

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL
Y RIESGO GEOLÓGICO

INFORME TÉCNICO N° A 6728

INSPECCIÓN GEOLÓGICA DEL VOLCÁN SABANCAYA

(Distritos Maca y Lluta , Provincia Cayloma, Región Arequipa)

OBSERVATORIO VULCANOLÓGICO
DEL INGEMMET

SETIEMBRE 2016



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	2
3. INSPECCIÓN DE EMISIONES FUMARÓLICAS	2
3.1 INSPECCIÓN DEL CRÁTER.....	4
3.2 INSPECCIÓN DEL FLANCO NORTE Y LA CIMA DEL VOLCÁN SABANCAYA	8
Inspección de la zona “A”	8
Inspección de la zona “B”:	8
Inspección de la zona “C”	9
Inspección de la zona “D”	10
Inspección de la zona “E”	11
Inspección de la zona “F”	11
Inspección de la zona “G”	12
3.3 INSPECCIÓN DEL FLANCO OESTE Y SUR DEL VOLCÁN.....	13
4. CONCLUSIONES	14
5. RECOMENDACIONES	15
6. REFERENCIAS	16

1. INTRODUCCIÓN

El volcán Sabancaya está localizado a 76 km al NO de la ciudad de Arequipa, en la provincia de Caylloma ($15^{\circ} 46' - 15^{\circ} 52' S$; $71^{\circ} 49' - 71^{\circ} 54' O$). El volcán Sabancaya es el más joven de los 7 volcanes activos del sur del Perú, se ha formado en los últimos 10 mil años. Está conformado principalmente por secuencias de flujos de lava de composición andesítica y dacítica, con limitados depósitos piroclásticos (Mariño, 2012; Rivera et al., 2016; Samaniego et al., 2016).

La cumbre del volcán Sabancaya está a 5980 msnm y el edificio volcánico cubre un área de 65 a 70 km². Está conformado por 2 estrato-conos, alineados en dirección SO-NE (Figura 1). El más antiguo se halla en el extremo suroeste, en cuya cima se emplaza un domo-colada; mientras que el cono más reciente se halla al extremo noreste. El cráter con actividad histórica y reciente se encuentra en la cima del estrato-cono NE. También, en el Sabancaya se han identificado 2 eventos (centros de emisión), adicionales; uno localizado a 3.5 km al SE del cráter, del cual se emitieron flujos de lava; y otro ubicado a 3.5 km al NO del cráter, por el cual se emplazó un pequeño domo-colada. Los 2 eventos y el cráter se encuentran alineados en dirección SE-NO (Figura 1).

Este volcán ha presentado por lo menos 3 erupciones desde el año 1750, los que se registraron en 1750, 1784 y el último entre 1981-1998 (Thouret et al., 1994; Huamán, 1995; Siebert et al., 2011). Estas erupciones fueron de magnitud baja a moderada, de tipo explosivo, con emisiones de ceniza que generaron daños y destrucción en terrenos de cultivo y propiedades.

Luego de casi 15 años de calma, en febrero de 2012, se empezó a registrar un incremento de las emisiones de gases en el volcán Sabancaya. Paralelamente la actividad sísmica también aumentó en áreas cercanas al volcán y la zona del valle del Colca. Los sismos más importantes ocurrieron en febrero 2013 (Tavera et al., 2013a), julio del 2013 (Tavera et al., 2013b) y 14 de agosto 2016, este último tuvo magnitud 5.3 ML y fue seguido de muchas réplicas (Tavera et al., 2016). Si bien, estos sismos deben su origen a la actividad de fallas activas locales, pre-existentes, es probable que tengan un componente volcánico, pues estos sismos se vienen produciendo dentro de un ambiente volcánico. Según recientes investigaciones la ocurrencia de sismos en zonas aledañas a un volcán activo pueden ser eventos premonitorios de una erupción.

