

Informe Técnico N° A6783

# EVALUACIÓN POR CAÍDA DE CENIZA EN EL DISTRITO DE ACHOMA

Provincia Caylloma,  
Región Arequipa



POR:

NÉLIDA MANRIQUE  
RIGOBERTO AGUILAR  
IVONNE LAZARTE

NOVIEMBRE  
2017

## CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. ANTECEDENTES.....	1
III. OBJETIVOS .....	2
IV. UBICACIÓN .....	2
V. CARACTERÍSTICAS DE LA ACTIVIDAD ERUPTIVA Y LA DISPERSIÓN DE CENIZAS DURANTE EL AÑO 2016-2017.....	4
VI. ESTUDIO DE LAS CENIZAS EMITIDAS POR EL VOLCÁN SABANCAYA .....	13
VII. MINERALOGÍA Y GRANULOMETRÍA DE LAS CENIZAS.....	14
VIII. PETROGRAFÍA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS CENIZAS Y PROYECTILES BALÍSTICOS.....	15
IX. ESTIMACIÓN DE ESPESORES DE LA CENIZA.....	16
X. EFECTOS DE CAÍDA DE CENIZA .....	18
CONCLUSIONES .....	25
RECOMENDACIONES.....	25
BIBLIOGRAFÍA .....	26

## **I. INTRODUCCIÓN**

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) es el servicio geológico de nuestro país. Según el Reglamento de Organizaciones y Funciones del INGEMMET (Decreto Supremo Nro. 035-2007-EM), en el ámbito de competencia y funciones a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) órgano de línea que realiza investigaciones, programas y proyectos Geoambientales, Geotécnicos y de Evaluación y Monitoreo de Peligros Geológicos del territorio nacional, a fin de contribuir con los organismos competentes en materia de ordenamiento territorial, planificación y desarrollo nacional; así como, la seguridad física dentro del país y la conservación del patrimonio natural y cultural.

La DGAR a través del Observatorio Volcanológico de INGEMMET (OVI) realiza además de la investigación de volcanes, una vigilancia y monitoreo de carácter interdisciplinario y sistemático en los volcanes del país, con el fin es determinar la naturaleza y probabilidad de ocurrencia de una erupción volcánica. Evaluar los tipos de peligros volcánicos en base a estudios geológicos y proporcionar alertas oportunas a la sociedad sobre actividad volcánica inminente, a fin de reducir el riesgo de desastre en el sur del país.

Entre abril-mayo del año 2013 el volcán Sabancaya mostró signos de actividad con emisiones fumarólicas, seguido de la ocurrencia de enjambres sísmicos en zonas aledañas al volcán, para finalmente entrar en un periodo de calma hasta el año 2014. Entre agosto y septiembre de 2016, el Sabancaya mostró los indicios de una fase pre-eruptiva que duró hasta noviembre del año 2016. El 6 de noviembre del 2016, el Sabancaya inicia un nuevo proceso eruptivo, caracterizado por explosiones volcánicas acompañadas de grandes emisiones de ceniza, que han alcanzado hasta 4 km de altura respecto al cráter. Durante los últimos años el OVI viene realizando el monitoreo sistemático y en tiempo real del volcán Sabancaya.

## **II. ANTECEDENTES**

El alcalde de la Municipalidad Distrital Achoma, mediante oficio N° 00240-2017-MDA, de fecha 07 de agosto 2017, dirigida al Presidente del Consejo Directivo del INGEMMET, solicitó información técnica y científica, de la composición de la ceniza que viene emitiendo el volcán Sabancaya, así como los daños y efectos provocados por las cenizas en el distrito de su jurisdicción, provincia Caylloma, región Arequipa. La DGAR designó a los ingenieros Nérida Manrique y

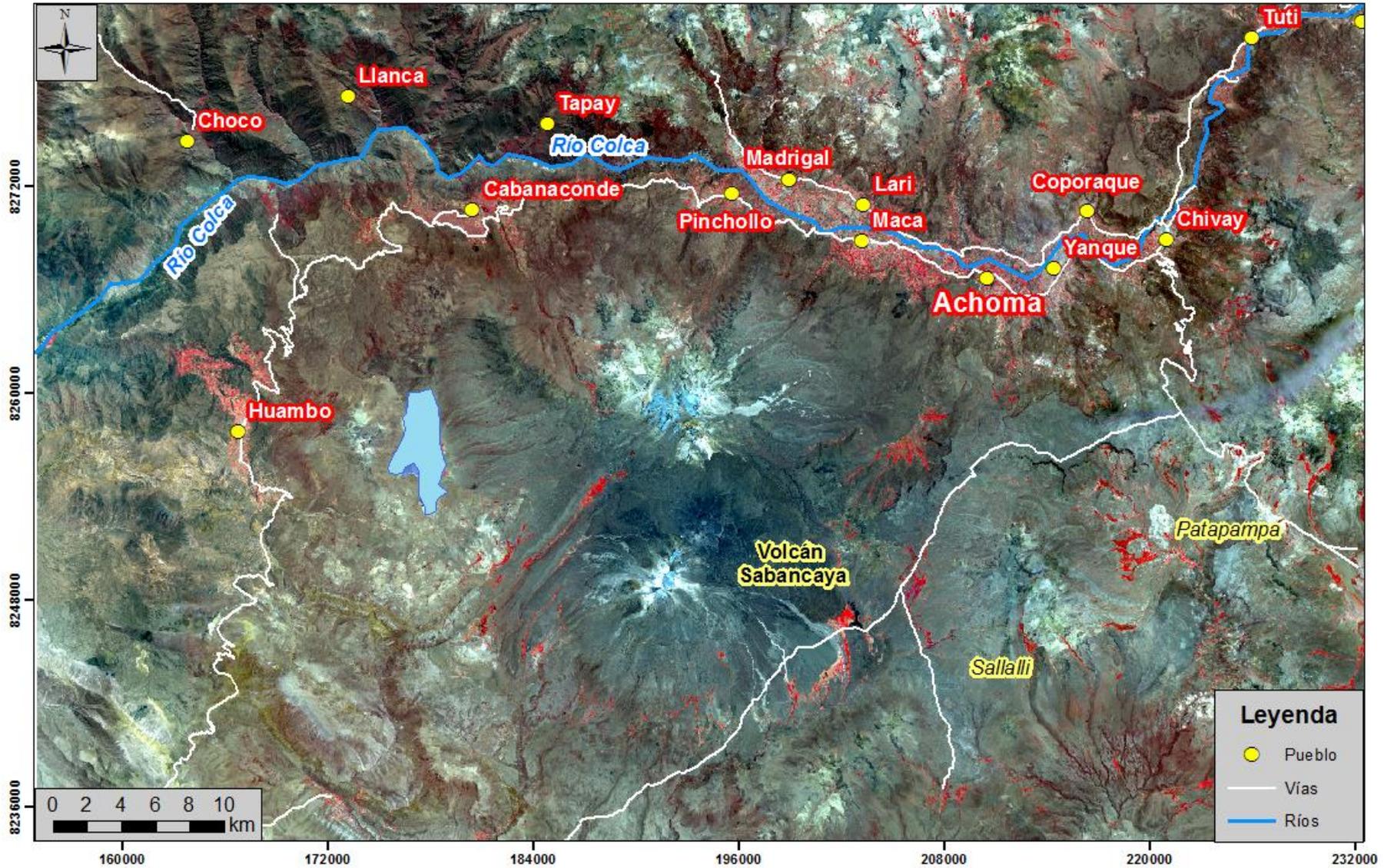
Rigoberto Aguilar, especialistas del OVI, a realizar los estudios necesarios para poder dar las opiniones correspondientes.

