

Actividad volcánica asociada a procesos de formación y destrucción de domos de lava en el volcán Sabancaya, 2019 - 2022

Mayra Ortega¹, Luis Cruz¹, Fredy Apaza¹, Rosa Anccasi¹, Rosario Paxi¹, Edu Taipe¹, Videl Chavez¹

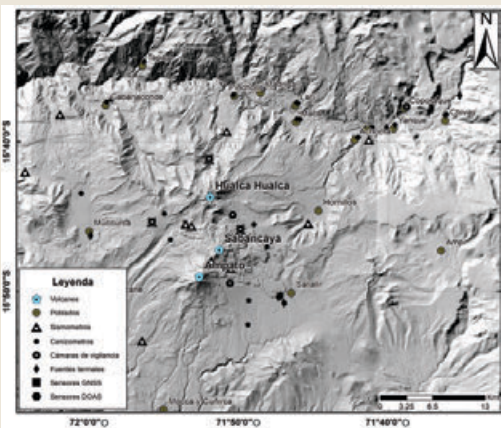
¹ Observatorio Vulcanológico del INGEMMET, Arequipa, Perú - mortega@ingemmet.gob.pe

Palabras clave: volcán Sabancaya, Domos de lava, Monitoreo multidisciplinario.

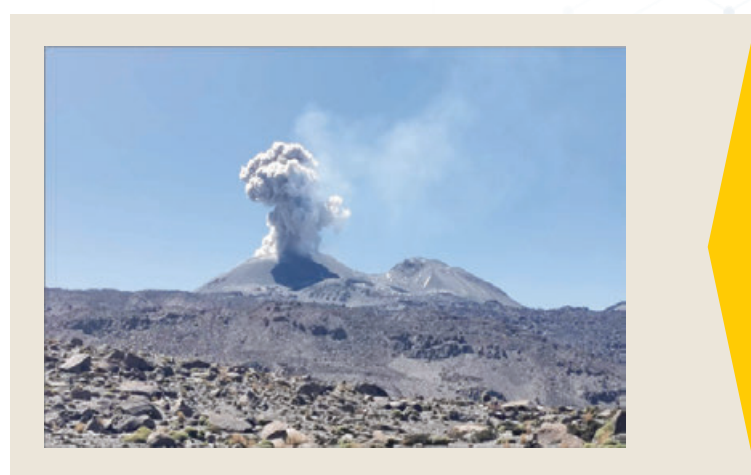
INTRODUCCIÓN

El volcán Sabancaya (5,980 msnm) se localiza en la parte sur-central de la provincia de Caylloma, departamento de Arequipa, aproximadamente a 76 km en dirección noroeste de la ciudad de Arequipa (Figura 1). Entre 10 y 25 km desde el cráter, se ubican más de veinte centros poblados de la provincia de Caylloma, cuya población actualmente se encuentra afectada por la actividad eruptiva del volcán. El volcán Sabancaya limita por el norte con el volcán Hualca Hualca y al sur con el volcán Ampato, con el cráter activo ubicado en las coordenadas geográficas 15°47' latitud sur y 71°50' longitud oeste.

constituido por dos conos superpuestos, al medio de los cuales se encuentra el cráter activo. Los estudios geológicos, muestran que este volcán se ha edificado en tres etapas: Sabancaya I (compuesto por flujos de lava andesítica y dacítica que conforman la base del volcán, al pie del flanco este y oeste), Sabancaya II (conformada por flujos de lava que sobreyacen a las lavas de la primera etapa, además de un domo de lava andesítico ubicado al sur del cono de cenizas del volcán Sabancaya cortando los flujos de lava de esta etapa) y Sabancaya III (conformado por flujos de lava que forman la parte superior del cono noreste del Sabancaya y también por flujos de lava del cráter adventicio).



► Fig. 1 – Mapa de ubicación del volcán Sabancaya y red de monitoreo multiparamétrico operada por el OVI.



► Fig. 2 – Volcán Sabancaya, vista desde el flanco Noroeste.

Contexto Geológico

El volcán Sabancaya (Figura 2), en su mayoría está conformado por secuencias de flujos de lava de composición andesítica y dacítica, con limitados depósitos piroclásticos (Rivera et al., 2016; Samaniego et al., 2016). El volcán Sabancaya está

Contexto Estructural

Benavente et al. (2010, 2012) describen un control estructural en dirección noroeste-sureste conformado por fallas normales, principalmente con buzamientos opuestos que cortan depósitos volcánicos cuaternarios, depósitos fluvio-glaciares y aluviales.

