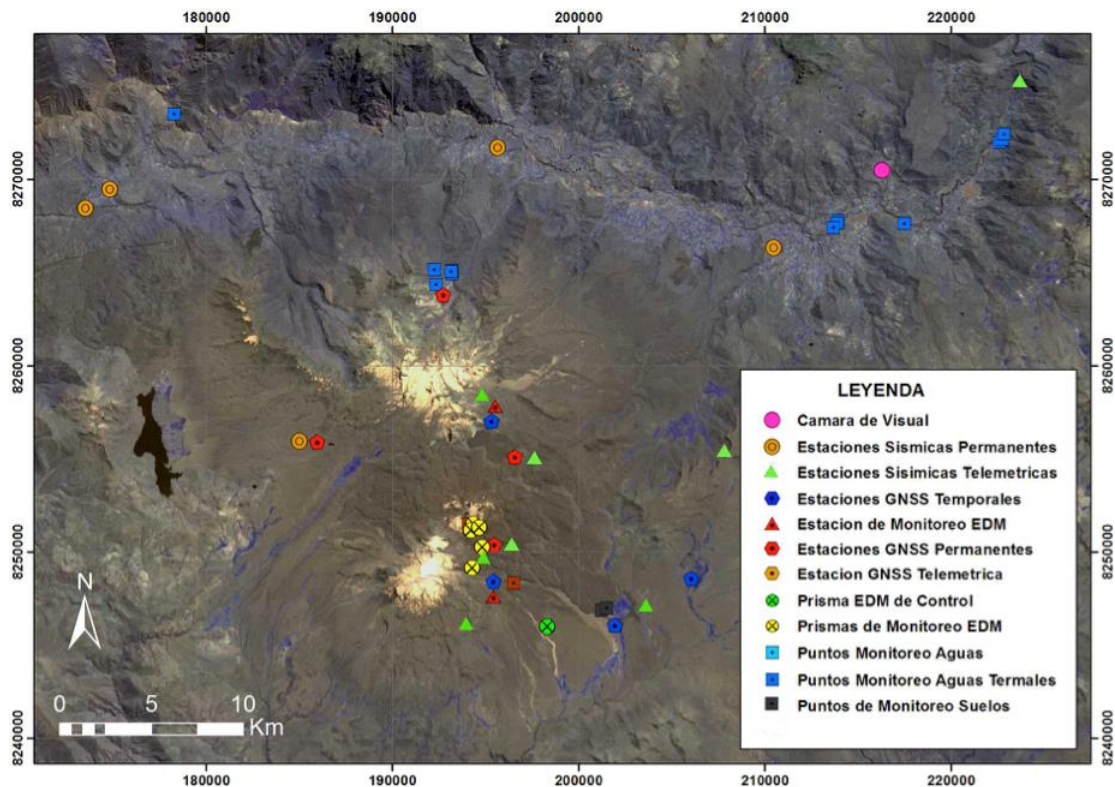


Figura 1. Red de monitoreo del volcán Sabancaya operados por el OVI y OVS.

Entre el 08 de noviembre del 2016 e inicios de enero del 2017, el monitoreo instrumental realizado por el OVI y OVS, muestra los siguientes resultados:

## 2.1 MONITOREO SÍSMICO

La figura 2 muestra el RSAM (Real . time Seismic Amplitude Measurement) que describe la actividad sísmica general asociada a la presente erupción del Sabancaya, y donde se muestra claramente cambios importantes en la actividad sísmica del volcán. El **primer cambio** corresponde al 06 de noviembre del 2016, fecha en que se inicia el proceso eruptivo con alta

actividad explosiva y continua de considerable energía, que se prolongó hasta el 12 de noviembre. Luego, descendió y se tuvo un periodo de actividad constante, con la ocurrencia de explosiones de baja energía. El **segundo cambio** se inició el 31 de diciembre y continúa hasta el presente, registrándose un incremento en el número y energía de las explosiones (ver también la Figura 3).

