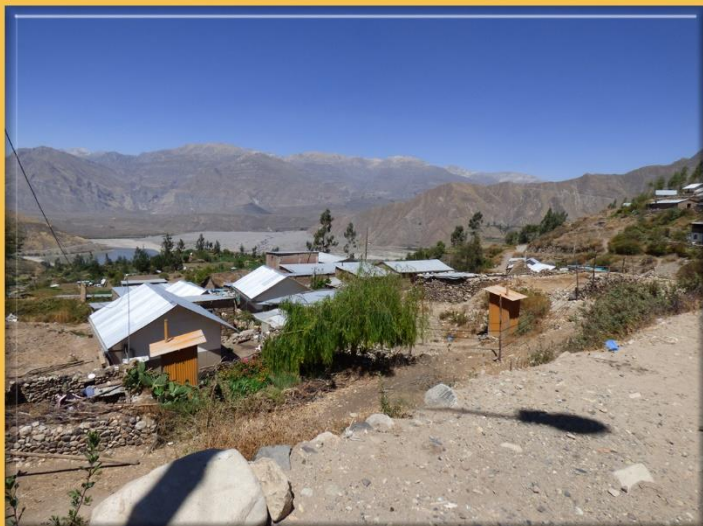


Informe Técnico N° A6798

EVALUACIÓN POR CAÍDA DE CENIZA EN EL ANEXO DE NAHUIRA (DISTRITO CHACHAS)

Región Arequipa
Provincia Castilla
Distrito Chachas



POR:

NÉLIDA MANRIQUE
JESSICA VELA

ABRIL
2018

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	3
II. ANTECEDENTES.....	4
III. OBJETIVOS	4
IV. UBICACIÓN	4
V. CONTEXTO GEOLÓGICO DEL VOLCÁN SABANCAYA.....	6
VI. CARACTERÍSTICAS DE LA ACTIVIDAD ERUPTIVA Y LA DISPERSIÓN DE CENIZAS DURANTE EL AÑO 2016-2017	8
VII. MINERALOGÍA Y GRANULOMETRÍA DE LAS CENIZAS	15
VIII. PETROGRAFÍA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS CENIZAS Y PROYECTILES BALÍSTICOS.....	16
IX. EFECTOS DE CAÍDA DE CENIZA	17
X. CONCLUSIONES	21
XI. RECOMENDACIONES	22
XII. BIBLIOGRAFÍA	23

I. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) es el servicio geológico y minero de nuestro país. A través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, órgano de línea del INGEMMET, realiza investigaciones, programas y proyectos geoambientales, geotécnicos y de evaluación y monitoreo de peligros geológicos del territorio nacional. Además realiza la evaluación, monitoreo y elaboración de los mapas de peligros geológicos (deslizamientos, aluviones, volcanes, fallas activas y tsunamis, brindando asistencia técnica a gobiernos locales y regionales en materia de peligros geológicos, con el objetivo de reducir el riesgo de desastres en nuestro país.

El Observatorio Vulcanológico del INGEMMET (OVI), parte de la DGAR realiza el estudio y vigilancia de volcanes activos en Perú, cuyo fin es determinar la naturaleza y probabilidad de ocurrencia de una erupción volcánica, a través del monitoreo sistemático y constante. Así mismo, evalúa los tipos de peligros volcánicos en base a estudios geológicos y proporciona alertas oportunas a la sociedad sobre actividad volcánica inminente, a fin de reducir el riesgo de desastre en el sur del país. También evalúa los peligros volcánicos en base a estudios geológicos y análisis especializados, permitiendo identificar aquellas zonas urbanas o rurales, que podrían verse afectadas por fenómenos geológicos que pudiera desencadenar en desastres. Estos estudios, concebidos principalmente como herramientas de apoyo a la planificación territorial y la gestión del riesgo (planes de emergencia), son publicados en boletines, y reportes técnicos.

Durante los últimos años el OVI viene realizando el monitoreo permanente y en tiempo real del volcán Sabancaya. Es así que desde inicios del año 2013 (abril-mayo) registra que el volcán Sabancaya viene emitiendo gases, seguido de enjambres sísmicos, para finalmente entrar en un periodo de calma hasta el año 2014. Entre agosto y septiembre de 2014 el volcán Sabancaya continuó mostrando indicios de una fase pre-eruptiva que duró hasta octubre del año 2016. A partir del 6 de noviembre del 2016, el Sabancaya inicia un nuevo proceso eruptivo, caracterizado por explosiones volcánicas acompañadas de importantes emisiones de ceniza, que han alcanzado hasta 4 km del cráter.

II. ANTECEDENTES

El alcalde de la Municipalidad Distrital de Chachas, mediante oficio N° 0099-2017-MDCH, de fecha 23 de mayo 2017, dirigida al Presidente del Consejo Directivo del INGEMMET, solicitó una evaluación técnica sobre la presencia de ceniza en el anexo Nahuira, emitidas por el volcán Sabancaya. Por esta razón, se designó a la Ing. Nélide Manrique y la Ing. Jessica Vela, especialistas en la evaluación de peligros, para realizar los estudios necesarios para poder dar las opiniones correspondientes.

III. OBJETIVOS

El presente trabajo tiene como objetivo realizar una evaluación por caída de ceniza en el anexo Nahuira, distrito Chachas, debido a la actividad reciente del volcán Sabancaya iniciada el 6 de noviembre del 2017 hasta la fecha.

IV. UBICACIÓN

El anexo Nahuira ($15^{\circ}30'29''$ y $72^{\circ}14'36''$) se localiza a 2.5 km al Este del distrito Chachas, provincia Castilla, región Arequipa. Nahuira está localizado a 52 km hacia el noroeste del volcán Sabancaya (Figura 1).

