

Informe Técnico N° A6832

EVALUACIÓN DE PELIGROS VOLCÁNICOS DE LA CONCESIÓN MINERA HUALCA HUALCA I, CAYLLOMA - AREQUIPA

Región Arequipa
Provincia Caylloma



YHON SONCCO
NELIDA MANRIQUE
IVONNE LAZARTE

AGOSTO
2018

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN.....	2
II. GENERALIDADES.....	2
III. GEOMORFOLOGÍA.....	4
IV. GEOLOGÍA.....	8
V. EVALUACIÓN DE PELIGROS VOLCÁNICOS.....	12
VI. ACTIVIDAD ERUPTIVA ACTUAL DEL VOLCÁN SABANCAYA	15
CONCLUSIONES	22
RECOMENDACIONES.....	22
BIBLIOGRAFÍA.....	23
GLOSARIO	24

I. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), dentro de sus funciones brinda asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología, que permite identificar, caracterizar, evaluar y diagnosticar 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. Esta labor es desarrollada, principalmente, por la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico.

El INGEMMET a través del Observatorio Vulcanológico del INGEMMET (OVI), viene elaborando los mapas de peligros volcánicos. El OVI es un centro de estudio y vigilancia permanente de volcanes activos en el sur de Perú, de carácter interdisciplinario, cuyo fin es determinar la naturaleza y probabilidad de ocurrencia de una erupción volcánica. Así mismo realiza la evaluación de los tipos de peligros volcánicos en base a estudios geológicos; proporciona alertas oportunas a la sociedad sobre peligro de actividad volcánica inminente, a fin de reducir el riesgo de desastre en el área de influencia de los volcanes activos o con crisis volcánica. La elaboración de los mapas de peligros volcánicos es responsabilidad de profesionales geólogos-vulcanólogos de INGEMMET, con amplia experiencia técnico-científica.

El presente informe contempla evaluar el área abarcado por la concesión minera **Hualca Hualca I**, frente a peligros volcánicos originados por el volcán Sabancaya.

II. GENERALIDADES

2.1 ANTECEDENTES

El jefe de la Oficina Regional de Defensa Nacional y Defensa Civil Arequipa, mediante Oficio N° 20-2018-GRA/ORDNDC, dirigida al COMITÉ CIENTIFICO TECNICO SABANCAYA, (del cual es parte el Observatorio vulcanológico del INGEMMET), solicitó un informe técnico sobre los peligros volcánicos a los cuales se encuentra expuesto la concesión minera Hualca Hualca I, ubicado en los alrededores del volcán Sabancaya en la región Arequipa. La concesión minera **Hualca Hualca I** cuenta con el código N° 05-00305-07, y fue otorgado a favor de **S.M.R.L. HUALCA HUALCA II**.

Es importante mencionar que el INGEMMET realiza evaluación de peligros geológico a nivel nacional, más no evaluación de riesgos. La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico designó a los ingenieros Yhon Soncco Calsina, Nélida Manrique e Ivonne Lazarte, para realizar la evaluación de peligros volcánicos de dichas zonas.

2.2 OBJETIVOS

- Realizar una evaluación de peligros volcánicos en el área de la concesión minera **Hualca Hualca I**, localizados en la provincia de Caylloma, región de Arequipa.
- Establecer las zonas de peligrosidad en las cuales se encuentra la concesión minera, respecto al mapa de peligros del volcán Sabancaya.

2.3 UBICACIÓN

El área de la concesión minera Hualca Hualca I (15°47'54.84"S y 71°46'9.01"O) se localiza entre los distritos Achoma y Maca, provincia Caylloma, aproximadamente a 9 kilómetros al sector este del volcán Sabancaya. (Fig. 1)

La concesión se encuentra ubicada en la Carta Geológica Nacional CHIVAY (32-S), comprendiendo 900.0000 hectáreas de extensión y cuyas coordenadas UTM - WGS84, son:

	<u>Norte</u>	<u>Este</u>		<u>Norte</u>	<u>Este</u>
1	8252623.68	204814.03	5	8249623.69	202814.06
2	8248623.67	204814.05	6	8250623.69	202814.05
3	8248623.68	203814.06	7	8250623.70	201814.06
4	8249623.68	203814.05	8	8252623.70	201814.05

