



Boletín de la Sociedad Geológica del Perú

journal homepage: [www.sgp.org.pe](http://www.sgp.org.pe) ISSN 0079-1091

## La erupción del volcán Sabancaya durante el 2020, estudios y monitoreo multiparamétrico

Fredy Apaza<sup>(1)</sup>, Mayra Ortega<sup>(1)</sup>, Luis Cruz<sup>(1)</sup>, Rafael Miranda<sup>(1)</sup>, David Vadivia<sup>(1)</sup>, Edu Taipe<sup>(1)</sup>, Saida Japura<sup>(1)</sup>, Rosario Paxi<sup>(1)</sup>, Beto Ccallata<sup>(1)</sup>

(1) Observatorio Vulcanológico del INGEMMET.

### RESUMEN

El volcán Sabancaya ubicado en el sur de Perú, se encuentra actualmente en un proceso eruptivo desde el 2016, el OVI, realiza el monitoreo permanente y sistemático del volcán Sabancaya, mediante los diferentes métodos de monitoreo, tales como la geología, deformación, sismicidad volcánica, flujos de SO<sub>2</sub>, observaciones en superficie, imágenes satelitales, etc. Los resultados del monitoreo durante el 2020 nos muestran resultados de la deformación superficial se asoció a dos factores: (I) proceso de inflación regional debido a la presión generada por el cambio de volumen del reservorio magmático principal, el cual, se ubicaría a ~6 km al norte del volcán Sabancaya y a ~12.6 km de profundidad por debajo del volcán Hualca Hualca, y (II) incremento en la inflación cercana al cráter, relacionada a la migración de magma hacia la superficie. En cuando a la actividad sismo – volcánica, esta estuvo representada principalmente por la ocurrencia de sismos Volcano – tectónicos distales y proximales, en ocasiones a manera de enjambres y los cuales, se asociaron a pulsos de intrusión magmática, además los sismos VT, fueron los causantes de observarse, en días posteriores a su ocurrencia, un incremento en la sismicidad de baja frecuencia (sismos de largo periodo, tremor volcánico y explosiones) más superficial y cercana al volcán, la cual, estuvo reflejada por aumentos en la actividad explosiva y tremor volcánico, asociados en superficie a importantes emisiones de gases y ceniza y a emisiones continuas de gases, ceniza y vapor de agua re-

spectivamente, con alturas que oscilaron entre los 1,000 y 3,600 metros sobre el cráter; también se registró en menor cantidad, señales sísmicas asociadas a eventos superficiales tales como lahares, caída de rocas y/o pequeños flujos piroclásticos. El seguimiento del gas magmático (SO<sub>2</sub>), por su parte, mostró periodos de incremento en los flujos, sugiriendo el ascenso de magma desde la cámara magmática principal hacia niveles más superficiales. Las observaciones y seguimiento de imágenes mediante cámaras ópticas, infrarroja, sobrevuelos con dron y sensores remotos, permitieron corroborar que, todos estos cambios registrados por los métodos anteriores, se asociaron a procesos de destrucción parcial del primer domo de lava (Huk) y la formación/crecimiento y destrucción de un segundo domo de lava (Iskay).

**PALABRAS CLAVE:** Sabancaya, Perú, Domo

### ABSTRACT

The Sabancaya volcano located in southern Peru, is currently in an eruptive process since 2016, OVI performs permanent and systematic monitoring of the Sabancaya volcano, through the different monitoring methods, such as geology, deformation, volcanic seismicity, SO<sub>2</sub> flows, surface observations, satellite images, etc. The results of the monitoring during 2020 show us results of surface deformation was associated with two factors: (i) regional inflation process due to the pressure generated by the change in volume of the main magmatic reservoir, which, would be located ~6 km north of the Sabancaya volcano and ~12.6 km

deep below the Hualca Hualca volcano, and (ii) increase in inflation near the crater, related to the migration of magma to the surface. As for the seismic-volcanic activity, this was mainly represented by the occurrence of distal and proximal volcano-tectonic earthquakes, sometimes in the form of swarms and which were associated with pulses of magmatic intrusion, also VT earthquakes, were the cause of observed, in days after its occurrence, an increase in low frequency seismicity (long period earthquakes, These were reflected by increases in explosive activity and volcanic tremor, associated on the surface with significant gas and ash emissions and continuous emissions of gases, ash and water vapor, respectively, with heights that ranged between 1,000 and 3,600 meters above the crater; Seismic signals associated with surface events such as lahars, rock falls and/or small pyroclastic flows were also recorded in smaller quantities. The monitoring of magmatic gas (SO<sub>2</sub>), on the other hand, showed periods of increased flows, suggesting the ascent of magma from the main magmatic chamber to more superficial levels. The observations and monitoring of images by optical and infrared cameras, drone overflights and remote sensors, allowed corroborating that all these changes recorded by the above methods, were associated with processes of partial destruction of the first lava dome (Huk) and the formation/growth and destruction of a second lava dome (Iskay).