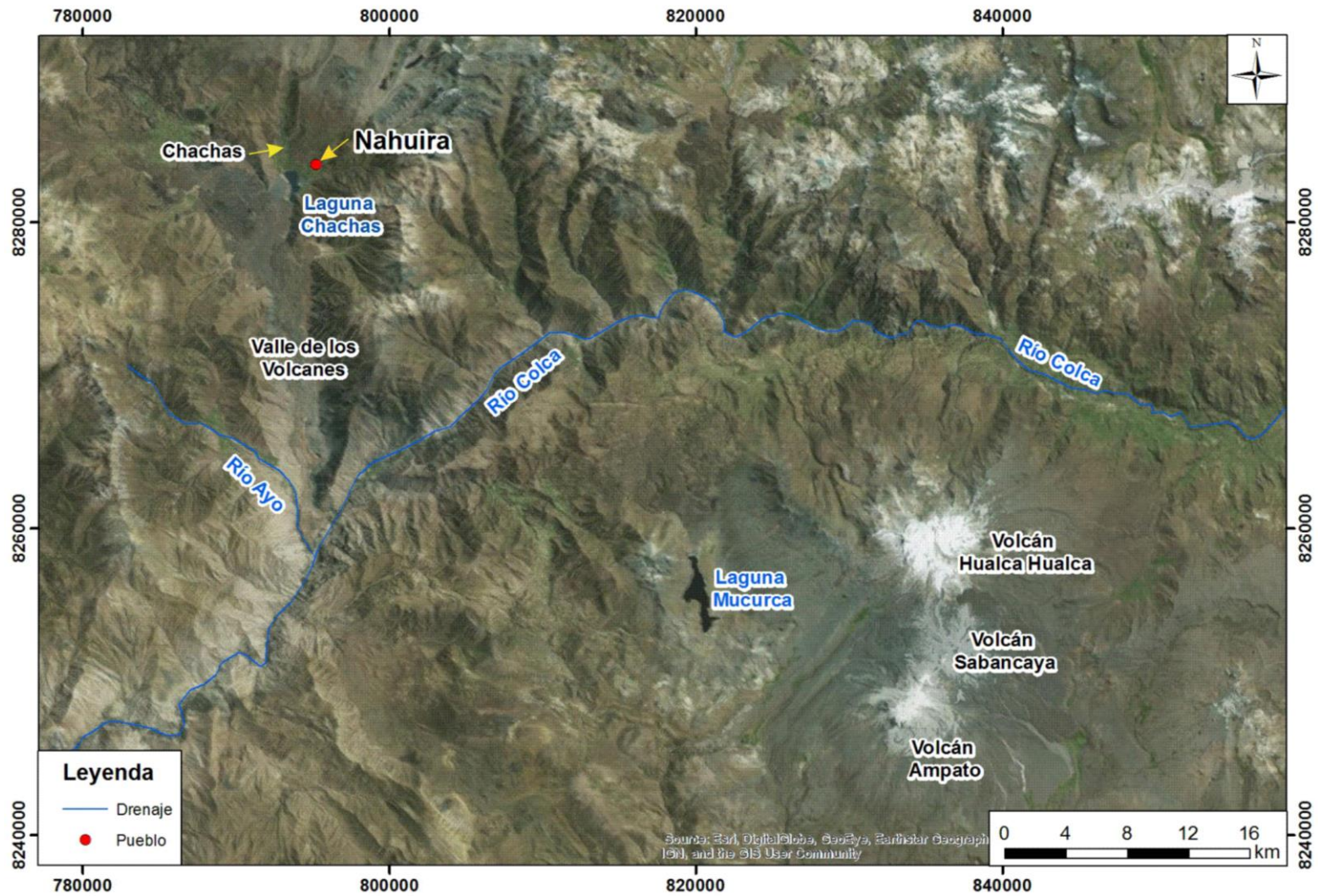


Figura 1: Ubicación del anexo Nahuira en el distrito de Chachas.

V. CONTEXTO GEOLÓGICO DEL VOLCÁN SABANCAYA

El volcán Sabancaya es el estratovolcán más joven del Complejo volcánico Ampato-Sabancaya. Los trabajos de campo y la interpretación de fotografías aéreas e imágenes satelitales (Rivera *et al.*, 2016) han permitido establecer la disposición y distribución de sus depósitos y estructuras. Su historia eruptiva ha estado caracterizada por la emisión de flujos de lavas en bloques, intercalados con episodios de erupciones explosivas leves a moderadas, diferenciándose en su evolución volcánica tres fases:

Sabancaya I. Durante la cual se emplazaron diversos flujos de lava en bloques que cubren secuencias sedimentarias volcanoclásticas y flujos de lava de los volcanes Ampato y Hualca Hualca, en el altiplano. Estos flujos se caracterizan por presentar bloques de tamaños métricos dispersos en superficie. Los depósitos, tienen entre 20 y 50 metros de espesor y en total llegan a formar una secuencia de 300 m de espesor. Una muestra de materia orgánica tomada en la base de un flujo de lava distal asignada al Sabancaya I, fue datada en 5440 ± 40 años A.P.

Sabancaya II. Con flujos de lava en bloques de composición andesítica y dacítica sobreyacen a la fase Sabancaya I. Poseen espesores entre 30 y 60 m, y forman una secuencia de hasta 300 m. Al sur del cono de cenizas del volcán, se distingue un domo de lava de aproximadamente 700 m de altura y ha sido generado durante una actividad extrusiva.

Sabancaya III. Está representada por la emisión de flujos de lava en el cráter central y también flujos de lava de un cráter adventicio, localizado en el flanco este del volcán. Se trata de flujos de lavas en bloques que alcanzas distancias de hasta 4.8 km sobre topografías subhorizontales. Durante esta fase se han registrado al menos cinco niveles de ceniza de espesor centimétrico, encontrados en los bofedales localizados en los extremos este y oeste del Sabancaya. Estas cenizas estarían relacionadas a erupciones explosivas leves a moderadas (IEV 1-2), ocurridas posiblemente durante los últimos 1000 años, y la actividad reciente de 1988-1998.

Actividad volcánica histórica del volcán Sabancaya

La actividad histórica del volcán Sabancaya es poco conocida, pero, se ha encontrado evidencias de al menos cinco erupciones desde el año 1750 (Giesecke, 1989; Thouret et al., 1994; Huamán, 1995; Siebert et al., 2011). Después de aproximadamente 200 años, el volcán inicia una importante actividad eruptiva que comienza en 1985, con un incremento en la emisión fumarólica.