En agosto del 2015 personal del Observatorio Vulcanológico del INGEMMET (OVI) reportó la existencia de emisiones fumarólicas en la base del domo SO del Sabancaya. Estas emisiones contenían valores de 50 ppm.m del gas volcánico SO₂. Desde abril del 2016, se detectaron nuevas zonas con emisiones fumarólicas, entre ellas en el flanco Norte (“zona A”), a solo 600 m de distancia del cráter. El día 25 de agosto último, una brigada del OVI realizó una inspección de campo a dicha zona y pudo comprobar importantes emisiones fumarólicas. Finalmente, el día 27 de Agosto último a las 06:51 hrs se registró una leve explosión con una energía sísmica liberada de aproximadamente 72 Megajoules (MJ). Durante la explosión se visualizó ligera emisión de ceniza y la pluma alcanzó hasta 1000 m de altura sobre el cráter.

Debido al incremento de las emisiones fumarólicas del volcán Sabancaya, así como a la aparición de nuevas zonas de emisiones en los flancos del volcán, el OVI acordó realizar un reconocimiento geológico del edificio volcánico, el cual tuvo lugar los días 13 y 14 de setiembre último. La brigada estuvo conformada por los Ingenieros Marco Rivera, Jersy Mariño, Rafael Miranda y Marquiño Cabrera. El presente informe contiene resultados de dicha evaluación.

2. OBJETIVOS

La inspección de campo tuvo los siguientes objetivos:

- realizar un reconocimiento geológico del volcán Sabancaya, a fin de identificar e inventariar nuevas zonas con emisiones fumarólicas en sus flancos;
- realizar un reconocimiento del cráter del volcán Sabancaya, con la finalidad de identificar las zonas de emisiones fumarólicas, así identificar posible presencia de ceniza y proyectiles balísticos recientes, que sospechamos pudieron emplazarse durante la pequeña explosión registrada el 27 de agosto último.

3. INSPECCIÓN DE EMISIONES FUMARÓLICAS

En el volcán Sabancaya se han identificado 07 zonas con emisiones fumarólicas (zonas A, B, C, D, E, F y G), aparte de la zona del cráter (Figuras 2 y 3). Estas zonas se encuentran dentro de un radio menor de 1 km alrededor del volcán, por encima de los 5500 msnm.

Durante la inspección de campo se observaron columnas fumarólicas que alcanzaron alturas de 300 a 1500 m de altura (Figura 4), que se desplazaron con dirección predominante hacia el oeste y suroeste del volcán, hasta aproximadamente 7 km en donde se disipaban. Se observaron dos coloraciones de gas volcánico: una de color blanco azulino que sale más del sector sur del cráter y otra de color gris que sale probablemente más del sector norte del cráter. En áreas cercanas, a menos de 5 km del volcán se percibió un fuerte olor a azufre, que a veces provoca dolor de cabeza y mareos.