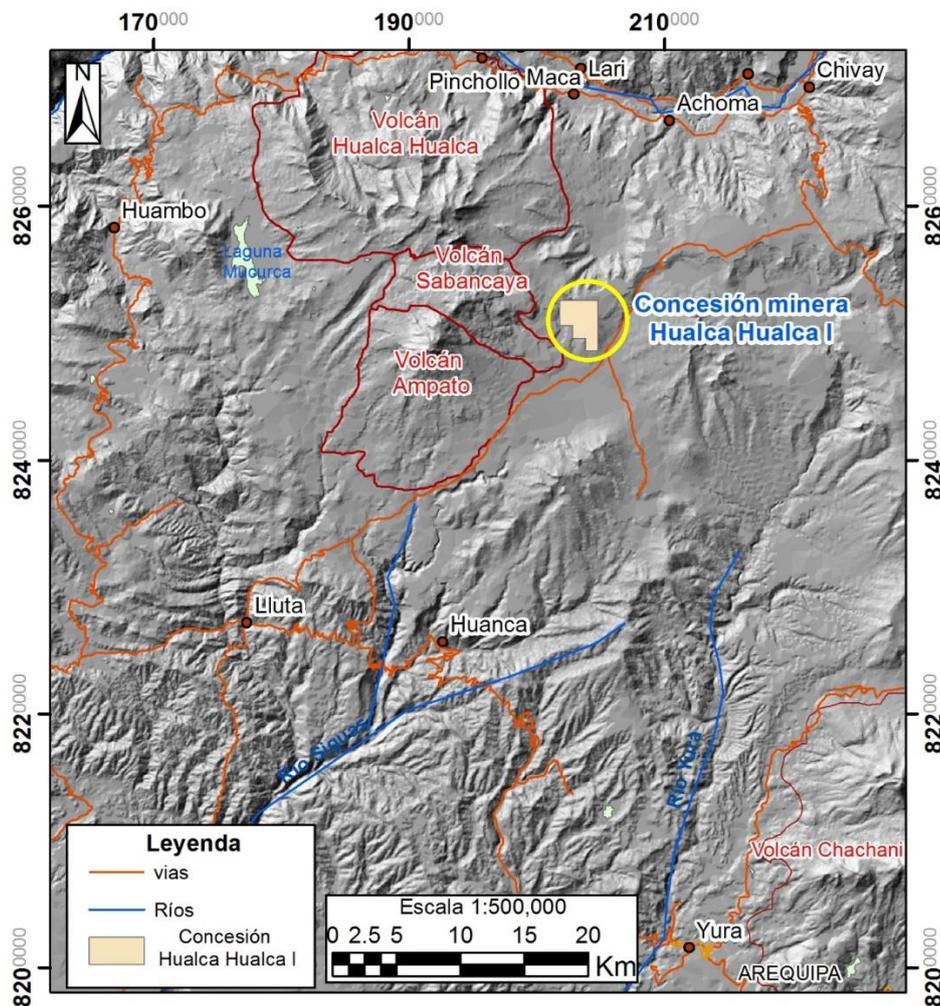


Figura 1. Mapa de ubicación de la concesión minera Hualca Hualca I.

III. GEOMORFOLOGÍA

La zona albergada por la concesión minera Hualca Hualca I y sus alrededores presentan las siguientes unidades geomorfológicas.

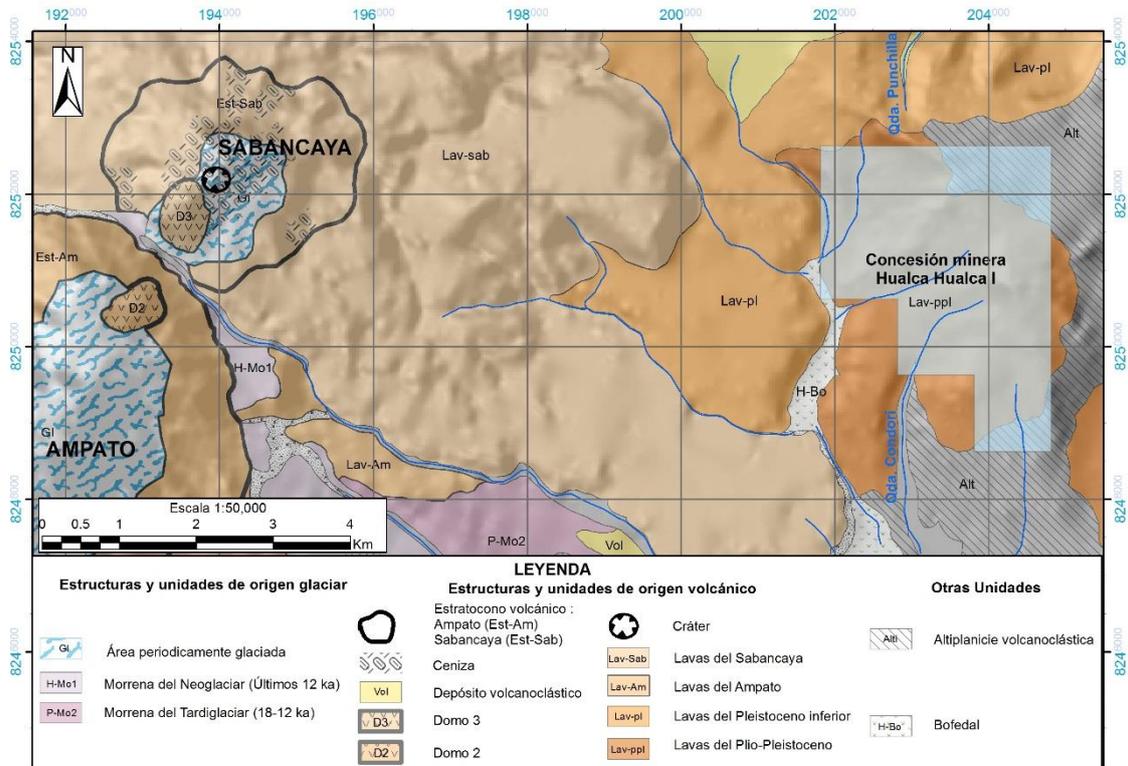


Figura 2. Mapa Geomorfológico del volcán Sabancaya (Rivera et al., 2016). Muestra la concesión minera Hualca Hualca I.

3.1 Unidades de origen volcánico

Se distinguen las siguientes unidades:

a) Lavas del Plio-Pleistoceno (Lav-ppl).

El área ocupada por la concesión minera Hualca Hualca I se encuentra localizado sobre estos flujos de lava. Correspondiente a los estratovolcanes Jellojello y Ananta, localizados al este y sur del complejo Ampato-Sabancaya,

b) Lavas del Ampato (Lav-am)

El volcán Ampato presenta una gran diversidad de flujos de lava que muestran morfologías variadas, y a la vez presentan diferente grado de alteración, meteorización y fracturamiento. El área de estudio está localizado a 6 km de los flujos de lava del Ampato.

c) Lavas del Sabancaya (Lav-sab)

Corresponden a las lavas más jóvenes que afloran en el sector norte del complejo volcánico Ampato-Sabancaya (Fig. 4), a 2.5 km de la concesión minera Hualca Hualca I. Estas lavas presentan estructuras de flujo bien conservadas, como bordes de encauzamiento y cordones, superficie rugosa característica de los flujos de lava en bloques.

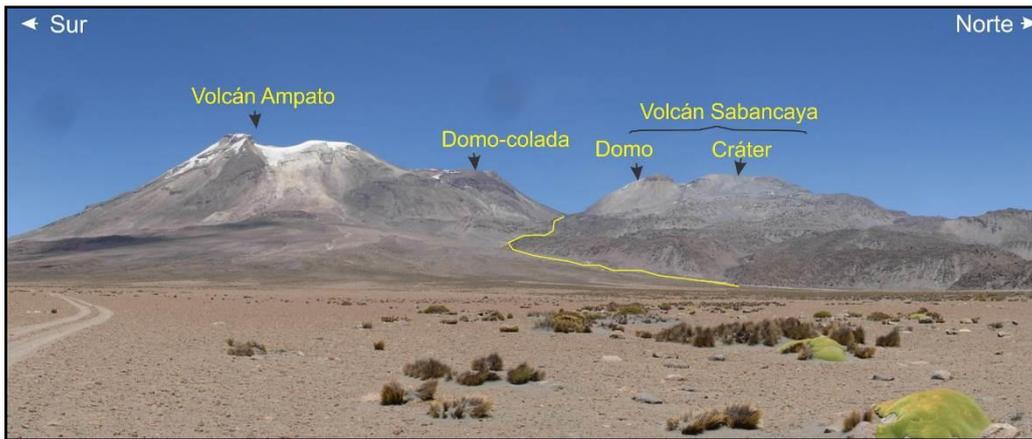


Figura 4. Fotografía del complejo volcánico Ampato-Sabancaya, vista desde la pampa Lluillipampa. El volcán Sabancaya presenta una zona inferior constituida de lavas de suave pendiente y una zona superior constituida de lavas de fuerte pendiente, (Rivera et al., 2016).