En base a una recopilación histórica se puede distinguir lo siguiente:

- 1750: Leve actividad fumarólica mencionada por primera vez en 1750 por el cura Ventura Travada y Córdoba de la parroquia de las comarcas de Salamanca (valle del río Marán) y Pochi en Arequipa, quien relata en la obra “El suelo de Arequipa convertido en cielo”. Allí, menciona que el volcán está permanentemente ardiendo de día y de noche y que no hay noticia de haber hecho estrago alguno en tiempo de la cristiandad; aunque tampoco le faltan señas de haber erupcionado sus crudezas en inmemorables tiempos”. Según el catálogo “Volcanoes of the world” (Siebert et al., 2011), se habría tratado de una erupción explosiva leve.
- 1784: Según el relato histórico de Zamácola y Jauregui (1804) hace mención de una erupción ocurrida el 11 de julio de 1784, posterior al gran terremoto registrado el 13 de mayo de ese mismo año, el cual destruyó la ciudad de Arequipa. Este episodio se habría tratado de una erupción explosiva leve.
- 1981-1998: los primeros signos de reactivación habrían sido percibidos en 1981 por pobladores de Cajamarca y Huacachiguero, y posteriormente, en 1985, los pobladores del valle del Colca indicaron lo mismo. En 1986, después de una actividad sísmica, los pobladores del valle del Colca, observaron inicialmente fumarolas esporádicas y luego, permanentes, con ruidos pequeños y sismos de muy poca magnitud. En noviembre de ese año, se inicia una intensa actividad fumarólica que se elevaron entre 500 y 1000 metros sobre el cráter. Entre mayo y junio de 1990, se registraron entre 2 y 3 explosiones por día, con columnas eruptivas de 700 a 800 metros de altura, que posteriormente generaron caída de cenizas. Posteriormente, la actividad consistió de fuertes emisiones de gases y ceniza formando nubes de color gris a gris claro por encima de 2-3 km sobre el cráter. Desde entonces, se produjeron erupciones de tipo vulcanianas que produjeron caídas de cenizas que se fue acumulando en zonas aledañas, además causaron varios flujos de lodo (lahares). En el año 2003, aún se observaron algunas emisiones de gases y cenizas tenues. La actividad eruptiva de 1988-1998, causó estragos en los

poblados rurales ubicados en áreas aledañas al volcán Sabancaya, dedicados principalmente a la actividad ganadera, lo que ocasionó muchas pérdidas de animales y terrenos de cultivo que repercutieron en la economía local y regional.

VI. CARACTERÍSTICAS DE LA ACTIVIDAD ERUPTIVA Y LA DISPERSIÓN DE CENIZAS DURANTE EL AÑO 2016-2017

El actual proceso eruptivo del volcán Sabancaya se inició el 06 de noviembre del 2016, fecha en la cual se registraron las primeras explosiones (Informe OVI, 2017). Entre los meses de noviembre (foto 1) y diciembre las columnas eruptivas alcanzaron alturas de hasta 4500 m sobre la cima del cráter, con emisión de ceniza y bloques balísticos (Figura 2).



Fecha	Hora	Altura (m)	Dirección
18/11/2016	06:52	4000	Noroeste

Foto 1: Emisión representativa en noviembre del 2016 del volcán Sabancaya.