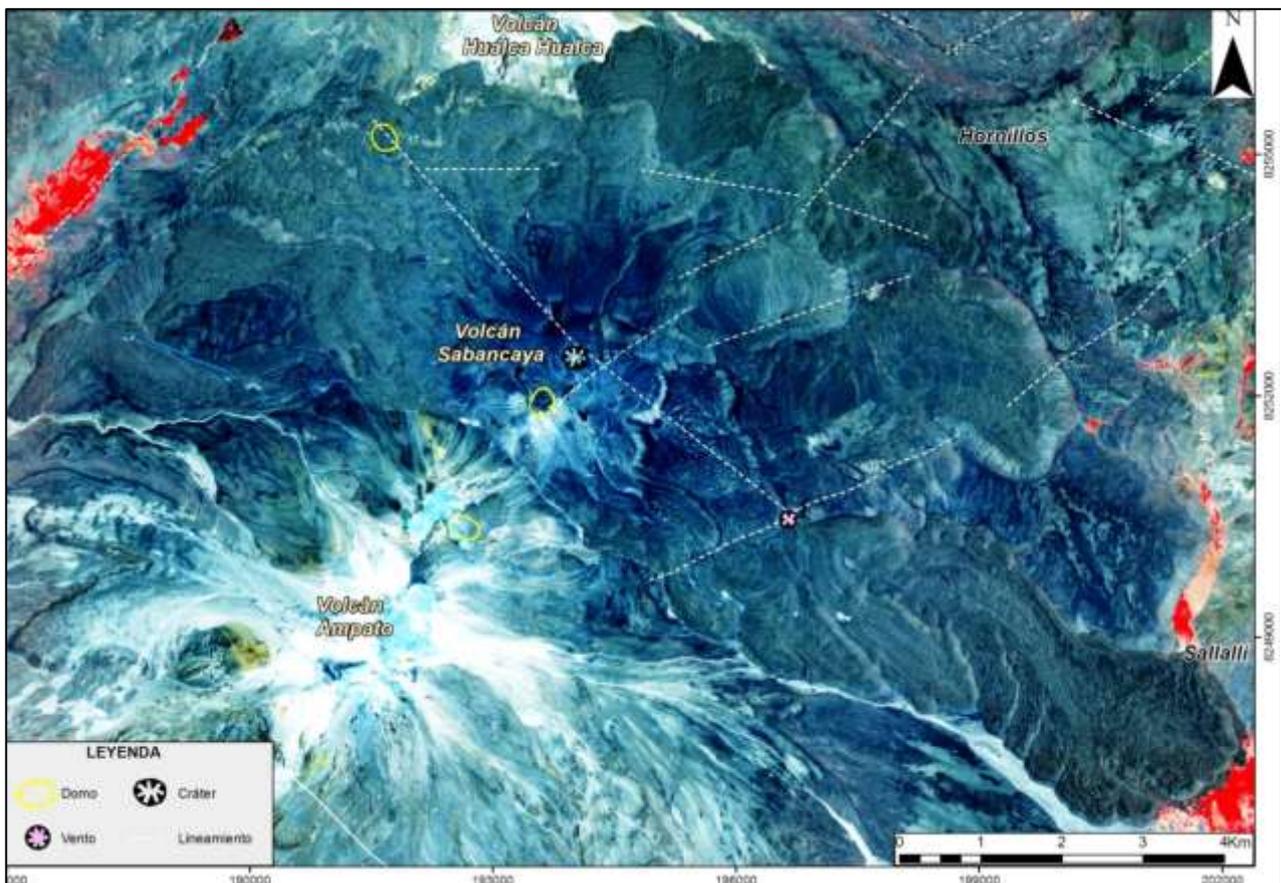


Figura 1. Imagen satelital Rapid eye del Complejo volcánico Ampato-Sabancaya. Se muestran las principales estructuras volcánicas y tectónicas.



Figura 2. Imagen satelital del volcán Sabancaya donde se distinguen zonas con emisiones fumarólicas. A la fecha se han identificado siete zonas con emisiones, fuera del cráter del volcán, la mayoría de ellas en los flancos NO, N y NE del volcán, y uno al SO.