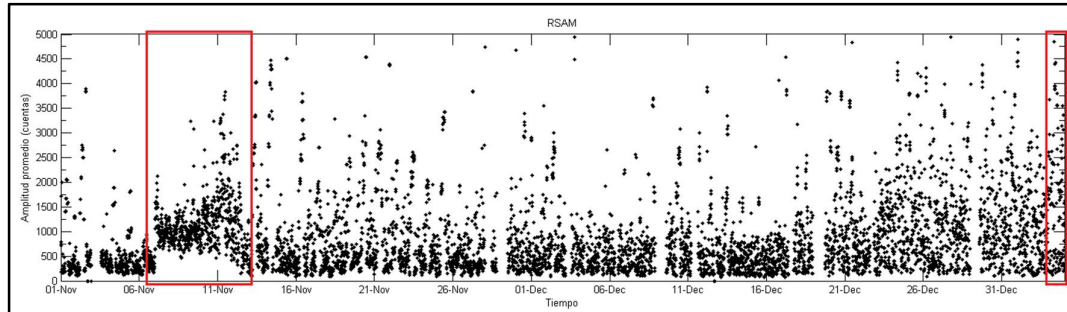


Figura 2. Evolución del cálculo del RSAM para el volcán Sabancaya entre el 01 noviembre 2016 y el 04 de enero 2017. Los rectángulos rojos muestran la posición de los dos cambios importantes.

Respecto de la actividad explosiva, en general el número de explosiones presenta una tendencia al incremento; de un promedio de 30 y 50 explosiones por día entre el 07 de noviembre y 04 de diciembre, a una tasa mayor de 40 a 90 explosiones por día entre el 06 de diciembre de 2016 y 04 de enero de 2017.

Lo anterior se correlaciona con los valores del **desplazamiento reducido - DR**, ocurriendo 711 cm<sup>2</sup> por día, en promedio. Entre el 08 de noviembre y el 22 de diciembre las explosiones presentaron desplazamientos reducidos de hasta 13 cm<sup>2</sup>, sin embargo, a partir del 23 hasta el 26 de diciembre las explosiones presentaron desplazamientos reducidos de hasta 41 cm<sup>2</sup> (área mayor). Dentro de esa fecha, entre el 17 al 26 de diciembre, el DR del tremor asociado a las emisiones de ceniza han aumentado en 64% en comparación al observado del 6 noviembre al 16 de diciembre.

Por otro lado, los **sismos híbridos** (HIB), que están asociados al ascenso de magma se han mantenido en tasas de 14 HIB/día, aunque el DR muestra picos importantes que indican nuevos ascensos de magma a la superficie. Entre el 21 y 24 de diciembre se registraron episodios de tremor armónico (con valores DR de 5.8 y 2.7 cm<sup>2</sup>) y el día 25 de diciembre a las 12:41 hrs., se registró un sismo híbrido energético con un DR de 313 cm<sup>2</sup>; tales eventos se asocian al ascenso de magma a la superficie.

Del 5 de diciembre de 2016 al 04 de enero de 2017 se ha observado que la actividad sismovolcánica es moderada pero con tendencia a incrementarse. En efecto, este comportamiento puede apreciarse claramente en la energía

de las explosiones que aparecen en la figura 3, donde las recientes explosiones han sobrepasado los 5 Megajoules (MJ) de energía.

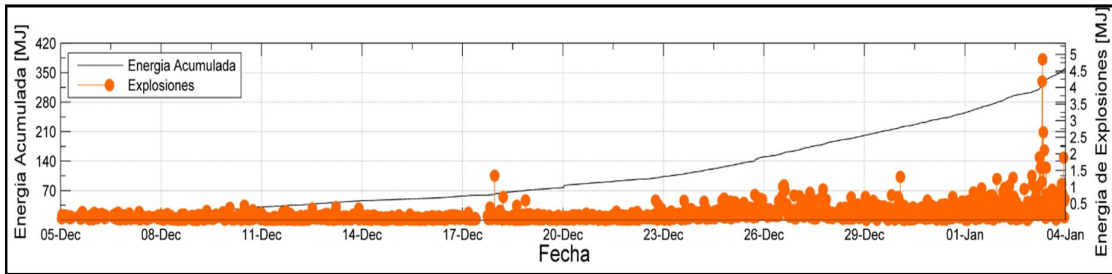


Figura 3. Evolución de la energía sísmica liberada por el volcán Sabancaya, diciembre de 2016 al 04 de enero 2017.