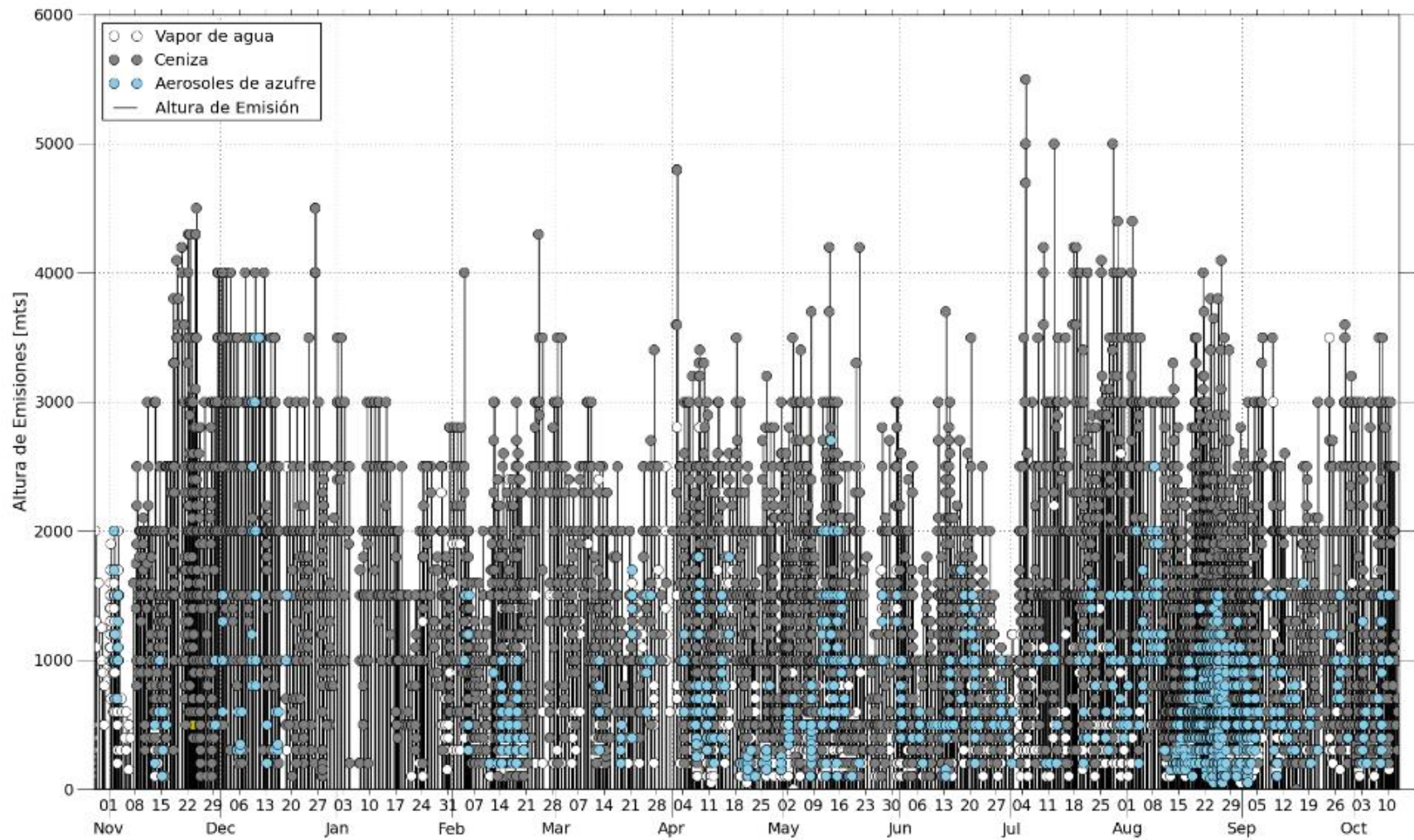


Figura 2: Características y altura de las columnas de gases y cenizas (expresados en metros) emitidas por el volcán Sabancaya entre julio del 2016 y octubre de 2017.

Desde mediados de enero y hasta marzo de 2017 la actividad eruptiva fue moderada; en estos meses las emisiones de gases y ceniza se mantuvieron constantes, alcanzando alturas de hasta 4200 m sobre la cima del volcán, las cuales posteriormente, fueron dispersadas por el viento principalmente en dirección noroeste y oeste del Sabancaya, llegando hasta 50 km de distancia, afectando los poblados de Huambo, Cabanaconde, Tapay, Pinchollo, Maca y Achoma. Durante ese periodo también las cenizas viajaron al Sur y Suroeste del volcán, afectando los poblados Lluta y Huanca.

El 02 de abril de 2017 se registraron explosiones importantes seguidas de emisiones de ceniza y gases que alcanzaron alturas de hasta 4000 m sobre la cima del volcán (foto 2). Sin embargo, a mediados y fines de abril, hasta mediados del mes de junio, la actividad fue moderada, registrándose emisiones o columnas de gases y cenizas con una altura promedio de 2500 m, las cuales fueron dispersadas por el viento, en dirección Este, afectando principalmente el distrito Achoma y sus anexos (Sallalli, Parco, etc.). Otras direcciones predominantes de la dispersión de cenizas fueron hacia el sureste, afectando al poblado de Huanca. En los meses de abril, mayo y junio las cenizas lograron viajar hasta un radio de 50 km de distancia (OVI, 2017).



Fecha	Hora	Altura (m.)	Dirección
26/12/2016	08:35	4000	Norte

Foto 2: Explosión del 02 de abril de 2017 captada con la cámara Axis modelo1765-LE

Posteriormente, el día 4 de julio de 2017 en horas de la noche, ocurrió una importante explosión, con expulsión de bloques incandescentes que cayeron en la cima y flancos del volcán. Los días siguientes la actividad eruptiva aumentó considerablemente, registrándose emisiones densas de ceniza y gases acompañados de bloques balísticos. En esta oportunidad las columnas eruptivas alcanzaron alturas de hasta 5500 m sobre la cima del volcán, siendo luego dispersadas por el viento, en dirección Sur, afectando principalmente los distritos de Lluta, Huanca y el anexo de Sallalli, incluso llegando hasta el norte de la ciudad de Arequipa. En esta fecha, las cenizas han logrado superar los 60 km de distancia respecto al volcán (Informe OVI, 2017).



Fecha	Hora	Altura (m)	Dirección
10/07/2017	06:59	4000	N-SE

Foto 3: Imagen más representativa del volcán Sabancaya captadas con la cámara Axis modelo 1765-LE.

A fines del mes de Julio en el anexo Sallalli se pudo corroborar la caída de ceniza sobre los pastos o la flora natural existente en la zona (foto 4), afirmando los testimonios dados por los pobladores de los distritos afectados. Además, los paneles y las cámaras de las estaciones de monitoreo volcánico del OVI, localizados en la jurisdicción

distrital de Achoma, se vieron afectadas debido a la abundante caída de ceniza (fotos 5 y 6).



Foto 4: La vegetación localizada alrededor del volcán se encuentra cubierta por la ceniza.



Fotos 5 y 6: Paneles solares y caseta metálica en una estación de monitoreo del Observatorio Vulcanológico del INGEMMET cubierta con ceniza.

En el mes de agosto 2017 las columnas eruptivas alcanzaron hasta 4200 m de altura sobre la cima del volcán, que luego fueron dispersadas por el viento en dirección Sureste, afectando anexos de Achoma, como Sallalli y Patapampa.

En este mes el radio de afectación de las cenizas alcanzó hasta 50 km de distancia. Durante el mes de setiembre las alturas de las columnas eruptivas disminuyeron ligeramente en tamaño, alcanzando hasta 3500 m de altura, dispersándose luego las cenizas en dirección Sur y Sureste del volcán; se vieron afectados los anexos de Achoma y pueblos localizados al Sur como Huanca y Lluta, alcanzando un radio de 40 km.

En los meses de octubre y noviembre la altura de las columnas eruptivas alcanzaron entre 3000 y 3500 m sobre la cima del volcán y la ceniza se dirigió hacia el Norte, Noreste, Oeste, Sur y Sureste, afectando los pueblos de Cabanaconde, Lari, Madrigal, Achoma, anexos de Achoma y Nahuira.

Los pobladores del anexo Nahuira indican que este pueblo viene siendo afectado por caída de ceniza desde que empezó la actividad eruptiva del volcán Sabancaya (noviembre del 2016) hasta la fecha (noviembre del 2017). Las imágenes satelitales correspondientes al mes de Octubre del 2017, muestran que la dispersión de ceniza estuvo dirigida hacia el Noroeste, llegando a alcanzar hasta más de 50 km de distancia (Figura 3 y 4).

Durante los últimos meses el espesor en las caídas de ceniza ha incrementado, sobre todo en los anexos Sallalli y Patapampa del distrito Achoma. En las zonas distales como Nahuira la ceniza que podría llegar es muy fina ($<250 \mu\text{m}$) y también reabajada, es decir en el trayecto se mezcla con otros materiales finos.