**KEYWORDS:** Sabancaya, Peru, Dome.

## INTRODUCCIÓN

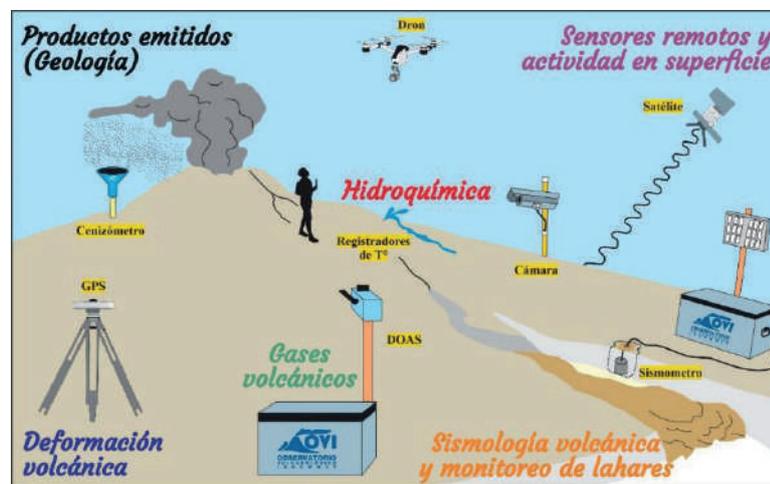
El volcán Sabancaya se encuentra ubicado a 80

km al NNO de la ciudad de Arequipa, y a 30 km al SO de la localidad de Chivay (Fig. 2.2), en la Cordillera Occidental de los Andes del Sur peruano. Política y territorialmente, el Sabancaya está situado en la provincia de Caylloma, departamento de Arequipa, en las coordenadas 15.4°S, 71.5°O, a 5,980 m.s.n.m. Durante el año 2020, la red de monitoreo multiparamétrica del volcán Sabancaya estuvo conformada por instrumentación especializada para cada uno de los métodos implementados (geología, deformación volcánica, sismología volcánica, química de gases volcánicos, sensores remotos y monitoreo visual).

## MÉTODOS

El monitoreo de un volcán requiere de la utilización de una variedad de técnicas que permitan registrar tanto la actividad interna como externa, a fin de identificar patrones que adviertan con anticipación el inicio de un proceso eruptivo. Para comprender completamente el comportamiento de un volcán, el monitoreo debe incluir varios tipos de observaciones (geológicas, movimientos del suelo, flujos de gas volcánico, análisis de imágenes satelitales, entre otros) de forma continua y en tiempo real.

Actualmente se ha mejorado el monitoreo, implementando de manera multiparamétrica y progresiva redes más densas y robustas con transmisión de datos en tiempo real, hoy en día, el volcán Sabancaya es monitoreado a través de los siguientes métodos: Geología, Deformación volcánica, Sismología volcánica, Química de gases volcánicos, Monitoreo visual y sensores remotos (Fig. 1):