### **III. OBJETIVOS**

El presente trabajo tiene como objetivos definir el área afectada por caída de ceniza debido a la actividad reciente del volcán Sabancaya en el distrito de Achoma, iniciada el 6 de noviembre del 2016 hasta la fecha, y mostrar los efectos en el medio ambiente y en terrenos de cultivos debido a la caída de ceniza.

### **IV. UBICACIÓN**

El distrito Achoma se encuentra ubicado en la provincia Caylloma, región Arequipa, dentro de esta jurisdicción se encuentra asentado el volcán Sabancaya. El pueblo de Achoma es la capital distrital (15°39'42'' y 71°42'00'') y está localizado a 24 km al noreste del volcán Sabancaya (Fig.1).



**Figura 1:** Imagen satelital *Rapideye* en la cual se muestra la ubicación de los centros poblados asentados alrededor del volcán Sabancaya, entre ellos el poblado de Achoma.

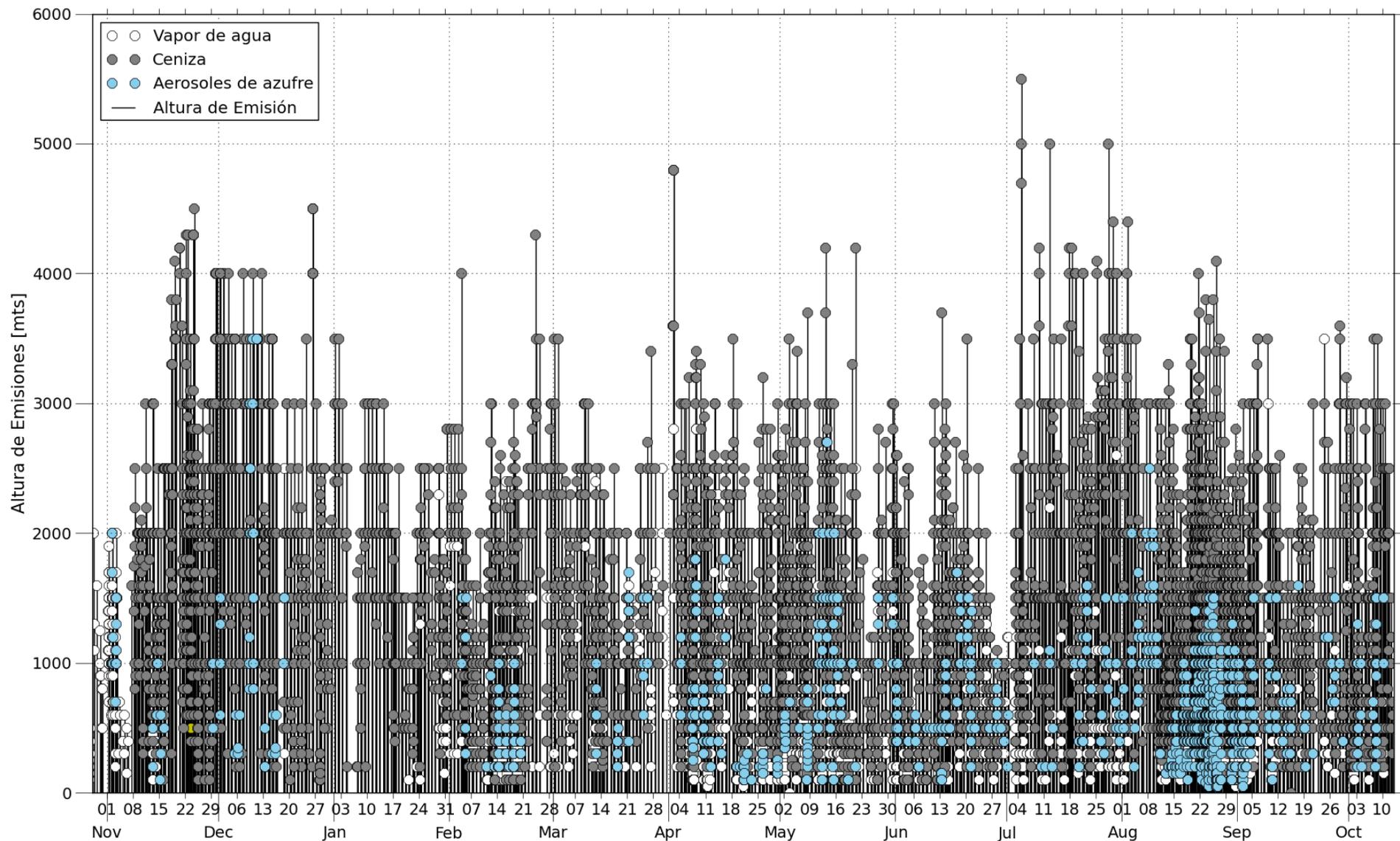
## V. CARACTERÍSTICAS DE LA ACTIVIDAD ERUPTIVA Y LA DISPERSIÓN DE CENIZAS DURANTE EL AÑO 2016-2017

El actual proceso eruptivo del 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 (Fig 2).



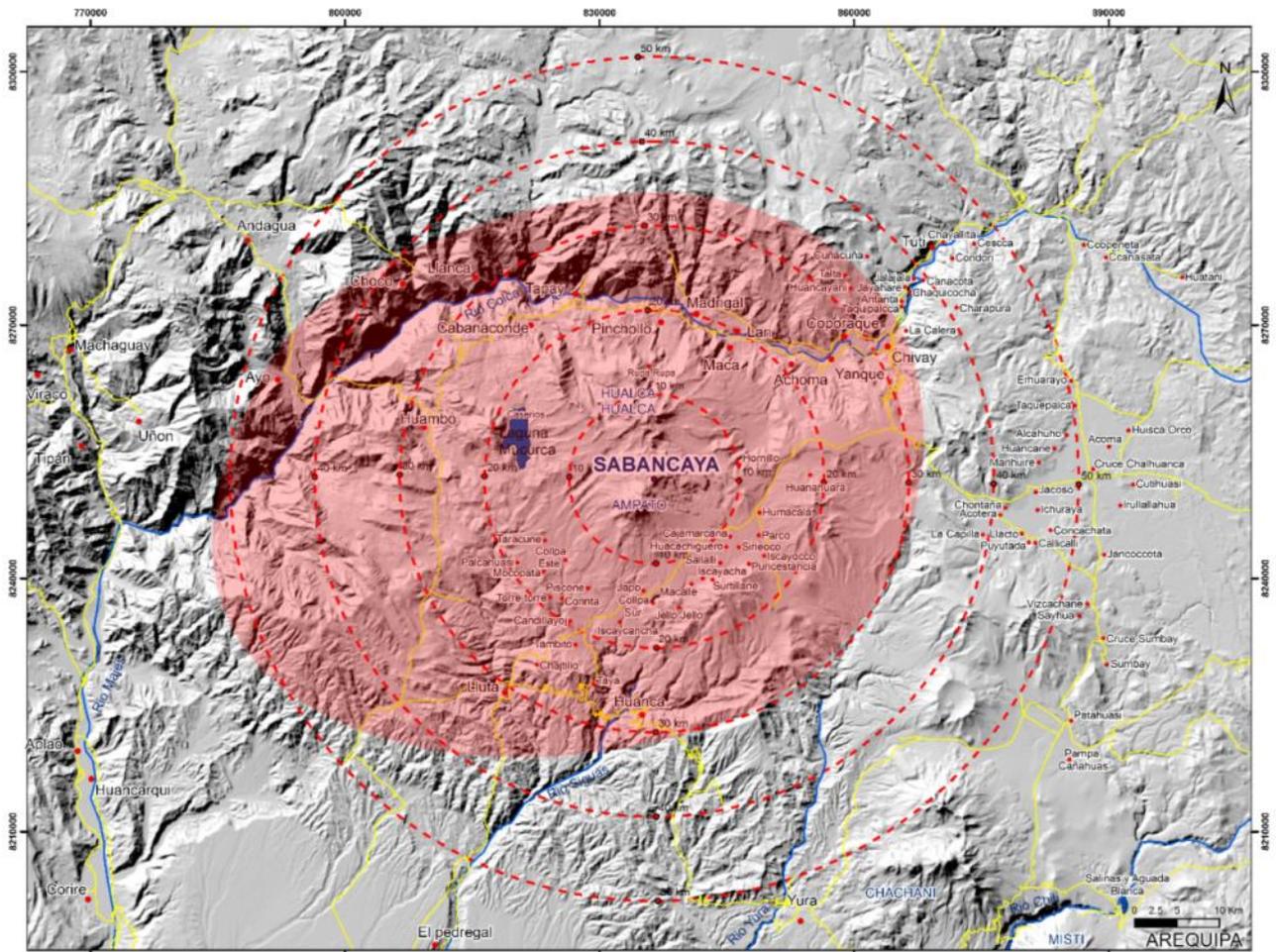
Fecha	Hora	Altura (m)	Dirección
18/11/2016	06:52	4000	NO