3.2 Otras unidades

a) Área glaciada y periódicamente glaciada (gl)

Corresponde a los sectores más elevados del complejo volcánico Ampato-Sabancaya (Fig. 2), es decir corresponden a zonas localizadas sobre los 5250 msnm.

La cima del volcán Ampato ubicada sobre los 5600 msnm, se encuentra permanentemente cubierta por un casquete glaciar de más de 50 m de espesor (Fig. 3). Esta cobertura glaciar abarca un área de 15 km² y un volumen de 5.12 km³ (Morales-Arno, 1999). Los frentes de glaciar expuestos al oeste, SO y sur del complejo descienden ocasionalmente hasta 5100 msnm, es decir, 150 a 400 m más abajo que el glaciar expuesto en el NO. Mientras que el volcán Sabancaya es cubierto por un casquete glaciar de 3.5 km² y su espesor es estimado en 20 m sobre las pendientes muy empinadas y mide más de 50 m en la cima casi plana (Lamadon, 1999). El volumen total de glaciar es aproximadamente 0.15 km³ (Thouret et al., 1994).

En el momento álgido de la última glaciación, el casquete glaciar sobre los volcanes Ampato, Sabancaya y Hualca Hualca cubría una superficie de hasta 347 km² (Alcalá, 2007). Desafortunadamente con el calentamiento global que viene ocurriendo los últimos años este glaciar tendería a desaparecer en los próximos siglos.

Adicionalmente, en épocas de lluvia (diciembre a abril), en el complejo volcánico se deposita nieve y hielo que, consecuentemente, permanece hasta los meses de junio y julio, con un espesor promedio de 2 m.



Figura 3. Vista del casquete glaciar que cubre gran parte de la cumbre del volcán Sabancaya (Fotografía: P. Masias, marzo 2013).

b) Morrenas (H-Mo1 y P-Mo2)

Durante el Pleistoceno superior y el Holoceno, los alrededores del Complejo Volcánico Ampato-Sabancaya-CVAS, estuvo ocupada por glaciares (Smith et al., 2005; Alcalá, 2007), que dejaron registros de estrías glaciares en los flujos de lava y dieron lugar a la formación de morrenas y circos glaciares en los edificios volcánicos.

Según el mapa geomorfológico de la zona, se distingue por lo menos dos generaciones de morrenas, generadas durante el Pleistoceno Superior y Holoceno, entre ellas tenemos: Morrenas de la segunda generación (P-Mo2). Se originaron durante el periodo tardiglaciario (entre 18 y 12 ka.), están localizadas hacia el suroeste a 5 km de la concesión minera (Fig. 2) y morrenas de la tercera generación (H-Mo1), se originaron durante los últimos 12 ka (periodo Neoglaciario) y están localizadas por encima de 5000 msnm, estas morrenas están localizadas a 6 km hacia el suroeste de la concesión.

c) Zona de altiplanicie Volcanoclástica (Alt)

Se trata de una unidad geomorfológica amplia, que se destaca entre las demás por presentar superficies subhorizontales y/o de suave pendiente, localizadas al S, SE, SO y NE del CVAS. Se encuentra ubicada entre los 4200 a 4500 msnm (Fig. 5). Comprende los sectores de Jatun Pampa, Tacujani y Lliullipampa (ubicados todos al E y SE del CVAS), así como, la pampa Moldepampa, localizada al SO del CVAS. Esta zona de altiplanicie, litológicamente está constituida por una secuencia estratificada de depósitos volcanoclásticos y depósitos de lapilli y cenizas re TRABAJADAS pertenecientes a los volcanes Ampato-Sabancaya, que cubren depósitos de flujos piroclásticos y flujos de lava del substrato de edad Miocena-Pliocena.



Figura 5. Zona de Altiplanicie volcanoclástica cubierta de ceniza, vista desde la pampa Lluillipampa, (Rivera et al., 2016).

d) Bofedal (H-Bo)

Corresponden a zonas planas, húmedas y/o saturadas de agua y llenas de vegetación, localizadas al fondo de los valles que drenan del CVAS. El agua proviene ya sea del deshielo de los glaciares o de las precipitaciones pluviales. (Fig. 6). Los bofedales más notorios están ubicados en las quebradas Pujro Huayjo y Huaraya, entre 4300 a 4800 msnm, al NO del complejo Ampato-Sabancaya, en donde tienen entre 200 a 600 m de ancho. Por otro lado, en el sector de Colihuiri y en las quebradas Sallalli y Cajamarcana (al SE del volcán Sabancaya) se distinguen bofedales compuestos de vegetación y permanentemente húmeda, debido a que almacenan agua. También, se observan bofedales ubicados al sur y sureste del volcán Ampato.

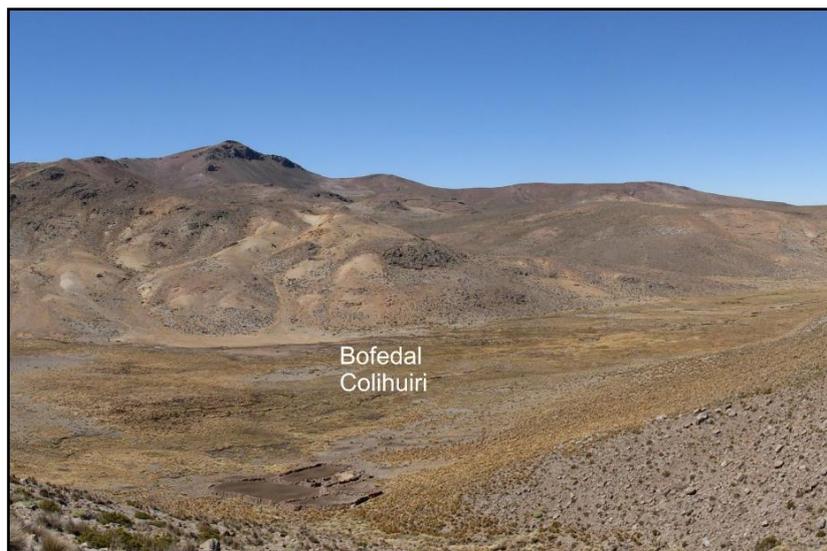


Figura 6. Vista panorámica del bofedal de Colihuiri, localizado al este del volcán Sabancaya, a 4520 msnm, (Rivera et al., 2016).