## 2.2 MONITOREO GEOQUÍMICO

El flujo del gas volcánico  $SO_2$  emitido por el Sabancaya, medido mediante estaciones DOAS desplegadas alrededor del edificio volcánico, han registrado altos valores sobrepasando las 7000 Toneladas/día (Figuras 4 y 5). Cronológicamente, los valores máximos fueron registrados el 20 de noviembre (7009 T/día), el 18 de diciembre (3428 T/día), y el 02 de enero (4538 T/día). En diversas ocasiones se han reportado de fuertes olores a azufre que son sentidos en áreas aledañas al volcán, en un radio aproximado de 3 km alrededor del cráter.

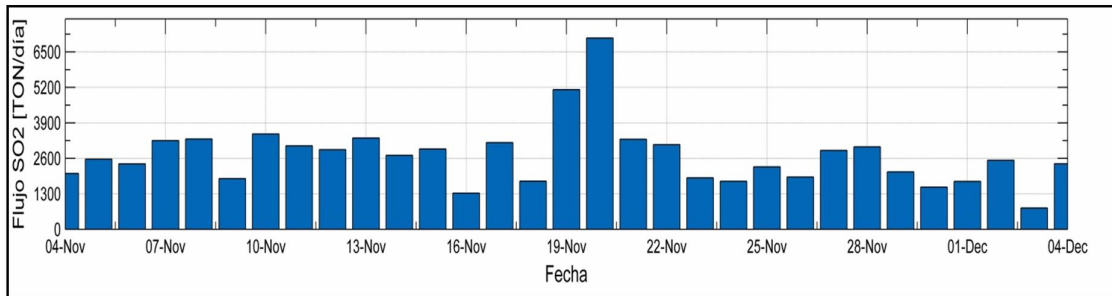


Figura 4. Resultados del monitoreo geoquímico. Mes de Noviembre de 2016.

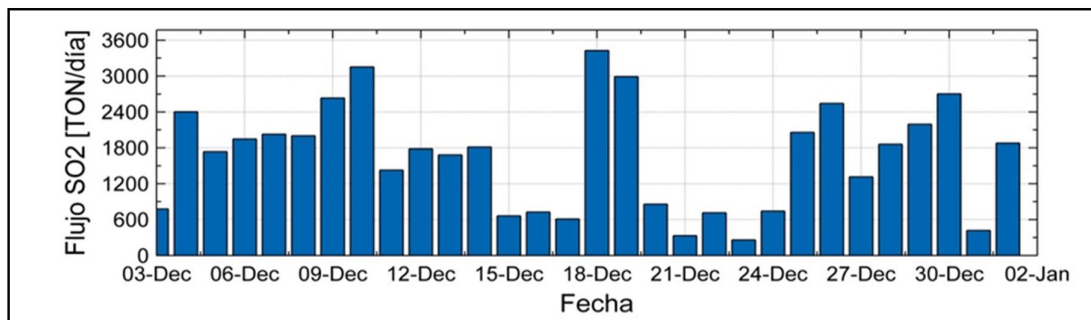


Figura 5. Resultados del monitoreo geoquímico (Diciembre de 2016 a Enero de 2017).



Los datos satelitales del sistema Global Sulfur Dioxide Monitoring (GSDM) de la NASA muestran también la presencia del gas SO<sub>2</sub> y un incremento general y paulatino (Figura 6). Estos datos van en concordancia con el registro de altos valores del flujo medidos en tierra por las estaciones DOAS desplegadas alrededor del volcán.