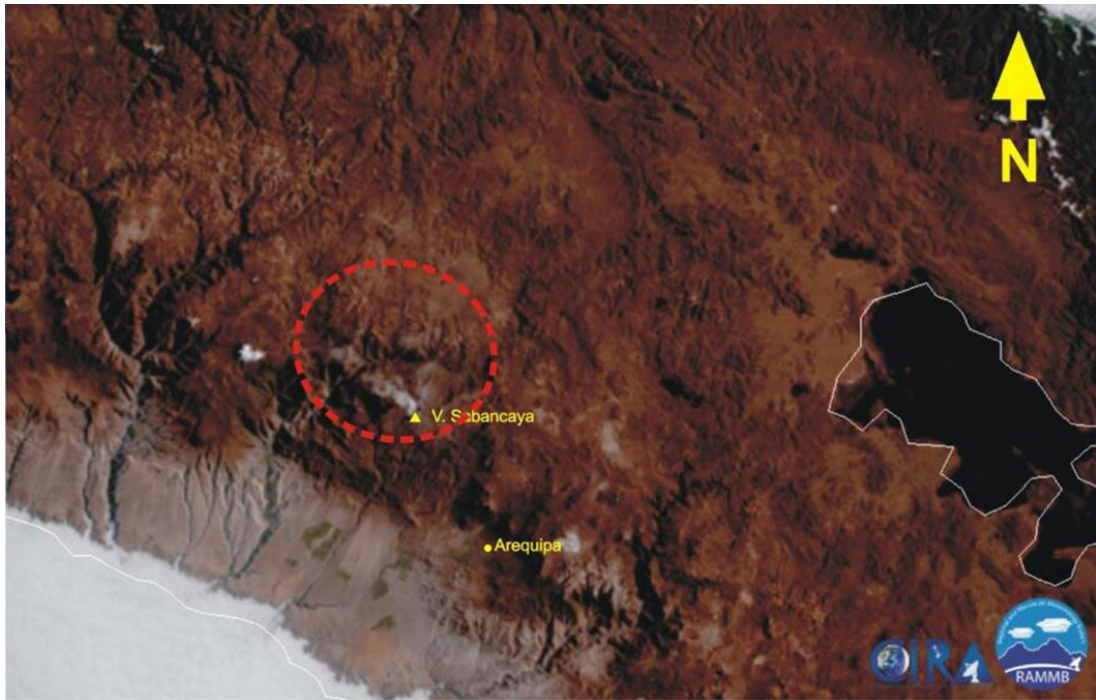


Figura 3: Imagen satelital que muestra la dispersión de la ceniza hacia el Noroeste en dirección del anexo de Nahuira 02 de octubre a las 12:40 pm.

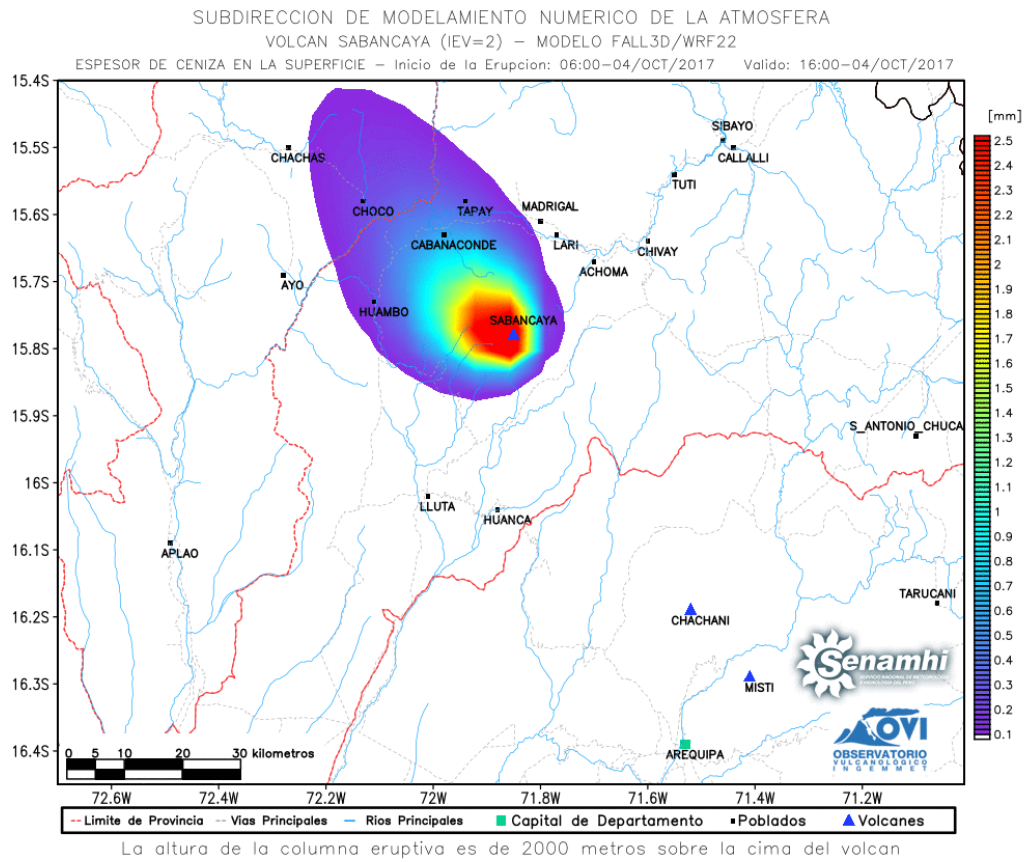
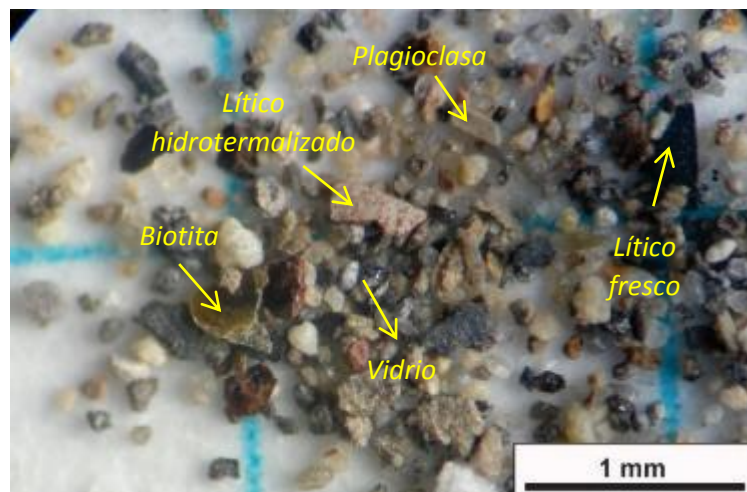