IV. GEOLOGÍA

Según (Rivera et al., 2016), tenemos las unidades litológicas que afloran en la zona de la concesión minera **Hualca Hualca I** y sus alrededores. (Fig. 7)

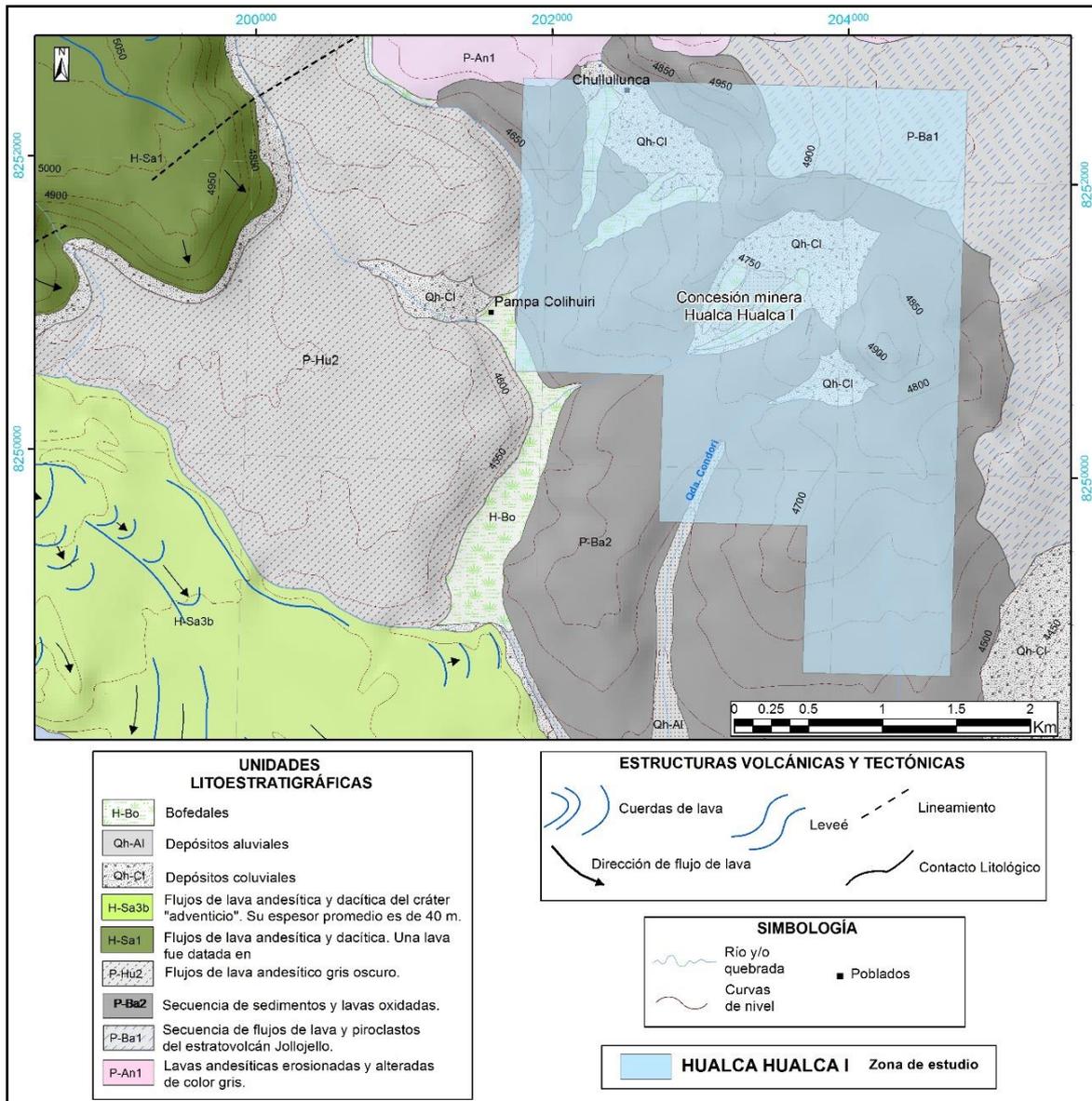


Figura 7. Mapa geológico del volcán Sabancaya (Rivera et al., 2016). Muestra la concesión minera Hualca Hualca I.

4.1 Flujos de lava (P-An1)

Corresponden a una secuencia de lavas andesíticas, bastante alteradas y oxidadas de coloración gris blanquecina y pardo rojiza que afloran al este del volcán Sabancaya (cerros Colihui y Hornillo), formando colinas de suaves pendientes. Esta secuencia en total mide aproximadamente 120 m de espesor. En su conjunto las lavas muestran una disposición subhorizontal. Las lavas contienen fenocristales de plagioclasa, piroxeno y anfíbol, incluidos dentro de una pasta vítrea a microcristalina. Estos flujos de lava afloran en el extremo Noroeste de la concesión minera Hualca Hualca I. (Fig. 7).

4.2 Flujos de lava (P-Ba1)

Secuencia de lavas andesíticas alteradas y meteorizadas que afloran al extremo oriental del área de estudio (cerro Condori), así como en el extremo suroriental del área (estrato-volcán Jolla Jello-Chuntahayco), (Fig. 8). Estas lavas probablemente se emplazaron durante el Mioceno superior-Plioceno, generalmente presentan coloración parda rojiza por estar ligeramente alteradas, como también de grises por estar poco alteradas. Estas son visibles en la base y al tope del volcán Jolla Jello - Chuntahayco. Forman laderas con pendiente entre 10° a 20°.