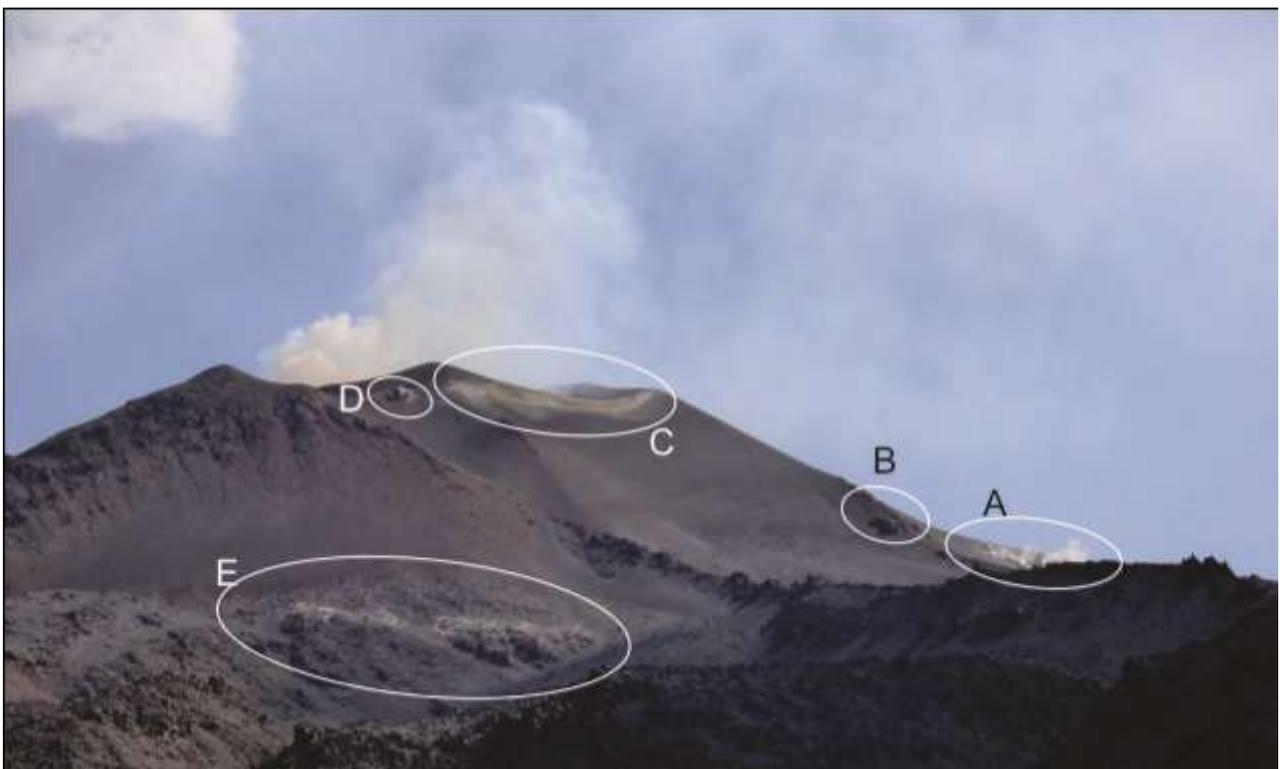


Figura 3. Vista de las zonas de emisión de gases localizados en el flanco norte y cumbre del volcán Sabancaya.



Figura 4. Emisiones de gases blanco azulinos emitidos por el Sabancaya registrado el día 13 de setiembre (flancos norte y noreste). Posee más de 1000 m de altura sobre el cráter.

3.1 INSPECCIÓN DEL CRÁTER

El cráter del volcán Sabancaya posee forma semi-circular, con aproximadamente 350 m de diámetro y cerca de 200 m de profundidad (Figura 2 y 5). En una inspección realizada en octubre del 2009 se observaron hasta 3 zonas con emisión fumarólica, situadas en la base y la pared occidental del cráter (Figura 5). En aquella oportunidad las emisiones fumarólicas eran leves y alcanzaban normalmente algunos pocos cientos de metros de altura sobre la cima del volcán. Durante la inspección de la zona del cráter realizado el día 13 de setiembre último, se pudo constatar que existen numerosas zonas desde donde se producen las emisiones fumarólicas, que generan un ruido muy fuerte, similar al generado por un avión “jet”. Las zonas de emisión están ubicadas en la base y también en las paredes internas del cráter.



Figura 5. Fotografía del cráter del volcán Sabancaya, de octubre del 2009. Se observan leves emisiones fumarólicas, principalmente de la pared occidental del cráter.

En esta oportunidad, se identificaron dos zonas principales de emisión: a) en la base del cráter (Figura 6), donde debido a las intensas emisiones es imposible ver la base, aunque inferimos que las emisiones se dan mayormente en el sector oriental; b) en la parte superior de la pared oriental (Figuras 7 y 8, zona 1E), donde los gases salen de una zona de aproximadamente 60 m de diámetro. En este sector el ruido generado por la salida de gases es muy intenso y en algunos casos generan vibraciones leves en el piso. También se han observado muchas emisiones fumarólicas, en distintas zonas de las paredes verticales del cráter (Figuras 8 y 9, zonas 2SE y 3O). Durante la inspección se pudo observar que las emisiones son discontinuas, leves y alcanzan poca altura.

Por otro lado, se ha identificado una zona de derrumbes en la pared interna NO del cráter (Figura 9). La parte del desprendimiento se encuentra entre 80 y 150 m de altura de la base del cráter. El depósito producto del derrumbe posee poco más de 50 m de diámetro y se emplaza en el sector occidental de la base del cráter. También se han identificado grietas de más de 40 m de largo y 0.3 m de abertura. Estas están ubicadas en la parte superior, sector norte del cráter (Figura 10).