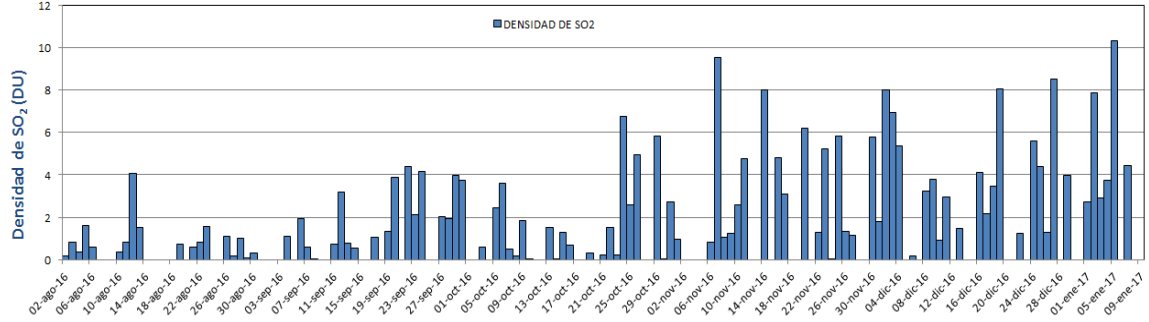


Figura 6. Datos satelitales (GSDM-NASA) de la densidad de gas magmático SO<sub>2</sub>, reportado entre agosto 2016 y enero 2017 para el volcán Sabancaya. Se observa incremento paulatino.

### 2.3 MONITOREO GEODÉSICO

El monitoreo geodésico detecto un cambio con el método de GPS. En la figura 7 se presentan las series temporales de la estación Hornillos, en la cual se aprecia que la deformación fue de 10 mm hasta el día 20 de diciembre y a partir de ese día esta deformación se redujo a 5 mm, lo que significa que la actividad volcánica continuará con la misma intensidad.

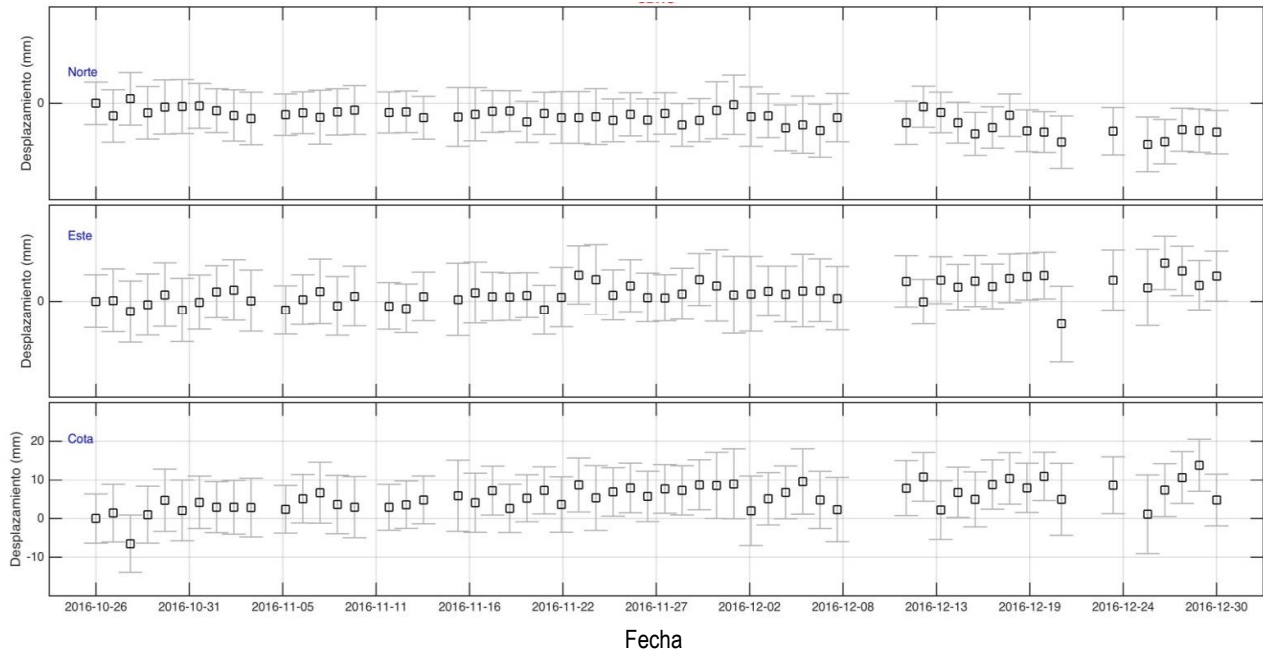


Figura 7. Resultados del monitoreo geodésico efectuado desde el mes de noviembre al 02 de Enero de 2017.