Posteriormente, los estudios de neotectónica realizados por Benavente et al. (2018) evidenciaron 14 nuevas fallas activas en el sector del valle del Colca y nuevas características sobre las ya identificadas anteriormente.

METODOLOGÍA

El presente trabajo resulta de la adquisición, procesamiento, análisis e interpretación de la información geo-científica adquirida a través de la instrumentación multiparamétrica instalada de manera permanente y temporal entre los años 2013 a la fecha alrededor del volcán Sabancaya y Hualca Hualca, a fin de llevar un registro continuo y detallado del comportamiento del volcán antes y durante su reciente proceso eruptivo, y de los diferentes procesos geológicos identificados, como fue la formación y destrucción de domos de lava.

Es importante resaltar que, para el trabajo de gabinete, primero se analizaron los parámetros de forma individual y posteriormente se procedió a la integración de interpretación en conjunto.

Tabla 1 – Métodos y tipo de instrumentación que conformaron la red de monitoreo multidisciplinario del volcán Sabancaya (2019–2022).

MÉTODO	INSTRUMENTO	CANTIDAD
GEOLOGÍA	Cenizómetros	43
DEFORMACIÓN VOLCÁNICA	Receptores GNSS	04
SISMOLOGÍA VOLCÁNICA y ACÚSTICA	Sismómetros	15
	Infrasonido	01
QUÍMICA DE GASES VOLCÁNICOS	Escáner DOAS	02
HIDROQUÍMICA	Registrador de temperatura	01
	Estación meteorológica	01
MONITOREO VISUAL Y SENSORES REMOTOS	Cámaras IP	05
	Cámara térmica	01

Data y Red de monitoreo

El volcán Sabancaya actualmente se encuentra en proceso eruptivo desde el año 2016 y en reiteradas ocasiones, durante periodo de importante actividad volcánica, la caída de ceniza, ha sido el principal peligro que ha afectado zonas proximales y distales al volcán. De acuerdo a la evaluación de riesgo volcánico en el sur del Perú (Macedo et al. 2016), el volcán Sabancaya se encuentra dentro de un nivel MUY ALTO de riesgo volcánico relativo. En tal sentido, este volcán cuenta con una red de monitoreo multiparamétrico denso y robusto con transmisión de datos en tiempo real (Figura 1 y Tabla 1).

ACTIVIDAD VOLCÁNICA ASOCIADA A PROCESOS DE FORMACIÓN Y DESTRUCCIÓN DE DOMOS DE LAVA, 2019 - 2022

Durante el 2019 a la fecha, el volcán Sabancaya ha presentado una actividad que ha oscilado entre niveles leves y moderados, caracterizándose por procesos de intrusión magmática, que posteriormente repercutieron en un incremento en la actividad explosiva, y procesos de formación y destrucción de domos de lava en el cráter activo del volcán.

1.1 Domo HUK

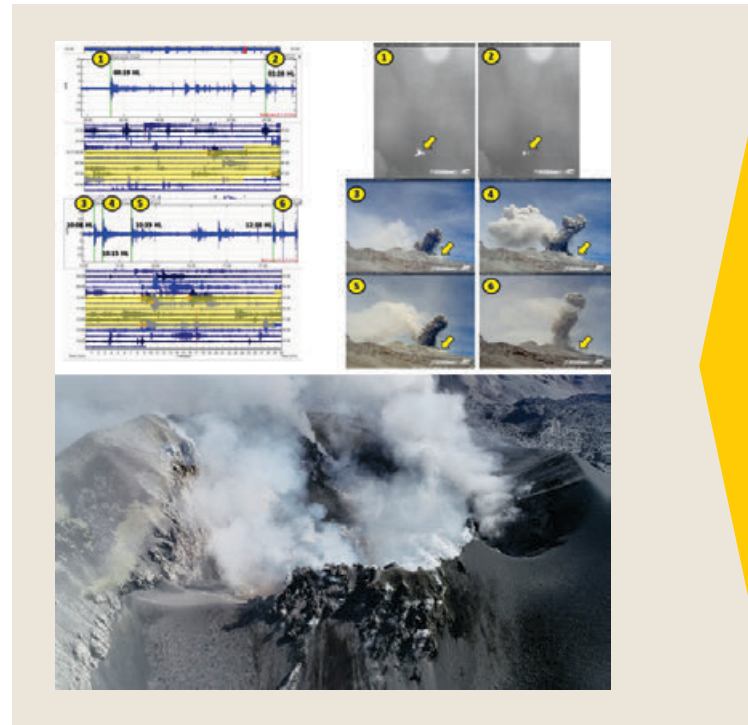
Se identificó a través de imágenes satelitales MODIS y Sentinel – 2, que este primer domo comenzó a formarse lentamente desde febrero del 2017, pero no fue sino hasta el año 2019 (septiembre - noviembre), donde se registró un crecimiento acelerado de este cuerpo de lava, proceso identificado mediante la sismicidad (volúmenes importantes de magma intruído e incremento de la energía sísmica liberada), flujos de dióxido de azufre SO₂ muy altos y anomalías térmicas moderadas, lo cual, sugirió el ascenso de volúmenes importantes de magma muy cerca de la superficie dando lugar al crecimiento acelerado del domo (Figura 3).