**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 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, 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 (Fig. 3).



**Figura 3:** Dispersión por caída de cenizas del volcán Sabancaya para los meses de enero a marzo de 2017(área de color rojo).

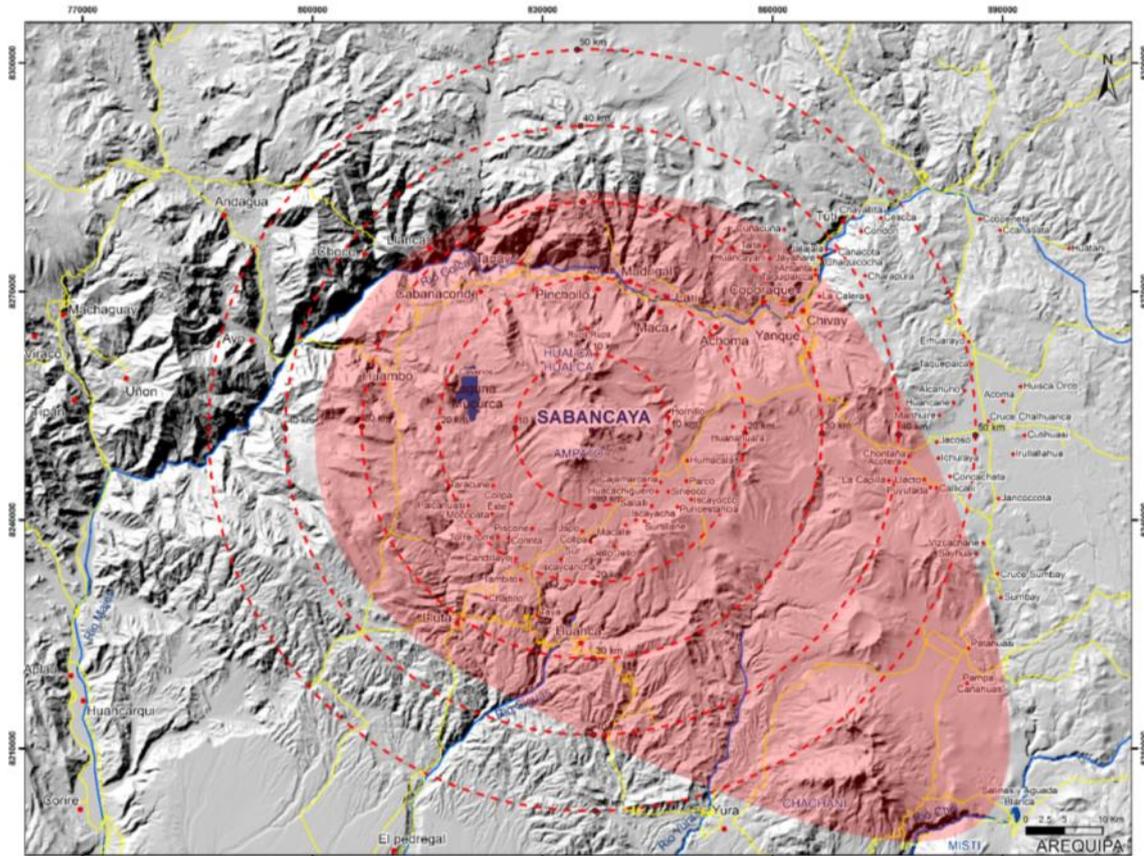
El 02 de abril de 2017 se registraron explosiones importantes seguidas de emisiones de ceniza y gases que alcanzaron alturas de hasta 4000 m sobre la cima del volcán (foto 2). Sin embargo, durante los meses de abril, mayo hasta mediados del mes de junio, la actividad fue moderada, registrándose emisiones o columnas de gases y cenizas con una altura promedio de 2500 m, las cuales fueron dispersadas por el viento, en dirección Este del Sabancaya, 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 (Fig. 4). 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



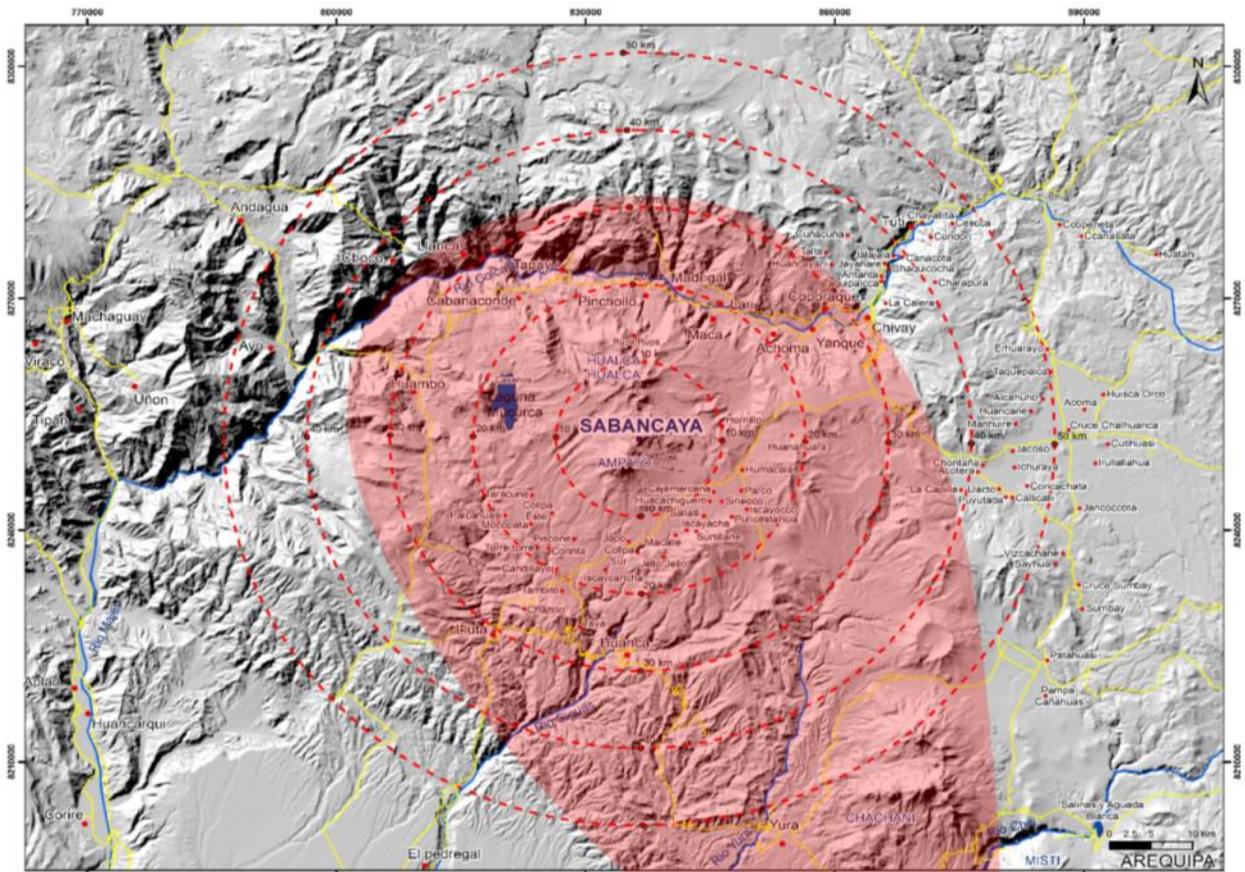
**Figura 4:** Zona de afectación por caídas de ceniza del volcán Sabancaya registrada en los meses de abril a junio de 2017 (área de color rojo).