Figura 4: Según el modelo de dispersión de ceniza se observa que la ceniza que llegaría a Nahuira es muy fina

VII. MINERALOGÍA Y GRANULOMETRÍA DE LAS CENIZAS

Durante la salida de campo del 20 de octubre se recolectó muestras de ceniza depositada en los techos de calamina de algunas viviendas en Chachas, así como en las hojas de las plantas (habas, alfalfa, maíz, etc.), las cuales se depositaron durante las primeras semanas de octubre. Este estudio se realizó con la finalidad de identificar la ceniza y confirmar que está afectando a las plantas, conocer las características mineralógicas de la ceniza, y correlacionar con las cenizas ya analizadas de las erupciones correspondientes al volcán Sabancaya.

El estudio de la ceniza muestra que las partículas están conformadas principalmente por materiales de magma pulverizado por las explosiones como plagioclasa, biotitas, algunos olivinos y vidrio. Es necesario mencionar que algunas plagioclasas se encuentran alteradas y tienen formas redondeadas. También se ha identificado, fragmentos líticos frescos, oxidados e hidrotermalizados (<15 %), agregados de cristales y óxidos de hierro (<1%). Por otro lado, las cenizas recolectadas en Chachas tienen mayoritariamente dimensiones menores a 0.3 mm (ceniza fina), foto 7.



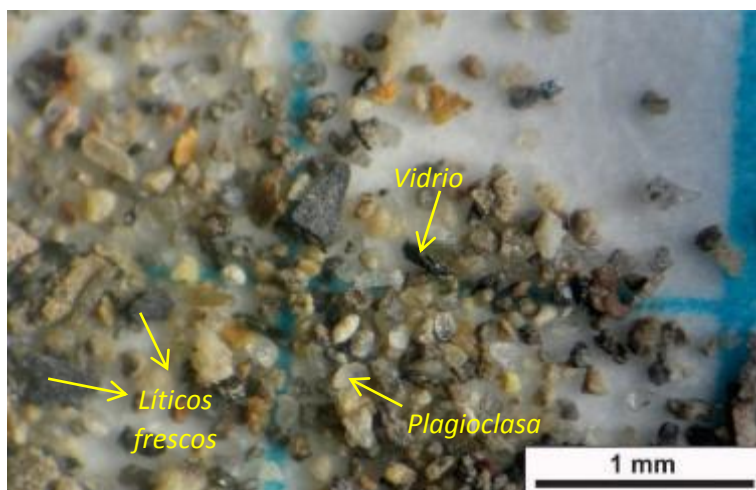


Foto 7. Análisis mineralógico de la ceniza donde se muestra sus principales componentes.

VIII. PETROGRAFÍA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS CENIZAS Y PROYECTILES BALÍSTICOS

Además de la ceniza emitida por el Sabancaya también se ha registrado la emisión de proyectiles balísticos que cayeron en los flancos del volcán. Los proyectiles balísticos son fragmentos de lava que son emitidos de manera violenta durante las explosiones volcánicas. Estos bloques han sido emitidos muy cerca al cráter, y debido a esta cercanía solo se ha logrado tomar muestras de un bloque que fue encontrado el 29 de mayo del presente año.

El bloque es de color gris oscuro (foto 8), de textura porfirítica, denso, con algunas vesículas. Contiene cristales de plagioclasa, clinopiroxeno, biotita, anfíbol, apatito y óxidos de Fe-Ti. Algunos de los cristales de plagioclasa muestran texturas de desequilibrio como sobrecrecimiento (Foto 8b) o textura sieve. De la misma forma los anfíboles presentan coronas de reacción. Estas características nos estarían indicando alteraciones en el sistema magmático, probablemente debido a la inyección de un magma nuevo.

Con respecto a la composición geoquímica hasta el mes de mayo, tanto la ceniza como el fragmento balístico expulsados por el Sabancaya, son de composición andesítica calco-alcalina, entre 59.8 y 62.8 wt. % de SiO₂, ricas en K (Figura 5). En el mes de junio y julio se observa un incremento de SiO₂ (62.2 y 64.2 wt. % SiO₂) y algunas muestras de ceniza son de composición dacítica. Mientras que en los meses de agosto, setiembre y octubre la ceniza muestra una composición andesítica.

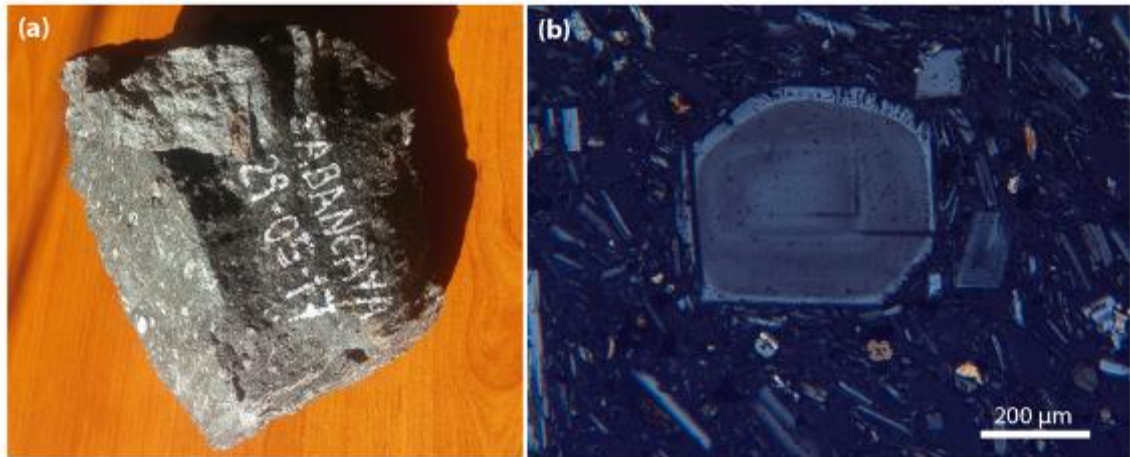


Foto 8: a) Proyectoil balístico de color gris oscuro. b) Grueso cristal de plagioclasa con borde de sobre-crecimiento