Figura 8. Centro volcánico Jolla Jello-Chuntahayco constituido de flujos de lavas andesíticas, parcialmente alterados e hidrotermalizadas. (Rivera et al., 2016).

4.3 Secuencia volcanoclástica y lavas oxidadas (P-Ba2)

La concesión minera Hualca Hualca I, se localiza en mayor porcentaje sobre estas secuencias volcanoclásticas y lavas, los cuales corresponde a una secuencia de depósitos de lahares y flujos hiperconcentrados, endurecidos, masivos, con espesores entre 0.5 m a 3 m, a veces alternados con algunos niveles de lavas andesíticas masivas, parcialmente alteradas. Esta secuencia forma colinas irregulares que afloran a 10 km al este del volcán Sabancaya (cerro Condori), (Fig. 9). El espesor total de esta secuencia es de 320 m. En su conjunto la secuencia muestra una coloración parda rojiza por estar oxidada. Las capas muestran una disposición subhorizontal.



Figura 9. Secuencia volcanoclástica (P-Ba2) que mide más de 300 m de espesor, constituida de niveles de lahares alterados intercalados con lavas intemperizadas. Dicha secuencia está localizada al este del volcán Sabancaya (cerro Condori) (Rivera et al., 2016).

4.4 Flujos de lava andesítica (P-Hu2)

Corresponden a flujos de lavas en bloques de composición andesítica y dacítica que yacen al oeste de la concesión minera Hualca Hualca I, en el sector Pampa Colihuirí, (Fig. 7). Estas lavas son masivas y de color gris oscuro a pardo rojizas.

Las lavas recorrieron más de 8 km de distancia con respecto al volcán Hualca Hualca, en la mayoría de los casos se encuentran alteradas e hidrotermalizadas y afectadas principalmente por la actividad glacial. Algunas se encuentran cubiertas por ceniza del volcán Sabancaya, como las que afloran en la zona de Pampa Colihuirí.

4.5 Flujos de lava andesítica y dacítica (H-Sa1)

Estos depósitos se ubican aproximadamente a 2.8 km al oeste de la concesión minera Hualca Hualca I. Están constituidos por una secuencia volcanoclástica y flujos de lavas de los volcanes Ampato y Hualca Hualca (Fig. 9).

Los flujos de lava de la etapa “Sabancaya I” se pueden apreciar sobre todo al pie de los flancos este y oeste del volcán, caracterizados por presentar bloques con tamaños métricos, dispersos en superficie.

Esta secuencia se encuentra parcialmente cubiertas por la ceniza histórica y la emitida durante la actividad 1988-1998. Se diferencian de las más recientes por estar moderadamente meteorizadas.

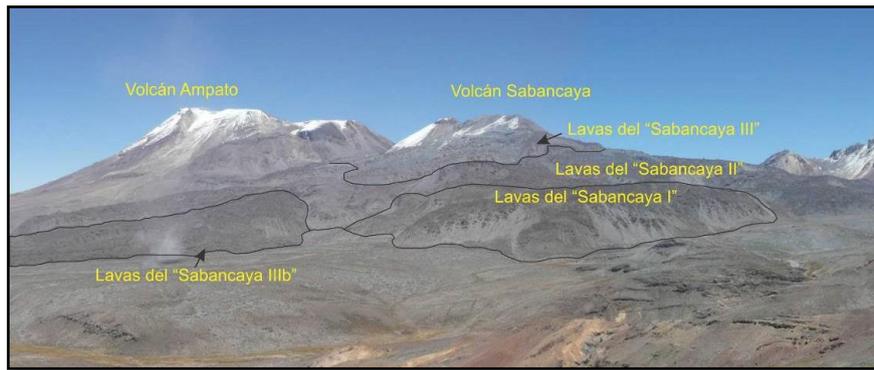


Figura 8. Vista del sector este del complejo volcánico Ampato-Sabancaya. Al pie del volcán Sabancaya se distinguen flujos de lava basales y lavas emitidas por el cráter adventicio (Rivera et al., 2016).

4.6 Flujos de lava del cráter adventicio (H-Sa3b)

Estos depósitos se ubican aproximadamente a 2.5 km al Suroeste de la concesión minera Hualca Hualca I. Dentro de esta unidad se ha asignado a dos flujos de lava ubicados entre los 4500 a 5050 msnm, localizados al pie del flanco este del volcán Sabancaya, que provienen de un evento parásito, ubicado a 3.5 km al este del cráter del Sabancaya.

Se tienen flujos de lava en bloques, que alcanzaron longitudes de hasta 4.8 km (Fig. 9), tienen una topografía plana subhorizontal, y en los frentes de lava presentan fuertes pendientes (> 60°). Sobreyacen a secuencias volcanoclásticas emplazadas en la planicie ubicada al sureste del volcán y descienden hasta los 4450 msnm.

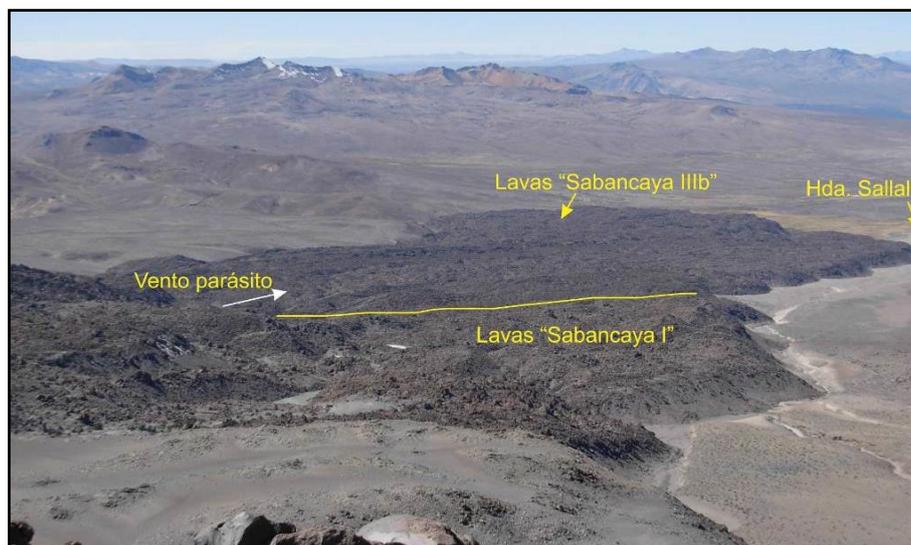


Figura 9. Vista panorámica de los flujos de lava en bloques del volcán Sabancaya, pertenecientes a la unidad "Sabancaya I" y aquellas emitidas por el viento parásito ("Sabancaya IIIb") (Rivera et al., 2016).