Finalmente, en la zona del cráter no se han encontrado depósitos de ceniza emplazados recientemente por el volcán Sabancaya. Tampoco hay evidencias de emplazamiento reciente de proyectiles balísticos o bombas volcánicas. La ceniza y balísticos hallados corresponden a la última erupción del volcán Sabancaya, ocurrido entre los años 1981-1998.



Figura 6. Emisiones fumarólicas que provienen de la base del cráter del volcán Sabancaya, registrado el día 13 de setiembre 2016. Las emisiones se producen desde el sector oriental de la base. Vista en dirección NO.



Figura 7. Emisiones fumarólicas registradas en pared oriental del cráter del volcán Sabancaya (1E), registrado el 13 de setiembre 2016. Esta es una de las zonas de emisiones más importante, las emisiones son continuas y generan gran ruido. Vista en dirección NE.



Figura 8. En primer plano sector sur del cráter del volcán Sabancaya, donde se observan 2 sectores con emisiones fumarólicas (1E y 2SE). Al fondo la cima del volcán Ampato.



Figura 9. Pared noroeste del cráter del volcán Sabancaya, donde se observa la zona del derrumbe de rocas, así como el depósito generado. También se observan varias zonas con emisiones fumarólicas (30).



Figura 10. Fotografía del cráter del volcán Sabancaya donde se observan grietas de más de 40 m de largo.

3.2 INSPECCIÓN DEL FLANCO NORTE Y LA CIMA DEL VOLCÁN SABANCAYA

Inspección de la zona “A”

El sector “A” está localizado a aproximadamente 600 m al noroeste del cráter del Sabancaya (Figura 3), en las coordenadas UTM (19L): 8253059 N; 193732 E, a una altura de 5685 msnm.

Este sector, comprende un área de aproximadamente 300 m x 100 m (Figura 11A, B). El día 25 de agosto registró una temperatura de 40 a 45 °C en el suelo, y de 75 a 85 °C en las coladas de lava, este dato fue tomado con un termómetro infrarrojo de marca Laserliner ThermoSpot - Vision.

En esta oportunidad, el 14 de setiembre se corroboró que la zona muestra el mismo tipo de actividad; es decir se registran emisiones de gases blanquecinos que no superan los 300 m de altura (Figura 3), y que son emitidos a través de rocas fracturadas, donde se ha impregnado el azufre.



Figura 11A, B. Emisiones fumarólicas de la zona “A”, localizado al pie del sector noroeste del volcán Sabancaya (foto del 25 de agosto 2016).

Inspección de la zona “B”:

La zona de emisión “B” está localizado al noroeste del cráter del Sabancaya, en las coordenadas UTM: 8252963 N; 193852 E, a una altura de 5755 msnm (Figuras 2 y 3).

El área se localiza en la parte intermedia del estrato-cono, flanco norte (Figura 3). Las emisiones de gases se dan a través de grietas. Aparentemente esta zona de emisión es reciente, ya que no presenta alteración hidrotermal, no se observa presencia de azufre como en los otros casos (Figura 12A, B).



Figura 12A, B. Zona de emisiones fumarólicas. A). Vista de la grieta en medio de las rocas; B) emisiones de gas, tenues. Las emisiones en ocasiones superan los 200 m.

Inspección de la zona “C”

Sector localizado en el extremo norte de la cumbre norte del volcán Sabancaya, cuyas coordenadas UTM son las siguientes: 8252751 N; 194094 E.

Esta zona se ubica en la parte Norte del estrato-cono, parte superior muy cercano al cráter (Figura 13). La zona de emisiones abarca un área aproximada de entre 350 x 150 metros. Se observan emisiones de gases muy tenues, así como una extensa área de alteración hidrotermal compuesta por minerales de azufre, de coloración blanquecina a amarilla. Los gases emitidos son de color blanquecinos.