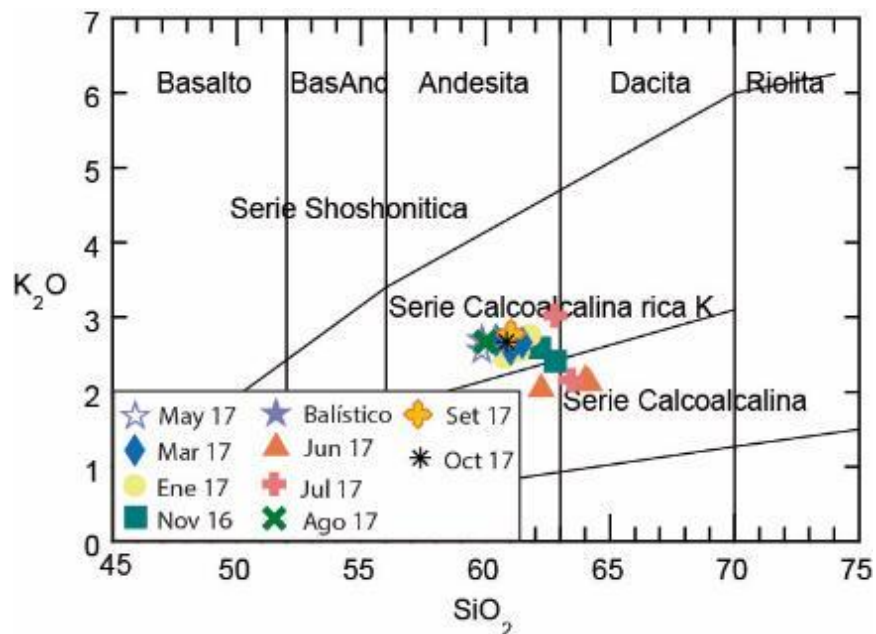


Figura 5: La composición química de la ceniza emitida durante los meses de noviembre del 2016 a mayo del 2017 es de composición andesítica, la ceniza de los meses de junio y julio tienen composición andesítica a dacítica y la ceniza de los meses de agosto octubre y noviembre tienen composición andesítica.

IX. EFECTOS DE CAÍDA DE CENIZA

Durante la inspección en el anexo Nahuira el 20 de octubre se ha observado la presencia de ceniza fina, que alcanza un espesor inferior a 1 mm. Según los pobladores la caída de ceniza comenzó a mediados del mes de diciembre del año 2016, durante los siguientes meses la caída no fue constante, sin embargo algunos días incrementó

cubriendo los campos agrícolas. Durante la primera semana de Octubre los pobladores percibieron que la caída fue mayor comparada con los meses anteriores, esta información coincide con las imágenes satelitales donde se observa que la dispersión de ceniza está dirigida hacia el Noroeste del volcán Sabancaya en dirección del anexo de Nahuira. Días después de este incremento de caída de ceniza la precipitación de lluvias limpió las plantas y retrabajó la ceniza depositada.

Los sembríos se han visto afectados, ya que las partículas finas se adhieren en algunas hojas de los diferentes productos como papas, habas, alfalfa (fotos 11 y 12), cebollas, espinaca, zanahoria entre otros, impidiendo que se realice con normalidad el proceso de la fotosíntesis y afectando el crecimiento de las mismas. Los pobladores comentan que algunos días las plantas amanecen cubiertas por un material fino de color gris (ceniza fina), que ellos sacuden sin utilizar ningún tipo de protección.

Las zonas agrícolas se riegan con canales que vienen de la quebrada Quillita, la cual está localizada hacia el Noroeste del anexo de Nahuira. Mientras que el agua potable proviene de fuentes de aguas subterráneas, que son transportados por cañerías a las viviendas.

También, se observó que la ceniza se acumula en los techos de calamina (fotos 9 y 10) de las viviendas y según los testimonios de los pobladores algunos días la acumulación es mayor, como por ejemplo la primera semana de octubre.

En esta zona las personas se dedican a la crianza de vacas, corderos, gallinas y cuyes. Según los pobladores el ganado vacuno tiene problemas gastrointestinales, como constantes diarreas, debido a la ingesta de alfalfa con ceniza fina, lo cual conlleva al enflaquecimiento de los animales, sin embargo los pobladores no reportaron muertes de los animales debido a este problemas.

El Observatorio Vulcanológico del INGEMMET emite alertas sobre la dispersión y caídas de ceniza, inmediatamente después de que ocurre una explosión con importante emisión de cenizas. Estas alertas son enviadas a través de correos electrónicos y mensajes de texto a teléfonos celulares a autoridades municipales, centros de salud, coordinadores de defensa civil y el gobierno regional.