4.7 Depósitos coluviales (Qh-CI)

Estos depósitos afloran dentro de la concesión minera Hualca Hualca I, (Fig. 7), se caracteriza por presentar material suelto y poco voluminoso, los cuales poseen fragmentos angulosos que varían desde bloques a limos de composición heterogénea.

El material es suelto producto de la meteorización de las rocas circundantes. En muchos casos, estos depósitos están cubiertos por caídas de ceniza de la actividad histórica y reciente del volcán Sabancaya.

4.8 Depósitos aluviales (Qh-AI)

Se ubican en el sector sur de la concesión minera Hualca Hualca I, en la quebrada Condori, (Fig. 7). Están conformados por gravas, bloques, son de formas subredondeados y subangulosos, englobados dentro de una matriz limo-arcillosa, poco consolidada. En muchos casos estos depósitos se encuentran formando secuencias interestratificadas con lahares.

V. EVALUACIÓN DE PELIGROS VOLCÁNICOS

El INGEMMET ha elaborado tres mapas de peligros que consideran una erupción del volcán Sabancaya:

- a) Mapa proximal para peligros múltiples. Contiene los emplazamientos de flujos piroclásticos, flujos de lava, y emisión de proyectiles balísticos.
- b) Mapa de peligros por lahares (flujos de lodo) distales
- c) Mapa por caída de tefras (ceniza).

En los tres mapas se ha diferenciado el tipo de peligro como alto, moderado y bajo.

Según lo observado en el **mapa de peligros proximal y mapa por lahares**, el sector oeste de la concesión minera Hualca Hualca I, es considerada como zona de **ALTO PELIGRO** (Fig. 10).

En el caso de presentarse **caída de ceniza del volcán Sabancaya**, la concesión minera Hualca Hualca I se encuentra en una zona de **ALTO PELIGRO** (Fig. 11).

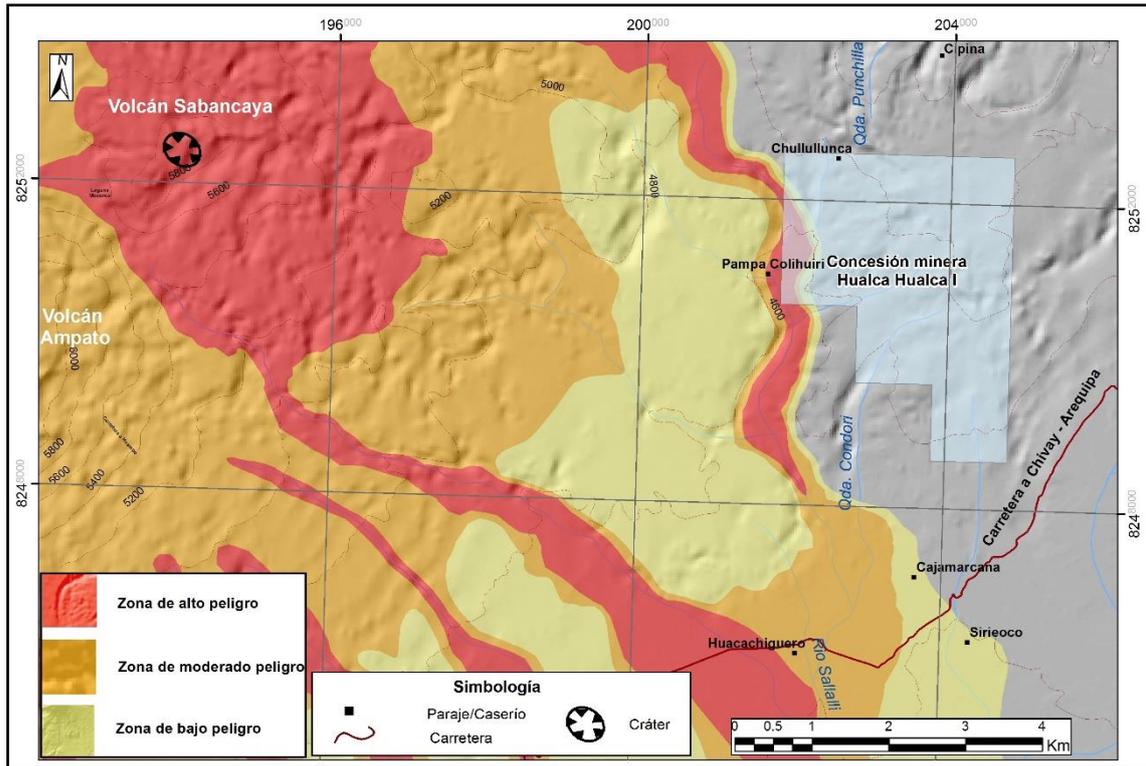


Figura 10. Mapa de peligros múltiples del volcán Sabancaya (Rivera et al., 2016). Muestra la concesión minera Hualca Hualca I