## 2.4 MONITOREO SATELITAL

El sistema satelital MIROVA de la Universidad de Turín (Italia) ha detectado consecutivamente varias **anomalías térmicas en el volcán Sabancaya**, con valores que van desde 1 MW (megawatts) hasta los 17 MW (Figura 8). Este último fue registrado el 24 de diciembre a las 21:55 horas a inmediaciones del cráter. Asimismo, el día 06 de enero de 2017 se detectó otra fuerte anomalía térmica (15 MW) cerca al cráter del volcán, evidenciando así la presencia de un cuerpo caliente en superficie o muy cerca de ella. Estos datos están en concordancia con el **arribo de magma a la superficie detectado por la sismología**.

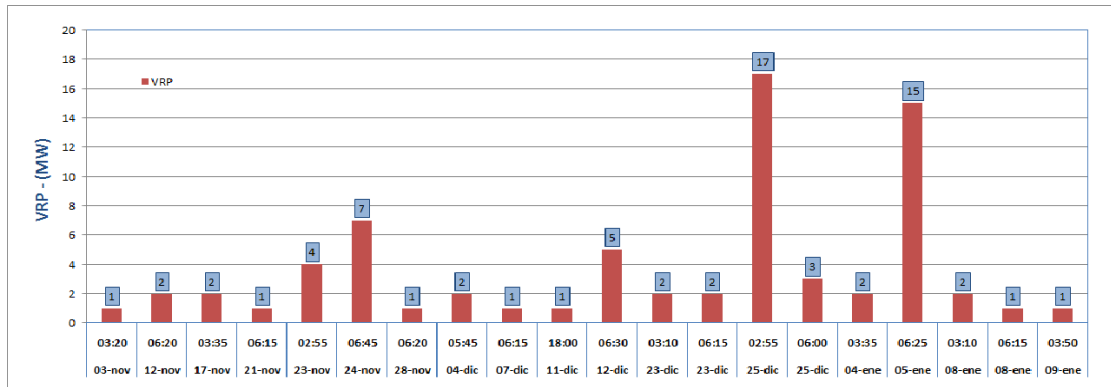


Figura 8. Anomalías térmicas detectadas por el sistema satelital MIROVA en la zona del cráter del volcán Sabancaya, desde noviembre 2016 hasta el presente. Se observa una tendencia al incremento.

## 2.5 MONITOREO VISUAL Y DISPERSIÓN DE CENIZA

Desde el 06 de noviembre, fecha en que se inició el actual proceso eruptivo, hasta la actualidad, las emisiones de ceniza del Sabancaya son recurrentes. Luego de las explosiones se generan columnas de gases y cenizas que **eventualmente alcanzan alturas de hasta 4500 m sobre la cima del volcán** (Figura 9), siendo luego dispersadas según la dirección y velocidad del viento en la zona. Durante las últimas semanas, no obstante la poca visibilidad causada por la nubosidad propia de la temporada, se ha registrado una mayor emisión de gases y ceniza (Figura 10).

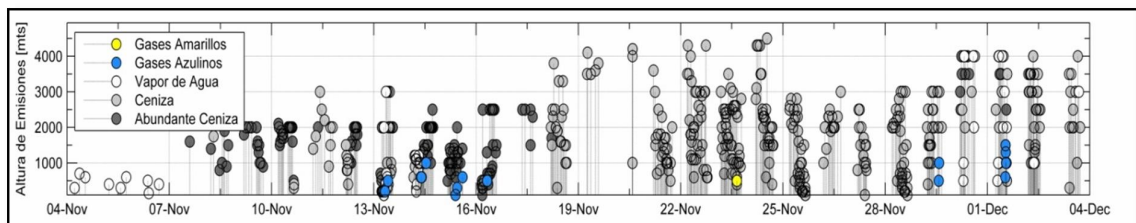


Figura 9. Características y altura de las columnas de gases y cenizas registradas en el mes de Noviembre de 2016.