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 (foto 3). 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** (Fig. 4), incluso llegando hasta el norte de la ciudad de Arequipa (Fig. 4). En esta fecha, las cenizas han logrado superar los 60 km de distancia respecto al volcán (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.

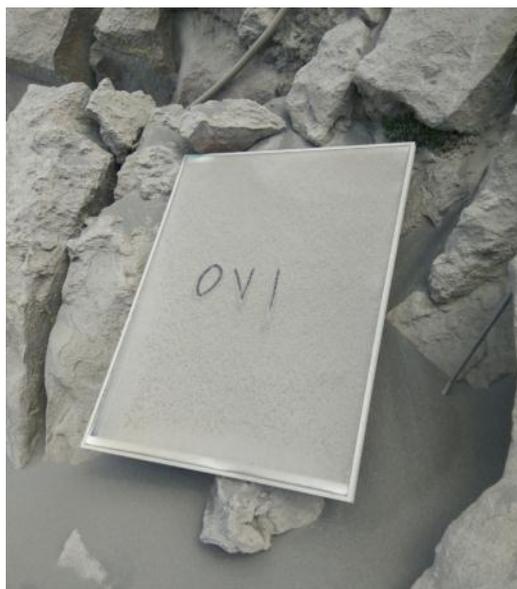


**Figura 4:** Zona de afectación por caída de ceniza del volcán Sabancaya para el mes de Julio del 2017 (área de color rojo).

A fines del mes de Julio en el anexo **Sallalli** se pudo corroborar la caída de ceniza sobre la flora natural existente en la zona (foto 4), afirmando los testimonios dados por los pobladores de los distintos 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.



**Foto 5:** Paneles solares de la estación de monitoreo del Observatorio Vulcanológico del INGEMMET cubierta con ceniza.



**Foto 6:** Caseta metálica de una estación de monitoreo del OVI cubierta con ceniza

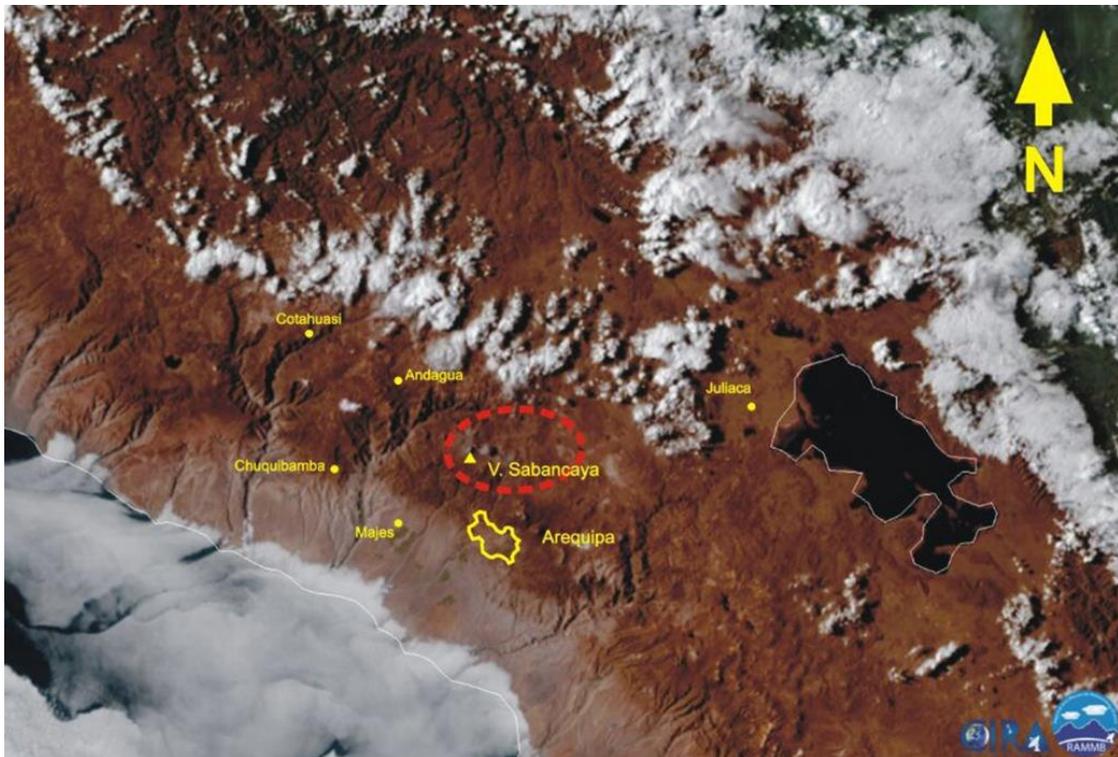
En el mes de agosto 2017 las columnas eruptivas alcanzaron hasta 4200 m de altura sobre la cima del volcán, que luego fueron dispersadas por el viento en dirección Sureste, afectando anexos de Achoma, como Sallalli y Patapampa (Fig. 5). En este mes el radio de afectación de las cenizas alcanzó hasta 50 km de distancia.

Durante el mes de setiembre las alturas de las columnas eruptivas disminuyeron ligeramente en tamaño, alcanzando hasta 3500, 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 (Fig. 6), alcanzando un radio de 40 km.

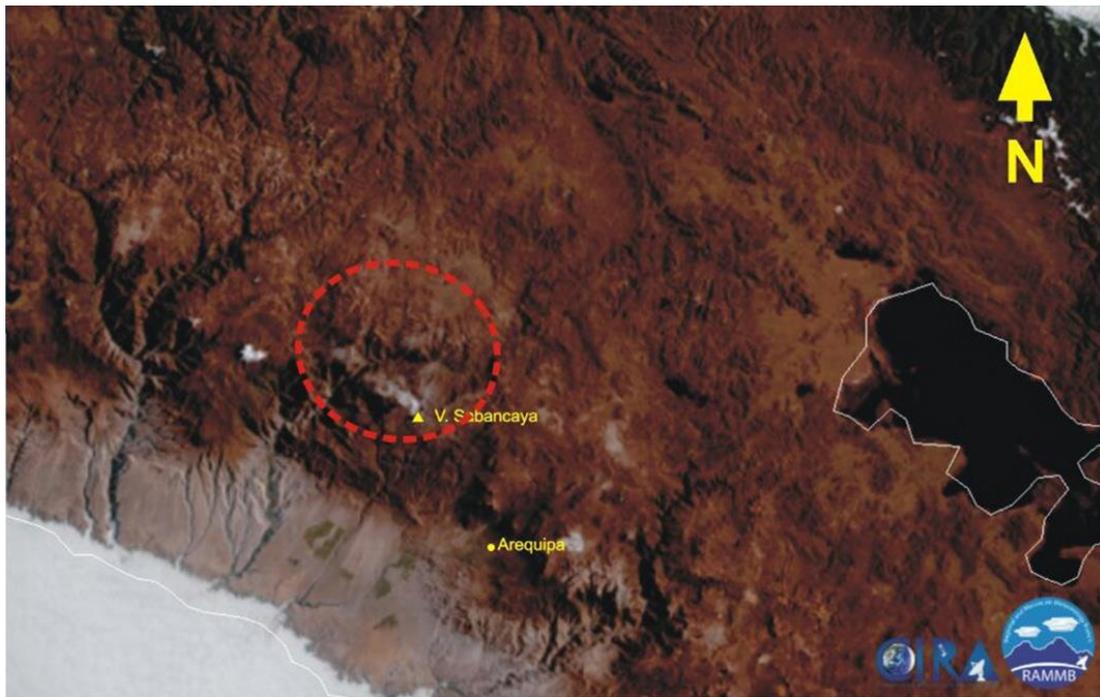
En el mes de octubre la altura de las columnas eruptivas, alcanzan 3500 m sobre la cima del volcán y la ceniza viene dirigiéndose hacia el Norte, Noreste Oeste, Sur y Sureste, afectando los pueblos de Cabanaconde, Lari, Madrigal, **Achoma** y sus anexos (Fig. 7), llegando a alcanzar hasta 40 km de distancia. Es importante mencionar que, en las distancias máximas de alcance, la ceniza es muy fina y muchas veces se queda suspendida.