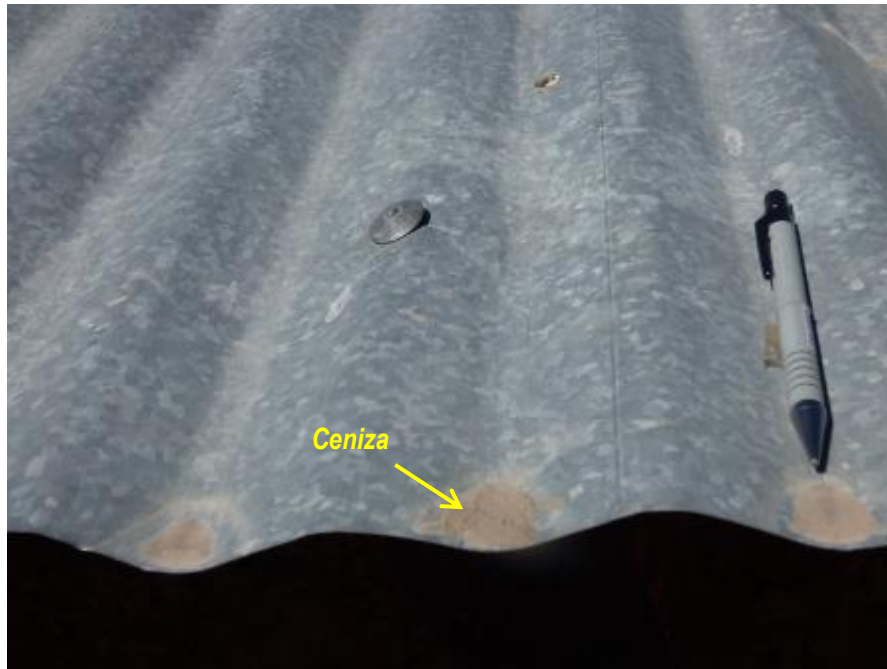


Foto 9: Vista de ceniza fina en un techo de calamina.



Foto 10: Vista de una pobladora del anexo de Nahuira.



Foto 11: Vista de hojas de papa, donde se observa la ceniza fina impregnada, aún después de la lluvia.



Foto 12: Vista de cultivos de alfalfa y una pobladora, los cultivos tienen una coloración amarillenta debido a la dificultad de crecimiento.

X. CONCLUSIONES

1. Este proceso eruptivo se caracteriza por presentar intensas emisiones de cenizas y eventualmente bloques incandescentes que caen alrededor del volcán. En los meses de octubre y noviembre del 2017 la altura de las columnas eruptivas constituidas de ceniza y gases alcanzaron entre 3000 y 3500 m sobre la cima del volcán, y según la imagen satelital del mes de Octubre del 2017 la dispersión de ceniza estuvo dirigida hacia el Noroeste, llegando a alcanzar hasta 50 km de distancia. El anexo Nahuira se encuentra localizado a 52 km del volcán Sabancaya, por lo cual la ceniza que llega a esta zona es muy fina debido a la distancia recorrida. El espesor de ceniza estimado en el anexo de Nahuira es inferior a 1 mm.
2. El área más afectada por caídas de ceniza en el volcán Sabancaya, se encuentra dentro de un radio de 15 km del volcán. Sin embargo la caída de ceniza también está afectando radios mayores a 50 km y esto se evidencia con la presencia de ceniza depositada en las hojas de las plantas del poblado de Nahuira, las cuales vienen siendo afectadas en el normal crecimiento de cultivos de papas, habas, maíz y alfalfa. Por otro lado en la zona se cría principalmente ganado vacuno y ovino para el consumo particular, los cuales se ven afectados por el consumo de la ceniza impregnada en la vegetación, produciéndoles problemas gastrointestinales, sin embargo no se han reportado muertes de animales por estos males.
3. Según el estudio mineralógico, la ceniza recolectada en el anexo Nahuira es de grano fino y tiene como componentes principales plagioclasa, olivino, biotita, material juvenil, material hidrotermalizado y oxidado. Sin embargo difiere un poco de la ceniza proximal del Sabancaya, ya que la presencia de material juvenil en la zona proximal es mayor respecto al material juvenil encontrado en Nahuira, esto podría deberse al transporte y retrabajamiento debido a la gran distancia a la cual se encuentra el anexo de Nahuira respecto al volcán Sabancaya.

XI. RECOMENDACIONES

1. La población debe contar con lentes y mascarillas para evitar los problemas oculares y respiratorios, sobre todo cuando realizan la limpieza de las plantas. Estos materiales de prevención deben ser entregados por las autoridades del Gobierno Regional de Arequipa. También los lentes y mascarillas es necesario tenerlo cuando ocurra la caída de ceniza.
2. Se recomienda que SENASA realice chequeo veterinario a los animales de la zona que presentan problemas gastrointestinales.
3. Se recomienda que el Ministerio de Agricultura estudie y determine las hectáreas de terrenos agrícolas dañados por la caída de ceniza, y proponga alternativas a la población.
4. Las cenizas pueden causar efectos respiratorios, molestias oculares, irritación de la piel y efectos indirectos, por lo cual la gerencia de salud debe brindar una atención adecuada a las personas afectadas por estos males.
5. Se recomienda que el ANA debe realice análisis a las fuentes de agua que vienen de la quebrada Quillita, y con las cuales se irriga los cultivos en el anexo Nahuira.
6. Para tener información acerca del estado del volcán Sabancaya recurrir a los informes semanales y alertas elaborados por el Observatorio Vulcanológico del INGEMMET.

XII. BIBLIOGRAFÍA

- Bernard, B. (2013). Homemade ashmeter: a low-cost, high-efficiency solution to improve tephra field-data collection for contemporary explosive eruptions. *Journal of Applied Volcanology* 2:1
- Giesecke, A. (1989) Riesgo volcánico: evaluación y mitigación en América Latina, aspectos sociales, institucionales y científicos. Lima: Centro Regional de Sismología para América del Sur, 298 p.
- 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 de Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, 138 p.
- Observatorio Vulcanológico del INGEMMET 2017. Evaluación de caída de ceniza por actividad del volcán Sabancaya (Arequipa) 2016-2017. Informe especial N° 03-2017.
- 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.
- Siebert, L.; Simkin, T. Kimberley, P. (2011). *Volcanoes of the world*. 3 ed. Washington, D. C.: Smithsonian Institution, Berkeley, CA: University of California Press, 551 p.
- Thouret, J.C.; Guillaude, R.; Huamán, D.; Gourgaud, A.; Salas, G. & Chorowicz, J. (1994). L'activité actuelle du Nevado Sabancaya (Sud du Pérou): reconnaissance géologique et satellitaire, évaluation et cartographie des menaces volcaniques. *Bulletin Société Géologique de France*, 165 (1): 49-63