Posteriormente, a partir de diciembre del 2019, se registró un cambio en la actividad del volcán, la cual se prolongó hasta julio del 2020, caracterizándose por un descenso de la cantidad y energía de la sismicidad por movimiento de fluidos. De igual manera ocurrió con los flujos de SO₂ y las anomalías térmicas,

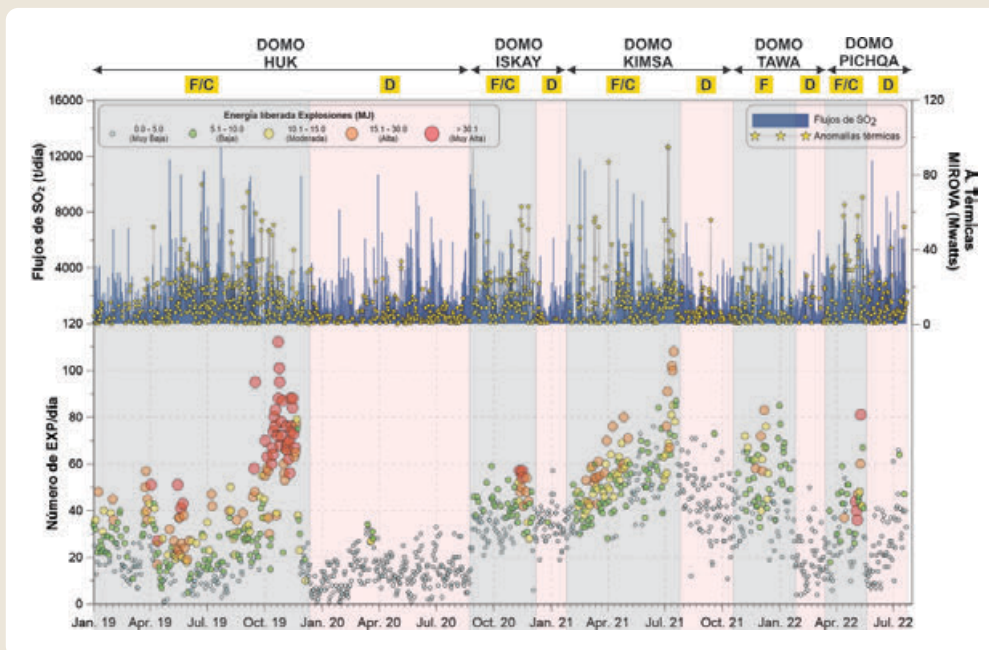
comenzaron a predominar explosiones poco energéticas acompañadas de tremor volcánico que mediante las cámaras de video vigilancia se correlacionaron con la ocurrencia de pequeños flujos piroclásticos generados por colapso de las columnas eruptivas de gases y ceniza (Figura 4), lo cual, indicó la progresivamente destrucción del domo HUK.

1.1 Domo ISKAY

Entre julio y noviembre del 2020, se registró nuevamente un incremento en la sismicidad distal y proximal al volcán, la cual se asoció a procesos de intrusión magmática y migración de este hacia profundidades más someras respectivamente. Por otra parte, el registro de anomalías térmicas moderadas, la acumulación de gases por debajo de la superficie (reflejado en los flujos de SO₂) debido a la poca permeabilidad, provocó la formación de este segundo domo de lava (Figura 3 y 5).



► Fig. 3 – Destrucción parcial del domo de lava HUK, registrado mediante los parámetros de monitoreo.