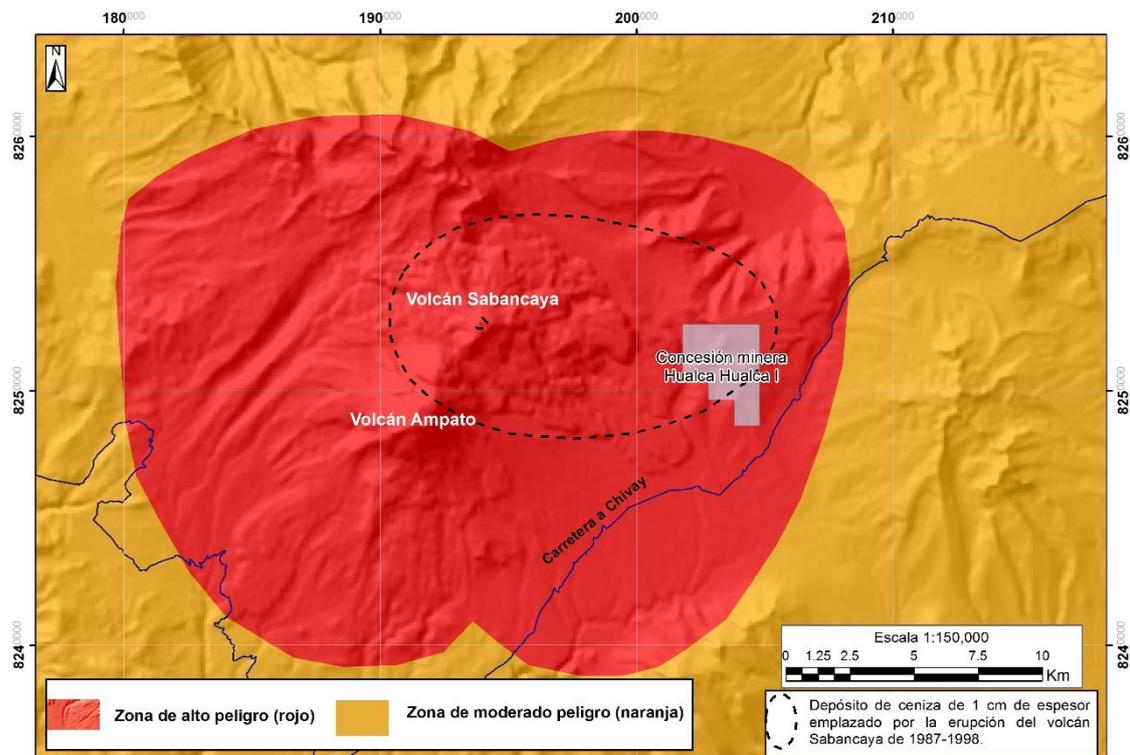


Figura 11. En el mapa de peligros por caída de ceniza y lapilli de pómez (Rivera et al., 2016) se observa que la concesión minera Hualca Hualca I se localiza en una zona de Alto Peligro.

5.1 Peligros por caída piroclásticas

Durante una erupción explosiva de moderada magnitud (tipo vulcaniana) o de gran magnitud (sub-pliniana y pliniana) del volcán Sabancaya, pueden emitir ceniza, lapilli de pómez y/o bloques de pómez que podrían afectar el área de la concesión minera **Hualca Hualca I**.

Según el mapa de peligros por caída de ceniza y pómez del volcán Sabancaya, la concesión minera Hualca Hualca I, se encuentra en la **Zona de alto peligro** (Fig. 11), esta zona se extiende hasta aproximadamente 14-15 km de radio, y la concesión minera se ubica aproximadamente a 9 km del volcán Sabancaya.

Puede ser afectado por cualquier tipo de erupción, inclusive las de baja magnitud, como la erupción de 1988-1998 (IEV 2), donde a 10 km de distancia del volcán, se emplazaron caídas de ceniza del Sabancaya que llegaron a tener un espesor de 1 cm de espesor hacia el este (Thouret et al., 1994). En la erupción actual la cual comenzó en el 2016, y según los trabajos de evaluación por caída de ceniza se ha registrado más de 1 cm en los anexos de Achoma al este del volcán (OVI-INGEMMET, 2017)

5.2 Peligros por Lahares

Según el mapa de peligros por lahares del volcán Sabancaya, únicamente el extremo oeste de la concesión minera Hualca Hualca I, la cual se localiza sobre una quebrada sin nombre está dentro de las zonas de alto, moderado y bajo peligro (Fig. 12).

La **zona de alto peligro** corresponde a la de mayor posibilidad de ser afectada por lahares poco voluminosos asociados a erupciones de baja a moderada magnitud (IEV 1-2). La de **moderado peligro**, puede ser afectada por lahares de moderado volumen. La de **bajo peligro** o de menor posibilidad de ser afectada por lahares muy voluminosos.

Se debe recalcar que la posibilidad de ocurrencia de tales erupciones es baja o muy baja. Los lahares voluminosos (10 y 20 millones de m³) podrían estar asociados a erupciones de gran magnitud (IEV ≥ 3)