**Figura 5:** Imagen satelital que muestra la dispersión de la ceniza hacia el sector sureste. Explosión del 16 de agosto a las 5:00 pm.



**Figura 6:** Imagen satelital que muestra la dispersión de la ceniza hacia el Este. 21 de septiembre a las 06:59 am.



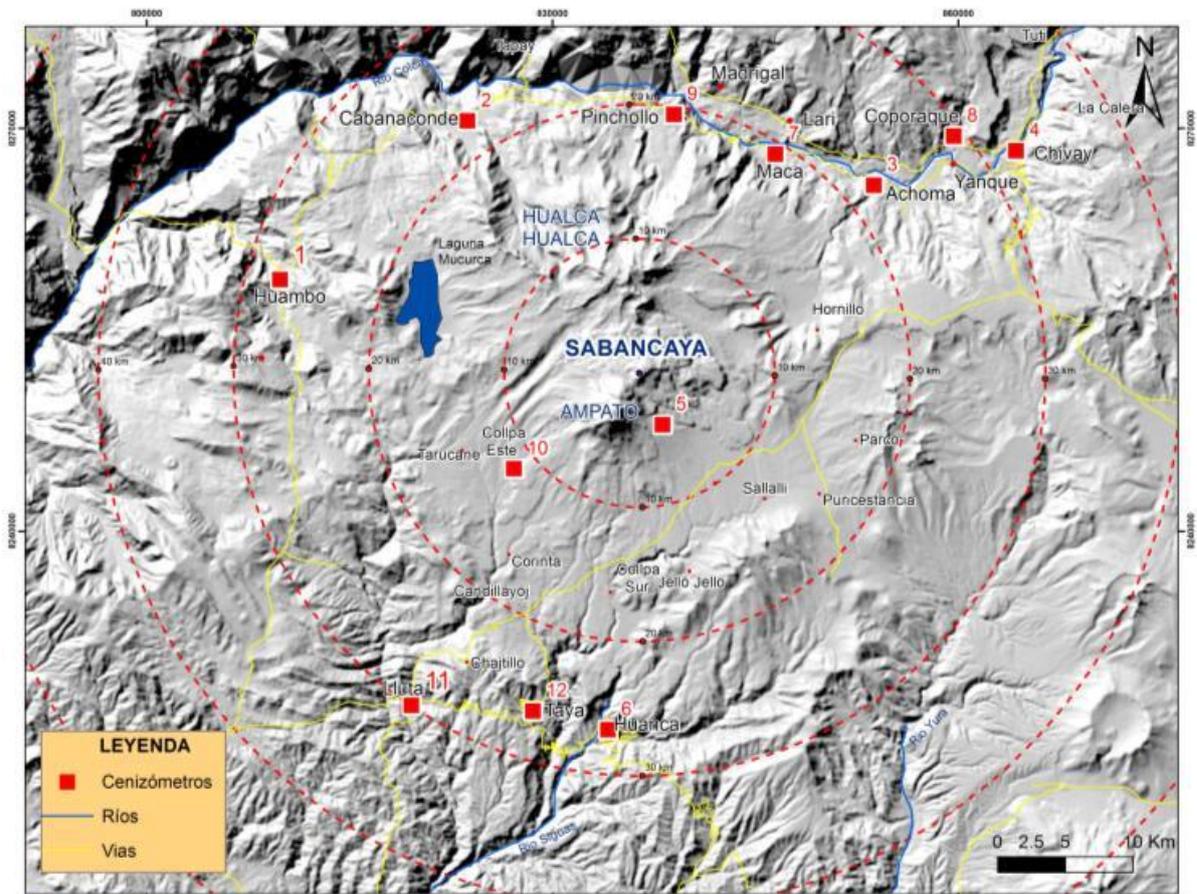
**Figura 7:** Imagen satelital que muestra la dispersión de la ceniza hacia el Noroeste. 02 de octubre a las 12:40 pm.

## VI. ESTUDIO DE LAS CENIZAS EMITIDAS POR EL VOLCÁN SABANCAYA

Debido a la actual actividad eruptiva del Sabancaya, el OVI implementó el monitoreo de ceniza a través de la instalación de cenizómetros, con la finalidad de estimar la cantidad de ceniza que viene cayendo en áreas aledañas al volcán, así como realizar análisis mineralógicos, granulométricos, petrográficos y geoquímicos con el fin de hacer el seguimiento del proceso eruptivo e inferir los mecanismos desencadenantes de dicho proceso. Para tener un monitoreo sistemático de la ceniza se ha considerado dos estaciones donde están instalados otros equipos de monitoreo volcánico (Fig. 8): estación Hornillos (Sab 11), localizada a 2.3 km al Noreste del cráter del volcán Sabancaya y estación Sab 07, ubicada a 2.5 km al Sureste del volcán.

El OVI también ha instalado otros cenizómetros en zonas aledañas al volcán, los cuales son dispositivos que se utilizan para medir espesores de ceniza, densidad de área y densidad total de cenizas (< 20 mm) utilizando la técnica descrita por Bernard (2013). Hasta la fecha se han instalado 12 cenizómetros, de los cuales cinco se instalaron entre el 1 y 4 de abril, en la estación Ampato (a 4.3 km al Sureste del volcán) y en los pueblos de Chivay, **Achoma**, Cabanaconde y Huambo. El 26 de julio del presente año se instaló un cenizómetro en el Centro de Salud de la localidad de Huanca. Durante el mes de agosto, entre el 17 y 21, se instalaron seis cenizómetros en los poblados de Maca, Coporaque, Lluta, Taya, Pinchollo y Collpa. Para realizar las mediciones de espesores en los

cenizómetros se han capacitado a pobladores y profesionales del área de salud para enviar la información al OVI.