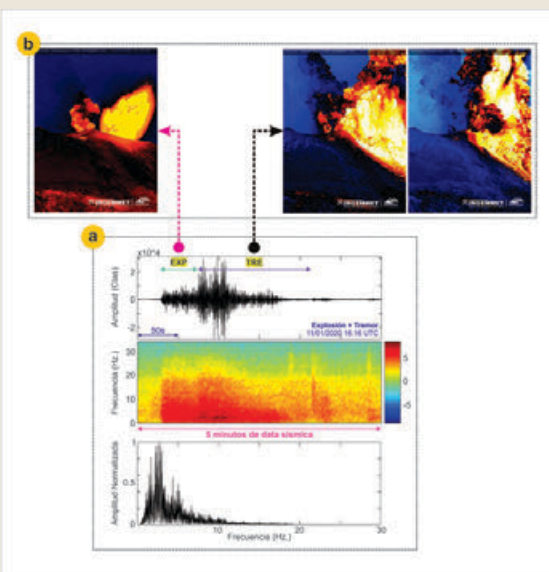


► Fig. 4 – Seguimiento de la actividad volcánica asociada a los procesos de formación y destrucción de domos de lava en el volcán Sabancaya (periodo 2019 -2022). F/C: Periodos de Formación/Crecimiento de domo de lava y D: Periodos de destrucción parcial de los domos de lava.



► Fig. 5 – Sobrevuelo con dron del 01 de diciembre del 2020, donde se evidencia el crecimiento del domo ISKAY

Seguidamente, a partir de diciembre del 2020 hasta principios de febrero del 2021, la actividad volcánica descendió de manera significativa, registrándose principalmente tremor volcánico, valores bajos de flujos de SO₂ (por lo general < 4000 t/día) y anomalías térmicas leves (< 20 MW) y al igual que en el proceso de destrucción del domo HUK, se comenzó a observar explosiones poco energéticas acompañadas de tremor volcánico que en superficie se correlacionaron con la ocurrencia de pequeños flujos piroclásticos (Figura 6), sugiriendo la destrucción de este segundo domo de lava (ISKAY).

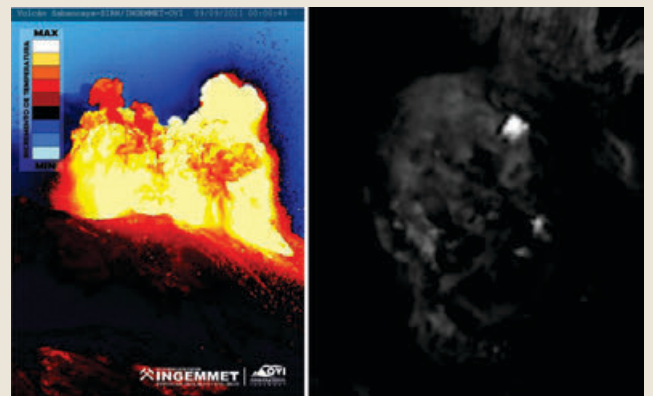


► Fig. 6 – Destrucción parcial del domo de lava ISKAY, registrado mediante los parámetros de monitoreo.

1.1 Domo KIMSA

Entre febrero y julio del 2021, un incremento en la sismicidad distal a manera de enjambres, indicó el inicio de un nuevo periodo de intrusión magmática que posteriormente repercutió en un aumento de la actividad proximal del volcán, reflejándose en el registro de sismicidad por fluidos energética, incremento sostenido del flujo de SO₂ y frecuentes anomalías térmicas moderadas, lo cual indicó la migración de magma hacia la superficie, dándose las condiciones necesarias para la formación de este tercer domo de lava denominado KIMSA (Figura 3), sin embargo, al no observarse en superficie texturas correspondientes a un cuerpo de lava, éste fue catalogado como un domo endógeno.

Luego, entre agosto y octubre del 2021, este domo endógeno empezó a sufrir procesos de destrucción parcial, evidenciándose sobre todo en el parámetro sísmico, con la ocurrencia de explosiones de baja energía acompañadas de tremor volcánico y que en superficie se correlacionó con emisiones de gases y ceniza y fragmentos de roca (Figura 7).



► Fig. 7 – Destrucción parcial del domo de lava endógeno KIMSA. Izquierda: Emisiones con eyección de fragmentos de roca. Derecha: Ausencia de texturas correspondientes a este domo (imagen PlanetScope).

1.1 Domo TAWA

A principios de noviembre del 2021 y mediados de enero del 2022, se registraron nuevamente señales de incremento en la actividad volcánica del Sabancaya

(energía de explosiones ~ 21 MJ, anomalías térmicas moderadas ~ 42 MW y flujos > 4000 t/día), lo cual, sugirió un nuevo proceso de formación de domo de lava, sin embargo, los cambios observados no alcanzaron magnitudes importantes como para superar en tamaño los procesos de formación anteriores, y debido a que fue un pulso pequeño de aporte de magma a niveles superficiales también tuvo una rápida destrucción (Figura 3).