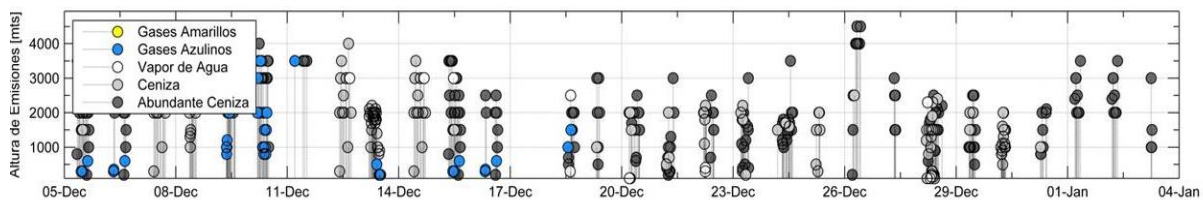


Figura 10. Características y altura de las columnas de gases y cenizas registradas entre el 05 Diciembre de 2016 al 04 Enero de 2017.

Durante las primeras semanas de iniciada la actividad eruptiva del Sabancaya, las cenizas fueron dispersadas por el viento hacia el sector Este y Noreste del Sabancaya afectando principalmente los poblados de Maca, Achoma, Yanque y Chivay. En las últimas semanas, la dispersión de cenizas se ha producido hacia los sectores Oeste y Noroeste del volcán, afectando los poblados de Huambo, Cabanaconde y Pinchollo.

El 26 de diciembre las columnas de ceniza volvieron a experimentar un ligero incremento, alcanzando los 4500 m de altura sobre la cima del volcán. Estas cenizas cayeron sobre los poblados de Cabanaconde, Tapay, Lari, Madrigal, Pinchollo, Maca y anexos de Achoma.

Es importante mencionar que durante la erupción de la década del 90 las caídas de cenizas afectaron también los poblados de Huanca, Taya y Lluta, ubicados al Suroeste del volcán, e incluso se reportaron caídas esporádicas de ceniza en inmediaciones del aeropuerto de Arequipa.

En la figura 11 se ha graficado la zona de afectación por caída de cenizas del volcán Sabancaya, observándose que las cenizas han logrado llegar hasta un poco más de 40 km de distancia alrededor del volcán.