**Figura 8:** Ubicación referencial de cenizómetros instalados en los pueblos del valle del Colca y los alrededores del volcán Sabancaya

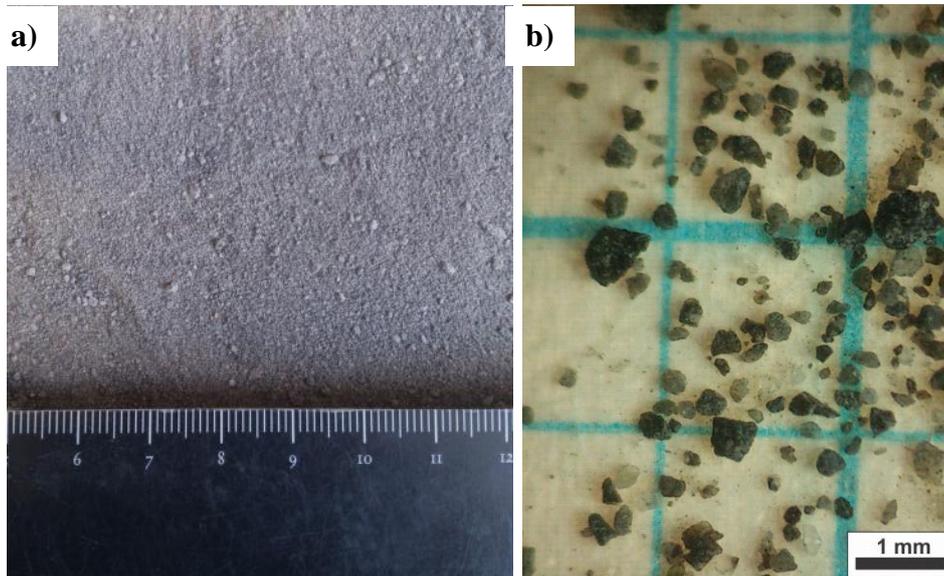
## VII. MINERALOGÍA Y GRANULOMETRÍA DE LAS CENIZAS

El estudio de la ceniza se ha realizado con muestras tomadas en la estación Ampato y en el pueblo de Achoma, localizado a 24 km hacia el noreste del volcán.

En la estación Ampato (foto 7a) los granos de la ceniza depositada durante el mes de octubre presentan formas angulares a subangulares y están constituidos por diferentes componentes clasificados de acuerdo a su abundancia: líticos juveniles, vidrio, cristales de plagioclasa y algunos de olivino. El tamaño de los componentes alcanza hasta 600  $\mu\text{m}$  (foto 7b).

La ceniza depositada durante la última semana de octubre en el pueblo de Achoma presenta formas angulares a subangulares e incluyen un amplio rango de componentes clasificados de acuerdo a su abundancia: líticos juveniles, vidrio, cristales de plagioclasa, biotita, olivino y líticos hidrotermalizados y oxidados. El tamaño de los componentes de la ceniza alcanza hasta 400  $\mu\text{m}$ .

Cabe mencionar que esta ceniza ha sido retransportada, mezclada con caídas de ceniza anteriores y depositada en diferentes zonas del pueblo.



**Foto 7:** a) Ceniza fina acumulada en el cenizómetro de la estación Ampato correspondiente al mes de octubre 2017. b) Vista de los principales componentes de la ceniza, líticos juveniles, vidrio plagioclasa y algunos olivinos. Los tamaños son inferiores a 60  $\mu\text{m}$ .

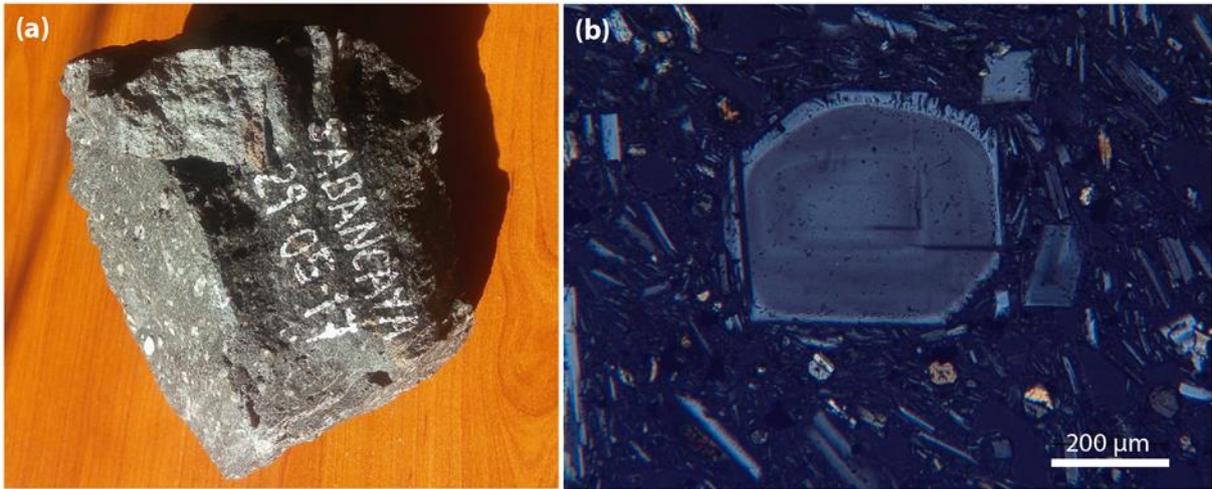
## VIII. PETROGRAFÍA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS CENIZAS Y PROYECTILES BALÍSTICOS

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.

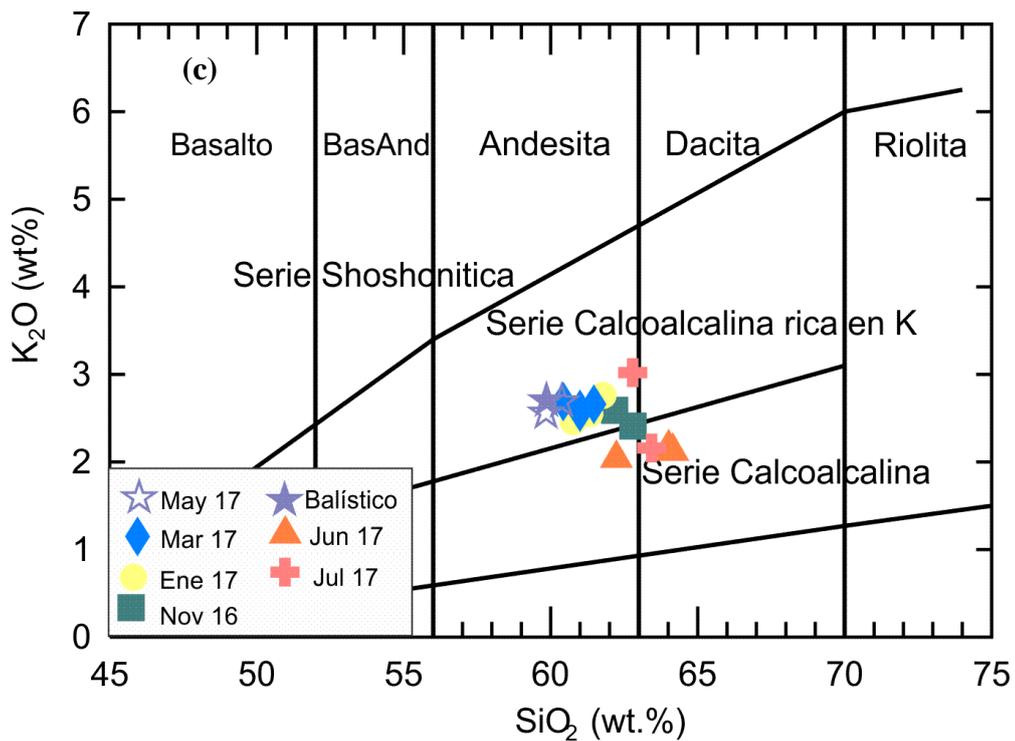
El bloque es de color gris oscuro (foto 8 y figura 9), de textura porfirítica, denso, con algunas vesículas. Contiene cristales de plagioclasa, clinopiroxeno, biotita, anfíbol, apatito y óxidos de Fe-Ti. Algunos de los cristales de plagioclasa muestran texturas de disequilibrio como sobrecrecimiento (Fig. 17b) 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  $\text{SiO}_2$  ricas en K (Fig. 17b). Mientras que en el mes de junio y julio se observa un

incremento de SiO<sub>2</sub> (62.2 y 64.2 wt. % SiO<sub>2</sub>) y algunas muestras de ceniza son de composición dacítica.