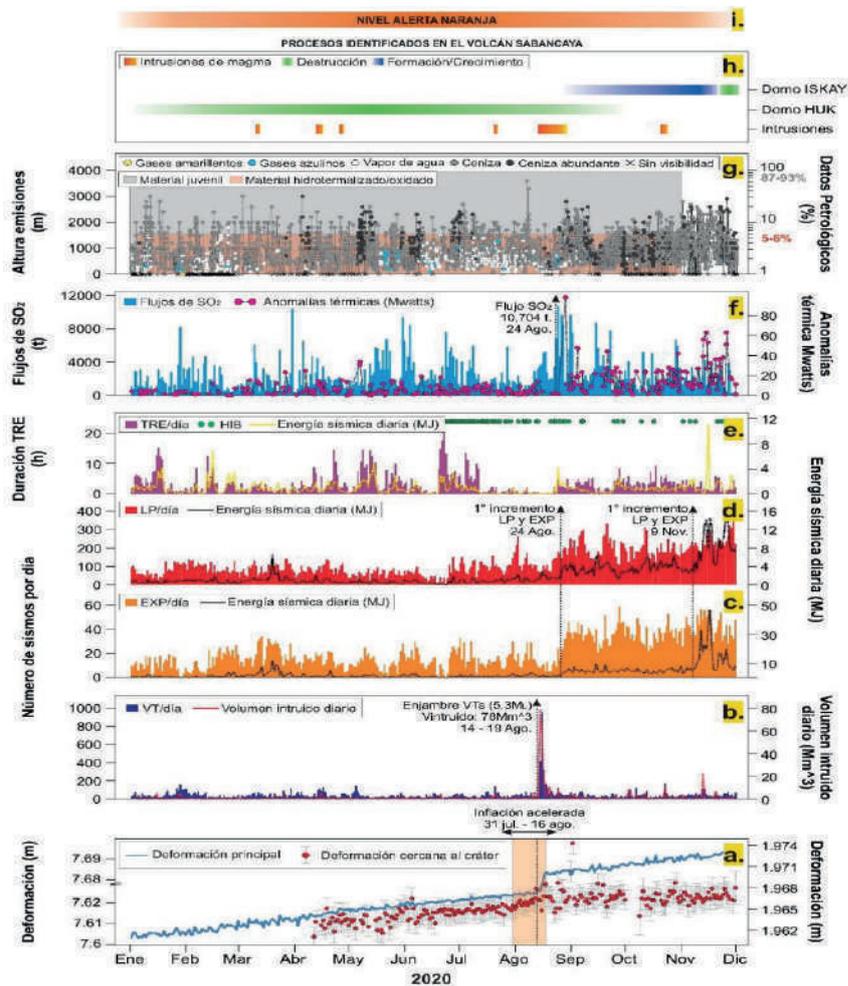
**Figura 1.** Métodos de monitoreo volcánico aplicados por el Observatorio Vulcanológico del INGEMMET (OVI) en el volcán Sabancaya (Fuente: Modificado de Faust, Lisa – USGS).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Fig. 2, se aprecia el comportamiento de cada parámetro de monitoreo en función del tiempo: a. Deformación principal y cercana al cráter; b./c./d./e. Sismicidad volcánica; f. Flujos de Dióxido de azufre  $\text{SO}_2$  y Anomalías térmicas (MIROVA); g. Altura de las emisiones y datos petrológicos de la ceniza volcánica y h. Evolución de domos de lava en el cráter del volcán Sabancaya. Como se mencionó anteriormente, tras el seguimiento, análisis e interpretación de los resultados, a lo largo del 2020, se identificaron tres procesos en el volcán Sabancaya, los cuales se detallan a continuación

### Proceso I. Destrucción del domo de lava "Huk"

(diciembre 2019 – septiembre 2020). Luego del crecimiento acelerado de este domo (octubre – noviembre del 2019), a partir de diciembre se registra un cambio en la actividad del volcán, en donde la energía de las explosiones disminuye notablemente y empieza a predominar en su lugar el tremor volcánico y el registro de sismos híbridos, por otra parte, los flujos de  $\text{SO}_2$  también disminuyeron al igual que la altura de las emisiones, y en cuanto a la deformación no se registraron cambios importantes. También se registró la ocurrencia de pequeños flujos piroclásticos, eventos típicos durante periodos de destrucción de domos de lava. Este escenario fue corroborado mediante el seguimiento con las imágenes satelitales y sobrevuelos con dron (Fig. 3).



**Figura 2.** Evolución temporal de la actividad explosiva en base a los parámetros de monitoreo. **a.** Series temporales de las líneas base: SBMU – SBMI y SBSE – SBHO de las estaciones GNSS **b.** Número de sismos VT (distales y proximales) y el volumen intruido diario; **c.** Número de explosiones y su energía sísmica; **d.** Número de sismos LP y su energía sísmica; **e.** Número de sismos híbridos, duración en horas del tremor volcánico y su energía sísmica; **f.** Mediciones del flujo de Dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) y Anomalías térmicas (MIROVA); **g.** Altura de las emisiones y datos petrológicos de la ceniza volcánica; **h.** Evolución de los domos de lava en el cráter del volcán Sabancaya; **i.** Nivel de alerta volcánica.

**Proceso II. Pulsos de intrusiones magmáticas (marzo - octubre 2020).** La continua inflación registrada a 6 km al norte del cráter del volcán Sabancaya y la ocurrencia de enjambres de sismos VT distales, localizados principalmente, al noreste, norte y noroeste, han sido las señales más claras que han sugerido la ocurrencia de procesos de intrusión magmática provenientes de la cámara profunda ubicada a aproximadamente 12.6 km por debajo del volcán Hualca Hualca. En algunas ocasiones, estas señales han sido acompañadas por desgasificaciones violentas, como la ocurrida el 24 de agosto, donde se registró un flujo de  $\text{SO}_2$  considerado como “MUY GRANDE”. Cabe resaltar que, durante este periodo se registraron seis enjambres de sismos VT distales, siendo el más importante el ocurrido entre el 14 y 19 de agosto, para el cual, el volumen de magma intruido fue de  $78 \text{ Mm}^3$ , sugiriendo un importante volumen de magma involucrado a comparación de los otros enjambres.