1.2. Domo PICHQA

Desde mediados de marzo a mediados de mayo, se registró un proceso de intrusión, que posteriormente repercutió en un incremento en la actividad proximal al volcán, registrándose flujos de SO₂ altos (> 4000 t/día), incremento en la energía de las explosiones (~ 50 MJ), de igual manera, las anomalías térmicas registradas por MIROVA, comenzaron a presentarse con mayor frecuencia y con valores moderados (> 50 MW), lo cual, indicó un nuevo proceso de formación y crecimiento del quinto domo de lava identificado en el volcán Sabancaya denominado "PICHQA" (Figura 3 y 8), el mismo que, ha sufrido etapas de destrucción



► Fig. 8 -Sobrevuelo con dron del 26 de junio del 2022, donde se evidencia la presencia del domo PICHQA emplazado en superficie.

parcial, evidenciándose con el registro de señales tanto sísmicas y acústicas de alta frecuencia y emisiones de gases y ceniza acompañadas de fragmentos de roca (Figura 9).



► Fig. 9 -Periodos de destrucción parcial del domo de lava PICHQA, registro a través de las cámaras de vigilancia (18 de julio del 2022).

Discusión

Mediante la integración e interpretación de los diferentes parámetros de monitoreo, durante el periodo de análisis del 2019 al 2022, el comportamiento del volcán Sabancaya ha presentado una erupción de leve a moderada, asociada a repetidos procesos de intrusión magmática, lo que a su vez desencadenó un incremento en la actividad volcánica proximal, generando la formación, crecimiento y destrucción de 5 domos de lava anidados en el cráter activo del volcán, cuya dinámica interna ocasionó una actividad explosiva con emanación de gases magmáticos, material juvenil y la 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 (Cruz, L. 2019).

CONCLUSIONES

Con base al seguimiento multiparamétrico de la actividad volcánica del Sabancaya, se identificaron periodos de intrusión magmática.

A lo largo del proceso eruptivo del volcán Sabancaya (2016 – a la fecha), se ha registrado la formación, crecimiento y destrucción de cinco domos de lava (Huk, Iskay, Kimsa, Tawa y Pishqa), los cuales estuvieron anidados en el cráter activo del volcán.

Realizar un monitoreo multidisciplinario ha permitido realizar una caracterización detallada de la actividad volcánica y asociarla a diferentes procesos geológicos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece amablemente a todo el equipo de la ACT12 “Estudio y monitoreo de volcanes activos en el sur del Perú” por haber contribuido mediante el procesamiento y análisis de la información del volcán Sabancaya a lo largo de estos años.

REFERENCIAS

- ▶ Benavente, C.; Carlotto, V. & Del Castillo, B. (2010). Extensión en el arco volcánico actual del sur del Perú.
- ▶ Benavente, C., Delgado, G., & Audin, L. (2012). Estratigrafía de las cuencas lacustres Colca y Omate: ejemplos de paleosismicidad y tectónica activa del arco volcánico cuaternario y actual de los Andes centrales del sur del Perú. In Congreso Peruano de Geología (Vol. 16, pp. 23-26).
- ▶ Benavente, C., Delgado, G. F., García, B., Aguirre, E. M., & Audin, L. (2018). Neotectónica, evolución del relieve y peligro sísmico en la región Arequipa. Boletín C 64. 1560-9928.
- ▶ 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.
- ▶ Macedo, O.; Taipe, E.; Del Carpio, J.; Ticona, J.; Ramos, D.; Puma, N.; Aguilar, V.; Machacca, R.; Torres, J.; Cueva, K.; Cruz, J.; Lazarte, I.; Centeno, R.; Miranda, R.; Álvarez, Y.; Masias, P.; Vilca, J.; Apaza, F.; Chijcheapaza, R.; Calderón, J.; Cáceres, J. y Vela, J. (2016). Evaluación del riesgo volcánico en el sur del Perú, situación actual y requerimientos de monitoreo en el futuro (Informe técnico, 69 pp).
- ▶ Rivera, M.; Mariño, J.; Samaniego, P.; Delgado, R. & Manrique, N. (2016). Geología y evaluación de peligros del complejo volcánico Ampato-Sabancaya, Arequipa. Boletín C 61.
- ▶ Samaniego, P., M. Rivera, J. Mariño, H. Guillou, C. Liorzou, S. Zerathe, R. Delgado, P. Valderrama, and V. Scao (2016), The eruptive chronology of the Ampato–Sabancaya volcanic complex (Southern Peru), *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 323, 110–128 pp.