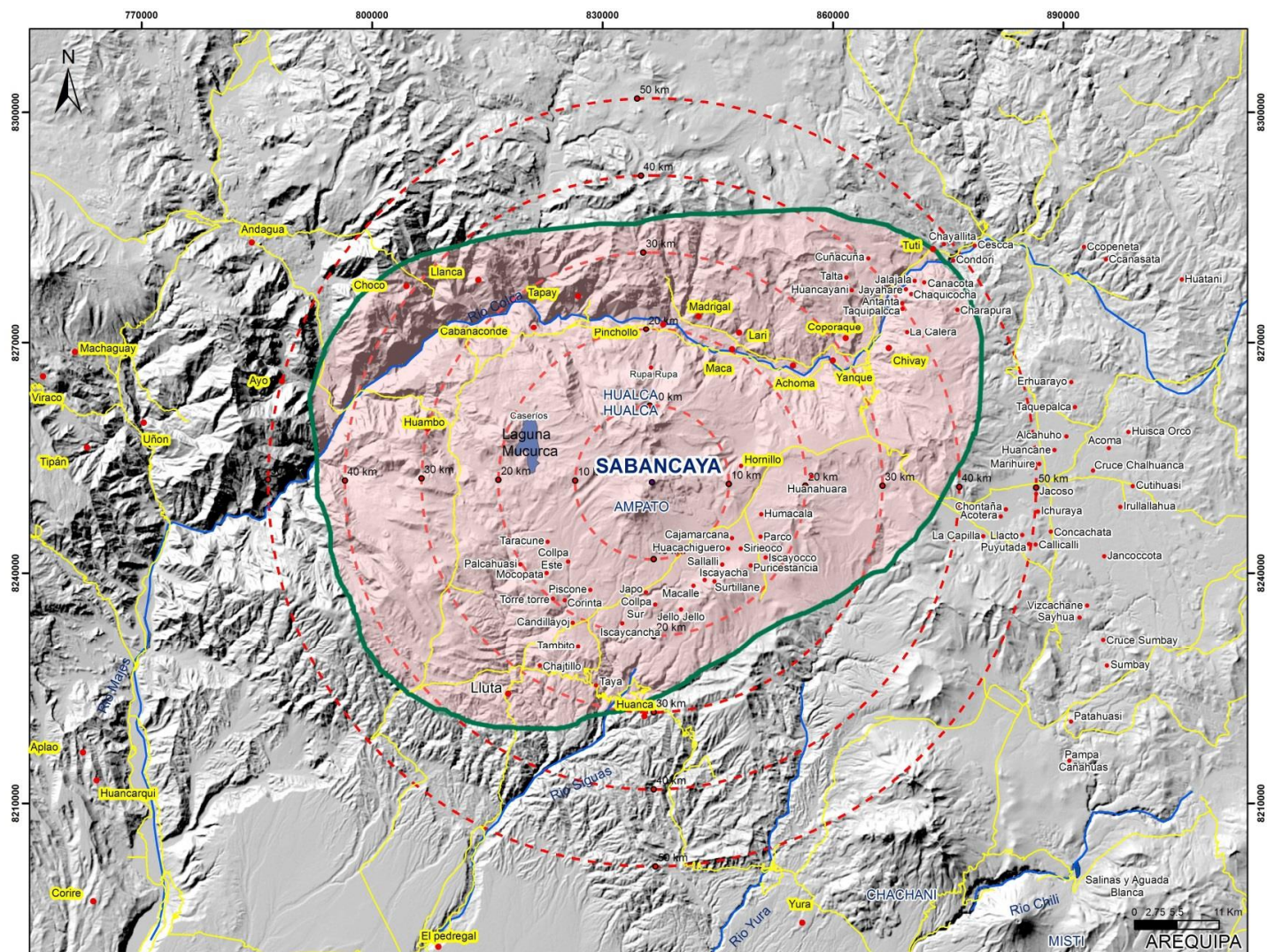


Figura 11. Zona de afectación actual por caída de cenizas del volcán Sabancaya (área de color rojo), que aparece delimitada por la línea en color verde.

### **3. PELIGRO POR LAHARES (flujos de lodo y ceniza volcánica)**

La ocurrencia de lahares constituye otro de los peligros asociados a la actividad eruptiva del volcán Sabancaya. Los productos emitidos por la erupción del volcán Sabancaya pueden fundir parte de la cobertura glaciaria en los volcán-nevados Hualca Hualca, Ampato y Sabancaya. Las lluvias pueden, asimismo, generar lahares en periodos eruptivos.

Durante la actividad eruptiva del Sabancaya 1990 -1998 se produjeron lahares que descendieron por quebradas como la de Huayuray/Pinchollo hasta el río Colca, situado a más de 15 km al norte del volcán (Rodríguez & Uribe, 1994; Macedo *et al*, 2014). Flujos similares se identificaron en el flanco sur del nevado Ampato (hacia Huambo y Lluta), sobre diferentes torrenteras que se dispararon en las zonas planas sin afectación.

Durante el presente proceso eruptivo del Sabancaya, el 3 de enero de 2017 se ha producido un pequeño lahar en la zona de Pinchollo, afectando un tramo de aproximadamente 100 m de la carretera que conduce al Mirador El Cóndor.

### **4. CONCLUSIONES**

1. La sismicidad general en el volcán Sabancaya ha mostrado dos cambios importantes: (1) fuerte incremento al inicio del periodo eruptivo y que se prolongó durante los 6 días siguientes. (2) Nuevo incremento, aunque moderado, a partir del 31 de diciembre a la fecha. También, se observa que a partir del día 21 de diciembre se ha registrado sismos de tipo híbridos+energéticos, los cuales denotan un mayor ascenso de magma hacia la superficie. Como consecuencia, el número y altura de las explosiones se han visto incrementadas durante los últimos días. Esta importante sismicidad está coincidiendo con el aumento de temperatura al nivel del cráter, detectado por el sistema satelital MIROVA.
2. Las mediciones de gases magmáticos tanto en tierra con satelitales muestran presencia importante de SO<sub>2</sub>, con tendencia al incremento. Las alturas en las columnas de gases y cenizas expulsados alcanzaron los 4500 m el día 26 de diciembre. Asimismo, el alcance de las emisiones de ceniza y gases vienen siendo dispersados en dirección Oeste, N y NW llegando hasta poco más de 40 km de distancia del volcán.
3. El área afectada por caída de ceniza del volcán Sabancaya en la actual actividad eruptiva, a partir de los reportes de monitoreo y las informaciones proporcionadas por los alcaldes, comprende parte de los distritos de Tuti, Chivay, Coporaque, Achoma, Lari, Madrigal, Cabanaconde, Tapay, Huambo, Lluta y Huanca (provincia Caylloma), Choco, Ayo (provincia de Castilla).