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



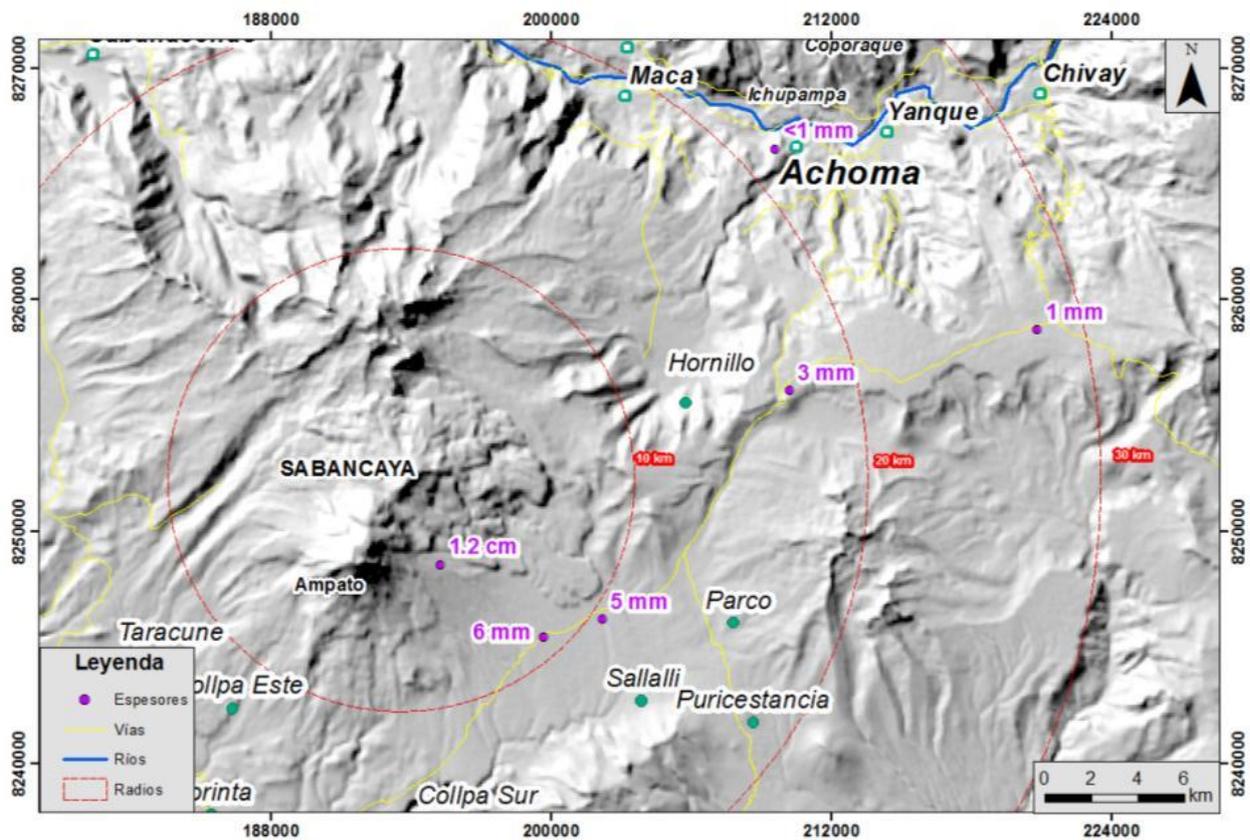
**Figura 9.** La composición química de la ceniza de noviembre del 2016 a mayo del 2017 es andesítica, mientras que la ceniza de los meses de junio y julio tienen composición andesítica a dacítica.

## IX. ESTIMACIÓN DE ESPESORES DE LA CENIZA

Según las medidas realizadas en los cenizómetros instalados en los pueblos del valle del Colca, en Achoma hasta el mes de noviembre se ha reportado 0.1 mm de espesor de ceniza.

Así mismo, entre el 31 de julio y 1 de agosto 2017 se realizaron medidas de espesores de ceniza en un radio de 20 km hacia el sector Sureste y Este del volcán. Dentro de este contexto, en el sector proximal, a 2.5 km del cráter se midió un espesor de 1.3 cm, en la pampa Sallalli, entre 7 y 12 km, se ha medido 4 y 2 mm de espesor. Mientras que en el sector Patapampa a 25 km del volcán el espesor es inferior a 1 mm.

En el mes de setiembre se pudieron realizar medidas en la estación Ampato localizado a una distancia de 4.3 km del cráter del volcán en donde se registraron hasta 1 cm de espesor y en la hacienda de Sallalli se midió 4 mm de espesor a 10 km de distancia. A fines del mes de octubre en la estación Ampato, el espesor incrementó a 1.2 cm, en Sallalli los espesores oscilan entre 6 y 5 mm, localizados a 9 y 10 km de distancia, respectivamente, y en Patapampa los espesores son entre 3 y 1 mm, a 16 y 27 km de distancia del cráter del volcán (Fig. 10). Es importante mencionar que, debido a la presencia de fuertes vientos en la zona, la ceniza es retrabajada y retransportada.



**Figura 10:** Espesores de ceniza en Achoma y los alrededores del volcán Sabancaya durante los meses de octubre.

## **X. EFECTOS DE CAÍDA DE CENIZA**

### **X.1 HISTORIA DE LA ACTIVIDAD ERUPTIVA PASADA 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.

La historia eruptiva ha estado caracterizada por la emisión de flujos de lavas en bloques, intercalados con episodios de erupciones explosivas leves a moderadas.

La evolución volcánica ha sido diferenciada en tres fases:

#### **Sabancaya I**

Durante la fase I 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  $5440 \pm 40$  años A.P.

#### **Sabancaya II**

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**

Esta fase estaría 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: corresponde a una 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 Pocsi 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: Existe un relato histórico de Zamacola y Jauregui (1804) sobre una erupción ocurrida el 11 de julio de 1784, posterior al gran terremoto registrado el 13 de mayo de ése 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 del de 1986, 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.

## **ACTIVIDAD ERUPTIVA ACTUAL**

Durante los últimos meses el espesor en las caídas de ceniza ha incrementado, sobre todo en los anexos **Sallalli** y **Patapampa** (foto 9) del distrito **Achoma**. De todos los pueblos ubicados en el valle del Colca, el pueblo de **Achoma** es donde se ha registrado un mayor incremento en el espesor de caída de ceniza. En el pueblo se ha observado la presencia de ceniza fina y gruesa; la ceniza fina (<250  $\mu\text{m}$ ) viene afectando los sembríos, ya que las partículas finas se adhieren en algunas hojas de los diferentes productos como papas, habas, maíz entre otros, impidiendo que se realice con normalidad el proceso de la fotosíntesis. En el caso de la ceniza gruesa, esta no se preserva en las hojas, debido a la presencia de fuertes vientos en la zona que hacen que se desprendan, sin embargo, en algunos frutos de tunas fue posible que se conserve granos de ceniza gruesa (foto 10). También, se ha observado que la ceniza gruesa se acumula en los techos (foto 11) de las viviendas de material noble.

En el distrito Achoma, el sector Sallalli es la zona más afectada, debido a la continua caída de ceniza registrada. En esta zona existen miles de camélidos (foto 12), los cuales consumen la ceniza impregnada en el *ichu* o el pasto, incluso la ceniza cae sobre los cauces de agua que ingieren dichos animales (fotos 13 y 14). Esto conlleva a que los camélidos estén sufriendo graves daños en sus dentaduras, como desgaste y también enflaquecimiento debido a los problemas gastrointestinales.. Durante la salida de campo los pobladores manifestaron que perdieron hasta ocho alpacas en las primeras semanas de setiembre de 2017.