Durante una inspección realizada en octubre del 2009 se observó que no existía una zona de alteración hidrotermal en la zona “C” (Figura 14). Su presencia en la actualidad podría deberse a dos cosas: a) la zona de alteración hidrotermal se encontraba cubierta por ceniza, la cual luego fue removida por procesos erosivos; b) que la zona de alteración hidrotermal se formó en los últimos años.



Figura 12. Vista de otro punto de emisión de gases: “sector C”, localizado en el extremo norte de la cumbre del volcán Sabancaya.



Figura 13. Vista del sector norte del estrato-cono del Sabancaya y el cráter. El cono se encuentra cubierto por depósitos de ceniza emplazados durante las erupciones históricas. La foto fue tomada en octubre del 2009 y no se observa la zona de emisión “C”.

Inspección de la zona “D”

Se encuentra en el extremo norte del volcán, muy cerca de la cumbre del Sabancaya, en las coordenadas UTM: 8252722 N, 194243E (Figuras 2 y 3).

Comprende un área de aproximadamente 100 m x 60 m (Figura 14). Las fumarolas vienen siendo emitidas a través de lavas fracturadas. Estas son de colores blanquecinas y tenues. En los alrededores de la lava fracturada se aprecia ceniza cubierta con precipitados de azufre, que le da una coloración blanco amarillenta al suelo. Durante la inspección de campo, se ha observado columnas fumarólicas tenues que rara vez sobrepasan los 50 m de altura.



Figura 14. Zona de emisiones de gases del sector “D”, localizado en la cima del sector norte del volcán Sabancaya.

Inspección de la zona “E”

Se encuentra al pie del flanco norte del volcán Sabancaya, a unos 800 m del borde del cráter, en las coordenadas UTM: 8253128 N, 194655 E; a 5500 msnm (Figuras 2 y 3). Involucra un área de aproximadamente 300 m x 60 m. Los gases blanquecinos vienen siendo emitidos a través de lavas fracturadas (Figura 15). En dicha zona, existen al menos tres puntos desde donde salen las fumarolas con moderada presión. En los alrededores de la lava fracturada afloran cenizas re-trabajadas, sobre las cuales se han precipitado materiales de azufre de color blanco amarillento.

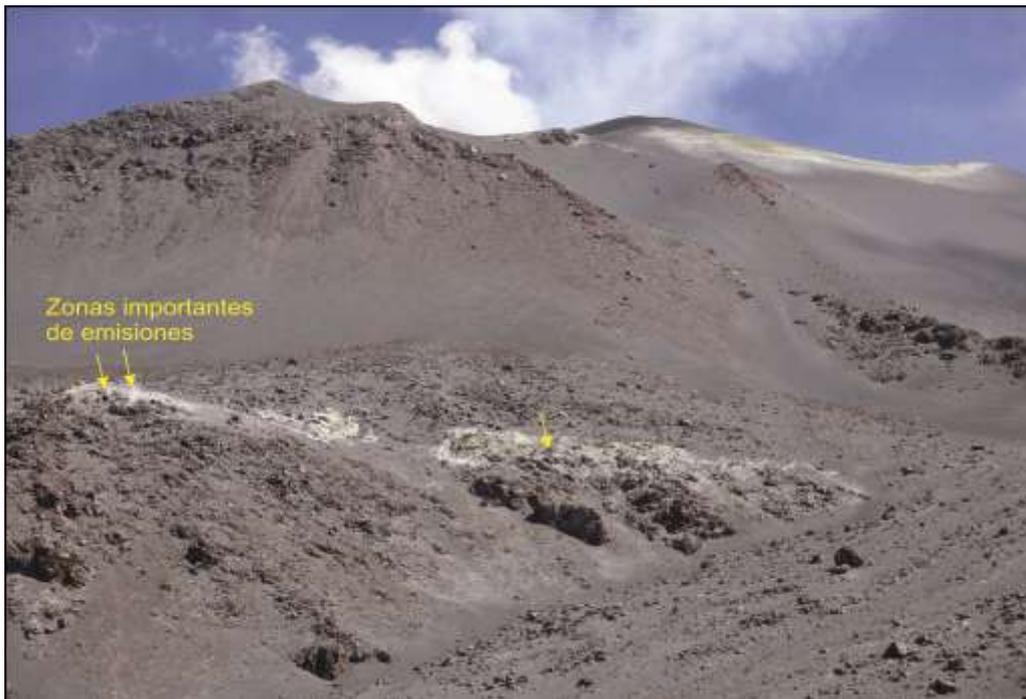


Figura 15. Vista del punto de emisión de fumarolas “sector D”, localizado al pie del sector norte del volcán Sabancaya.