4. La información analizada nos indica que el Sabancaya viene presentando un ligero incremento en su actividad, la cual puede verse reflejada por una mayor cantidad de explosiones en el día, asociado a una mayor cantidad de emisión de ceniza.
5. La ceniza que está emitiendo el volcán Sabancaya, también puede generar problemas ambientales, tales como la contaminación de fuentes de agua (manantiales, pozos, acequias, ríos y quebradas, lagunas, puquiales, etc.); contaminación de pastizales (forrajes), especialmente del ichu y la alfalfa; incremento de accidentes de tránsito por baja visibilidad; muerte de animales por contaminación de pastos y fuentes de agua; destrucción de áreas de cultivo; colapso de techos en las viviendas, especialmente si estas son de teja, calamina, eternit o ichu; en periodos de lluvia puede generar lluvias ácidas, lahares, entre otros.
6. Todas estas características eruptivas definidas por el monitoreo actual del volcán sobre los cambios sustanciales en su comportamiento, conllevo al Comité Científico elevar el nivel de alerta a naranja (ver Comunicado Oficial N° 04-2016).
7. Ambos observatorios, OVS y OVI responsables del monitoreo de volcanes en el país, continúan realizando trabajos de monitoreo de manera permanente a fin de informar a las autoridades y la población el desarrollo de este proceso eruptivo.

## **5. RECOMENDACIONES**

1. No acercarse al volcán, en un radio de 12 km alrededor del cráter.
2. Ejecutar los planes de contingencia elaborados por el Gobierno Regional de Arequipa ante un incremento en la actividad volcánica del Sabancaya.
3. Mantenerse informados sobre la actividad del volcán Sabancaya a través de los reportes de monitoreo del OVI y del OVS.
4. Mejorar los accesos (caminos carrozables y trochas) que permiten desarrollar el trabajo de monitoreo del volcán.
5. Convocar a los diferentes sectores (Agricultura, ANA, Vivienda y Construcción, Salud, Educación, Transportes y Comunicaciones, Comercio y Turismo, Energía y Minas, Inclusión Social) sobre las actividades inherentes a sus despachos, a fin de conjugar esfuerzos en relación al incremento de la actividad volcánica y sus efectos.



## 6. REFERENCIAS

GERBE M.-C., THOURET J.-C. (2004). Role of magma mixing in the petrogenesis of lavas erupted through the 1990-98 explosive activity of Nevado Sabancaya in south Peru. *Bulletin of Volcanology*, 66, 541-561.

MACEDO O., PUMA N., TORRES JL., DEL CARPIO J., CENTENO R. & CHIJCHEAPAZA R. (2014) Volcán Sabancaya: Lecciones de la reciente erupción 1990-98 y características del estado de %tranquilidad volcánica+observada desde febrero 2013., Reporte Técnico Especial N°02-2014, OVS, Instituto Geofísico del Perú, 70 pags.

MARIÑO, J. (2012). Escenarios eruptivos y mapa de peligros del complejo volcánico Amapato-Sabancaya. Tesis Maestría, Universidad de Nice, Francia, 87 p.

RIVERA, M.; MARIÑO, J.; SAMANIEGO, P.; DELGADO, R. & MANRIQUE, N. (2016). Geología y evaluación de peligros del complejo volcánico Ampato - Sabancaya (Arequipa), INGEMMET. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 61, 122 p., 2 mapas.

RODRIGUEZ A. & URIBE M. (1994). Participación del Instituto Geofísico del Perú en relación con la reactivación del Volcán Sabancaya, provincia de Caylloma, región de Arequipa. Informe interno OVS-IGP, Oficina de Arequipa, 28 pags..

SAMANIEGO, P., RIVERA, M., MARIÑO, J., GUILLOU, H., LIORZOU, C., ZERATHE, S., DELGADO, R., VALDERRAMA, P. (2016). The eruptive chronology of the Ampato-Sabancaya volcanic complex (Southern Peru). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. Vol. 323, p. 110-128.

<http://ovi.ingemmet.gob.pe>



<http://ovs.igp.gob.pe>