El problema en esta zona se agrava aún más por la presencia de algunos pobladores que trabajan como pastores (foto 15) quienes viven expuestos permanentemente a enfermedades oculares, respiratorias y gastrointestinales.

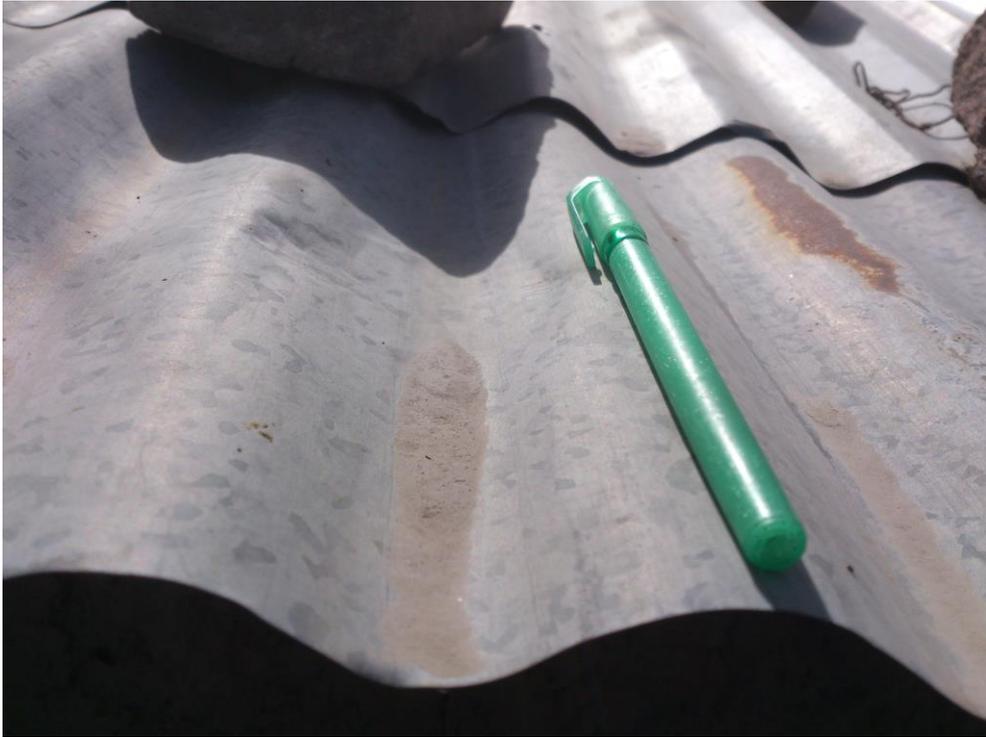
Sin embargo, el Observatorio Vulcanológico del INGEMMET emite alertas sobre la dispersión y caídas de ceniza, inmediatamente después de que ocurre una explosión con importante emisión de cenizas. Éstas alertas son enviadas a través de correos electrónicos y mensajes de texto a teléfonos celulares a autoridades municipales, centros de salud, coordinadores de defensa civil y el gobierno regional (Fig. 16).



**Foto 9:** Caída de ceniza en el sector de Patapampa y Sallalli, durante el mes de Julio 2017.



**Foto 10:** Frutos de cactus afectados por caída de ceniza, observados durante el mes de octubre.



**Foto 11:** Ceniza fina acumulada en un techo de calamina.



**Foto 12:** Vista de camélidos afectados por caída de ceniza en el sector de Sallalli, localizado a 13 km del volcán Sabancaya; foto tomada en el mes de setiembre.



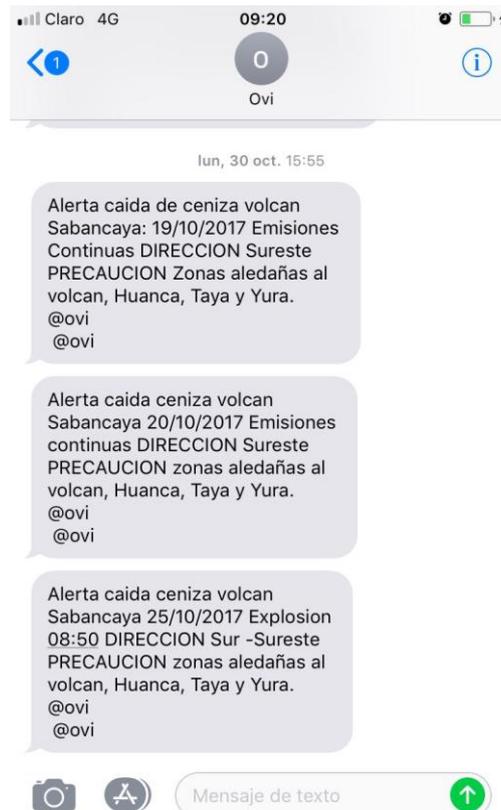
**Foto 13:** Vegetación afectada en el sector de Sallalli; foto del mes de Setiembre (cortesía Teresa Armijos).



**Foto 14:** Bofedales en el sector Sallalli durante el mes de setiembre (cortesía Teresa Armijos).



**Foto 15:** Vista de un poblador en el sector de Sallalli en el mes de setiembre.



**Figura 16:** Captura de pantalla con alertas de caída de ceniza relacionadas al volcán Sabancaya, enviadas a través de mensajes de texto a teléfonos celulares..

## CONCLUSIONES

1. Durante los últimos meses el distrito de Achoma se ha visto afectado por la caída de ceniza, alcanzando un espesor de 1 mm hasta el mes de octubre en el pueblo de Achoma.
2. La ceniza fina se deposita en las hojas pudiendo causar problemas en el normal desarrollo de las plantas. Más de 3000 hectáreas de cultivos de papas, habas, maíz y alfalfa se habrían visto afectadas por las constantes caídas de ceniza.
3. Alrededor del volcán Sabancaya existen más de 6500 cabezas de ganado camélido, los cuales se ven afectados por el consumo de la ceniza impregnada en la vegetación, produciéndoles desgaste en los dientes y problemas gastrointestinales.
4. Los bofedales del sector Sallalli y el agua que transcurre por la quebrada Sepina irriga gran parte de los cultivos del pueblo de Achoma, también se han visto afectados por la caída de ceniza.
5. Debido a los fuertes vientos ocurridos en la zona, la ceniza depositada sobre las plantas es removida constantemente, lo que hace que muchas veces no se observe sobre las hojas. Sin embargo, las partículas muy finas pueden quedar adheridas a las hojas y no ser perceptibles a simple vista.

## RECOMENDACIONES

1. La población debe contar con lentes y mascarillas para evitar los problemas oculares y respiratorios. Estos materiales de prevención deben ser entregados por las autoridades del Gobierno Regional de Arequipa.
2. En la medida de lo posible trasladar a los camélidos a zonas alejadas del volcán Sabancaya, es decir a distancias mayores de 15 km.
3. SENASA debe realizar periódicamente análisis a los animales de la zona, en especial los animales que se encuentran alrededor del volcán Sabancaya.
4. El Ministerio de Agricultura tiene que estudiar y analizar los campos agrícolas dañados por la caída de ceniza, y plantear alternativas a la población.
5. La ceniza puede contaminar el agua, por lo cual el ANA debe realizar estudios periódicos de las fuentes de agua que se encuentran alrededor del volcán Sabancaya, e informar inmediatamente a la población si esta es apta para el consumo humano y el de los animales.
6. 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 y además debe realizar campañas de prevención y protección que se deben implementar en las zonas aledañas al volcán para preservar la integridad física de la población.
7. Para tener información acerca del estado del volcán Sabancaya recurrir a los informes semanales y alertas elaborados por el Observatorio Vulcanológico del INGEMMET.

## 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.