Inspección de la zona “F”

Se encuentra localizada al noreste del cráter del volcán Sabancaya, a pocos más de 100 m de distancia del borde del cráter, en la cima del volcán; cuyas coordenadas UTM son las siguientes: 8252575 N, 194200 E, 5900 msnm (Figura 2). Involucra un área de aproximadamente 100 m x 50 m. Los gases blanquecinos vienen siendo emitidos de forma difusa y tenue (Figura 16A, B). En los alrededores afloran cenizas re-trabajadas, sobre las cuales se han precipitado materiales de azufre de color blanco amarillento.



Figura 16A, B. Vista del punto de emisión de fumarolas “sector F”, localizado en la cima norte del volcán Sabancaya.

Inspección de la zona “G”

Esta zona de emisiones fumarólicas se encuentra cerca de la base del domo sur del volcán Sabancaya, aproximadamente a 500 m de distancia del cráter activo, en las coordenadas UTM: 8251945 N, 193795 E; a 5890 msnm (Figura 17). Durante la inspección se observó que las emisiones eran difusas y muy tenues.



Figura 17. Emisiones difusas y tenues en el sector “G”, debajo del domo del estrato-cono SO.

3.3 INSPECCIÓN DEL FLANCO OESTE Y SUR DEL VOLCÁN

En el flanco oeste del volcán Sabancaya (cono medio superior) se pueden ver lineamientos y fracturas, algunas de cuales corresponderían a fallas. Estas son sub paralelas, alineadas, que miden entre 100 a 1000 m de longitud, con saltos o anchos de abertura que varía entre 1 m a más 20 m (Figura 18).

A través de las fallas o zonas de fracturas no son emitidas fumarolas y la alteración hidrotermal es muy incipiente.

Por otro lado, en los sectores oeste y sur, al pie del volcán, no se observa ceniza ligada a la actividad reciente o actual del volcán.



Figura 18. Fracturas paralelas visibles en el cono superior del volcán Sabancaya, sector occidental de dicho volcán.

4. CONCLUSIONES

En base a los trabajos de campo y análisis de información emitimos las siguientes conclusiones:

1. En el volcán Sabancaya se han identificado 7 nuevas zonas con emisiones fumarólicas, aparte del cráter activo. Estas zonas se encuentran en un radio menor de 1 km alrededor del volcán, por encima de los 5500 msnm. Seis zonas se encuentran en los flancos NO, N y NE (zonas A, B, C, D, E, F) y uno al SO (zona G).
2. Las mayores emisiones fumarólicas se registran en la zona “A”, donde se han observado temperaturas entre 40 a 85 °C, donde, además, en ocasiones se ha observado que las columnas fumarólicas sobrepasan los 500 m de altura. Estas emisiones se registraron por primera vez en abril del 2016. Sin embargo, las zonas con emisiones fumarólicas más extensas son la “C”, “E” y “A” respectivamente, que miden hasta 350 m de largo y 150 m de ancho.
3. En el cráter del volcán Sabancaya se han identificado numerosas zonas desde donde vienen siendo emitidas las fumarolas. Las zonas de emisión están ubicadas en la base y también en las paredes internas del cráter. Se identificaron dos zonas principales de emisiones, situadas en la base del cráter y en la parte superior de la pared oriental. Los ruidos generados por la salida de gases son bastante fuerte y en algunos casos generan vibraciones leves en el piso. Esto contrasta con lo observado en octubre del 2009, donde se registraron solo 3 zonas con emisiones fumarólicas leves, que alcanzaban normalmente algunos pocos cientos de metros de altura sobre la cima del volcán.
4. En el cráter del volcán Sabancaya se ha identificado una zona de derrumbes en la pared interna NO. La parte del desprendimiento se encuentra entre 80 y 150 m de altura, medido desde la base del cráter. El depósito producto del derrumbe posee poco más de 50 m de diámetro. También se han identificado grietas de más de 40 m de largo y 0.3 m de abertura, que están ubicadas en la parte superior, sector norte.
5. En la zona del cráter no se han encontrado depósitos de ceniza, proyectiles balísticos o bombas volcánicas emplazados recientemente por el volcán. La explosión registrada el día 27 de agosto último, no emplazó cenizas o proyectiles balísticos; al parecer se trató de una pequeña explosión freática.
6. Es evidente que en los últimos meses se ha registrado un sustancial incremento de actividad del Sabancaya, lo cual se manifiesta por: a) emisiones fumarólicas en diversas zonas de los flancos del volcán; b) incremento de las zonas de emisión en el interior del cráter del volcán; c) incremento de la altura de la pluma de gases, que hoy fácilmente alcanzan entre 1000 y 1800 m de altura; d) incremento de las emisiones del gas volcánico SO₂, desde agosto 2016 a la fecha se han registrado emisiones de entre 3000 y 5000 toneladas por día (t/d); e) la ocurrencia de una pequeña explosión, cuya energía sísmica liberada fue de aproximadamente 72 Megajoules (MJ). Las ocurrencias de estos tipos de manifestaciones son comunes en un volcán activo sobre todo a inicios de un proceso pre-eruptivo.