**Proceso III. Formación/Crecimiento y destrucción parcial del domo de lava “Iskay” (Julio – noviembre 2020).** Finalmente, entre el 31 de julio y el 16 de agosto se registró una inflación acelerada en las proximidades al cráter y posterior al enjambre del 14 de agosto, se comenzó a registrar un incremento en la sismicidad más cercana al volcán (LP y EXP – eventos LF acoplados). Esta activi-

dad estaría asociada a la migración de fluidos (gases, magma) a través de los conductos volcánicos hacia profundidades someras y cercanas al ventó eruptivo. Por otra parte, la acumulación de gases por debajo de la superficie (reflejado en los flujos de  $\text{SO}_2$ ) debido a la poca permeabilidad, provocó la formación de este segundo domo de lava, pero debido a que estos cambios observados no superaron los umbrales registrados durante el proceso de formación y crecimiento acelerado del domo “Huk” (2019), es que se sugirió que la formación de este nuevo domo de lava (Iskay) fue de menor tamaño. A su vez, las anomalías térmicas registradas por el sistema MIROVA, comenzaron a detectar valores altos de energía irradiada evidenciando también, la presencia de un cuerpo caliente muy cerca de la superficie. Toda esta información registrada a través de los diferentes parámetros de monitoreo, posteriormente, fue confirmada con el análisis de imágenes satelitales, térmicas y sobrevuelo con dron, donde efectivamente se pudo observar la presencia de un nuevo cuerpo de lava anidado en el cráter del volcán Sabancaya. Por último, el descenso de la actividad explosiva y en su lugar, el predominio de tremor volcánico, asociado a la ocurrencia de eventos muy similares a pequeños flujos piroclásticos, indicaron procesos de destrucción parcial del domo de lava “Iskay” (Fig.4).



**Figura 3.** Vista del cráter del Sabancaya en dirección Sur – Norte, izquierda del 20 de junio del 2020, derecha 01 de diciembre donde se observa la ausencia del domo de lava. Imagen obtenida de un sobrevuelo con dron.



**Figura 4.** Imágenes de caída de rocas observadas el 14 de mayo (izquierda) y el 27 de junio (derecha) en el volcán Sabancaya, captadas por la cámara SHUA.

## CONCLUSION

En base en la interpretación integral de los diferentes parámetros de monitoreo, el comportamiento del volcán Sabancaya permanece en un contexto de una erupción leve a moderada, asociada a repetidos procesos de intrusión magmática, destrucción y formación de domos de lava en el cráter activo, cuya dinámica interna genera una actividad explosiva con emanación de gases magmáticos, material juvenil (en mayor porcentaje que el material oxidado e hidrotermalizado) y en ocasiones eyección de proyectiles balísticos alrededor del cráter; todo lo anterior, a consecuencia del accionar de una cámara magmática principal ubicada a 12.6 km por debajo del volcán Hualca Hualca.

## REFERENCIAS

Cruz, L. 2019. Análisis de deformación del volcán Sabancaya como herramienta útil en el pronóstico de erupciones periodo 2012-2017. Tesis Título Profesional. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/10016>

Observatorio Vulcanológico del INGEMMET. 2016. Inspección Geológica del volcán Sabancaya (Distrito Maca y Lluta, Provincia Caylloma, Región Arequipa). Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. Informe técnico N° A6728. 16p.

<https://hdl.handle.net/20.500.12544/1002>

Peccerillo, P. y Taylor, S.R. 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area. Northern Turkey. Contributions to Mineralogy and Petrology 58, 63–81.

<https://doi.org/10.1007/BF00384745>

Ramos, D., Masías, P., Apaza, F., Miranda, R., Antayhua, Y., Ortega, M., Ancasi, R., Ccallata, B., Luza C., Valdivia, D., Cruz, L. y Taipe, E. 2019. Informe técnico anual: Vigilancia del volcán Sabancaya, periodo 2019. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. Informe técnico N° A6998. 99p.

<https://hdl.handle.net/20.500.12544/2578> INFORME TÉCNICO A7136

Ramos, D., Masías, P., Apaza, F., Lazarte, I., Taipe, E., Miranda, R., Ortega, M., Ancasi, R., Ccallata, B., Calderón, J. y Rivera, M. 2016. Los inicios de la actividad eruptiva 2016 del volcán Sabancaya. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. Informe técnico N° A6735. 30p.

<https://hdl.handle.net/20.500.12544/1467>