5. RECOMENDACIONES

- El Observatorio Vulcanológico del INGEMMET (OVI) recuerda a las autoridades, desarrollar planes de contingencia ante erupciones volcánicas a fin de estar preparados y reducir así los riesgos de desastres.
- Se recomienda no acercarse a las zonas fumarólicas mucho menos al cráter del volcán Sabancaya, debido a la posibilidad de intoxicación y por el riesgo ante alguna eventual explosión.
- El OVI, recuerda que la aparición de este tipo de fenómenos es común en un volcán activo, y reitera el compromiso de brindar información certera y oportuna para la mejor toma de decisiones.

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.

HUAMÁN, D. (1995) - Métodos y aplicaciones de las imágenes de satélite en la cartografía geológica: el caso del seguimiento y evolución de la amenaza volcánica del Sabancaya (región del Colca, Arequipa, Perú). Tesis Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, 138 p.

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

RIVERA, M.; MARIÑO, J.; SAMANIEGO, P.; DELGADO, R. & MANRIQUE, N. (2015). Geología y evaluación de peligros del complejo volcánico Ampato - Sabancaya (Arequipa), INGEMMET. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 61, 122 p., 2 mapas.

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.

SIEBERT, L.; SIMKIM, T. & KIMBERLEY, P. (2011) - *Volcanoes of the world*. 3. ed. Washington, D.C.: Smithsonian Institution, Berkeley, CA: University of California Press, 551 p.

TAVERA, H.; GUARDIA, P.; CONDORI, C.; FERNÁNDEZ, E. & ARREDONDO, L. (2013a) - Sismos de la región del volcán Sabancaya del 22 y 23 de febrero del 2013, informe inédito. Lima: Instituto Geofísico del Perú, Informe Técnico N° 01-2013.

TAVERA, H.; MARTÍNEZ, J.; FERNÁNDEZ, E.; ARREDONDO, L.; FLORES, C. & MILLONES, J. (2013b) - Sismo de Huambo-Cabanaconde (Arequipa) del 17 de julio, 2013 (5,7ML), informe inédito. Lima: Instituto Geofísico del Perú, Informe Técnico N° 02-2013.

TAVERA, H.; GUZMAN, J., VELARDE, L., CUYA, A. (2016) - Sismo de Ichupampa del 14 de agosto del 2016 (5.3 ML), informe inédito. Lima: Instituto Geofísico del Perú, 18 p.

THOURET, J.-C.; GUILLANDE, R.; HUAMÁN, D.; GOURGAUD, A.; SALAS, G. & CHOROWICZ, J. (1994) - L'activité actuelle du Nevado Sabancaya (Sud Pérou): reconnaissance géologique et satellitaire, évaluation et cartographie des menaces volcaniques. *Bulletin Société Géologique de France*, 165(1): 49-63.