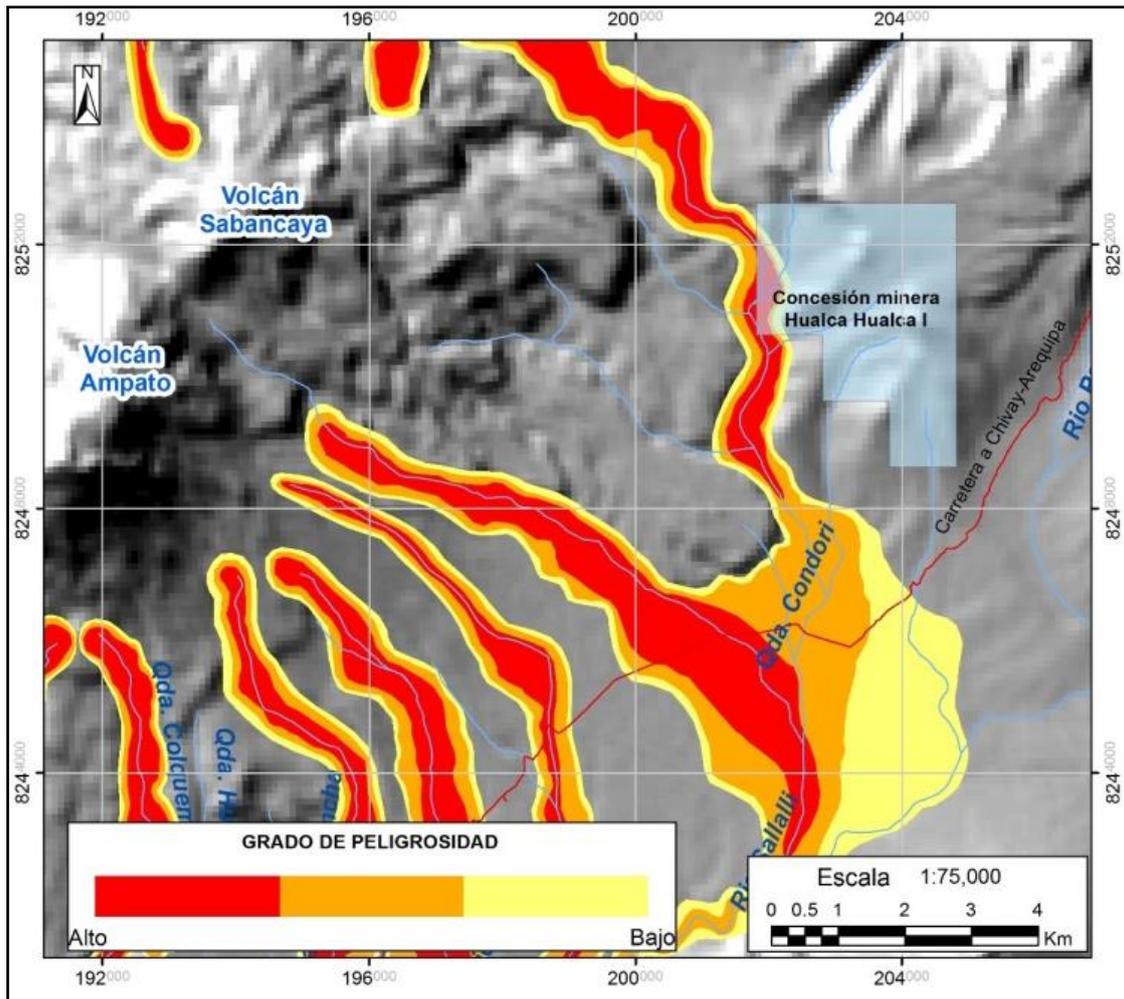


Figura 12. En el mapa de peligros por lahares del volcán Sabancaya (Rivera et al., 2016) se observa que la concesión minera Hualca Hualca I se encuentra en una zona de alto, moderado y bajo peligro.

VI. ACTIVIDAD ERUPTIVA ACTUAL DEL VOLCÁN SABANCAYA

El actual proceso eruptivo del Sabancaya iniciado el 06 de noviembre 2016, con explosiones (Fig. 13), ha presentado entre los meses de inicio hasta octubre del 2017 emisiones de ceniza recurrentes alcanzando alturas de hasta 5500 m sobre la cima del volcán (Fig. 14).



Figura 13. Muestra una de las emisiones más representativas de 2016 del volcán Sabancaya.
Altura de la emisión 4000, con dirección NO.

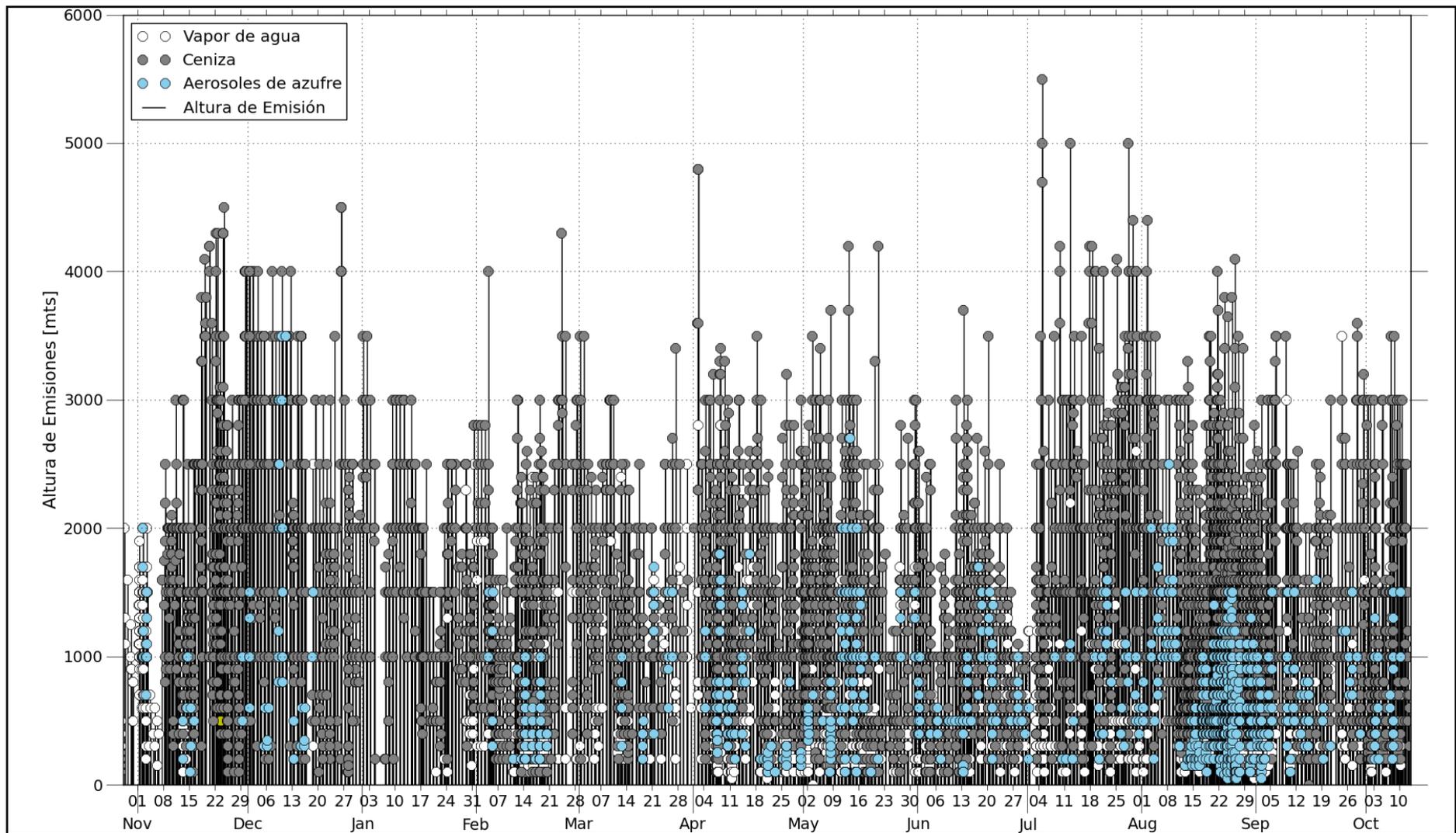


Figura 14. Características y altura de las columnas de gases y cenizas emitidas por el volcán Sabancaya entre julio del 2016 y octubre de 2017, (OVI-INGEMMET, 2017)

Desde mediados de enero y hasta marzo de 2017 la actividad volcánica ha sido moderada, donde las emisiones de gases y ceniza se mantuvieron constantes, alcanzando alturas de hasta 4200 m sobre la cima del volcán, que 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, afectó los poblados Lluta y Huanca (Fig. 15).

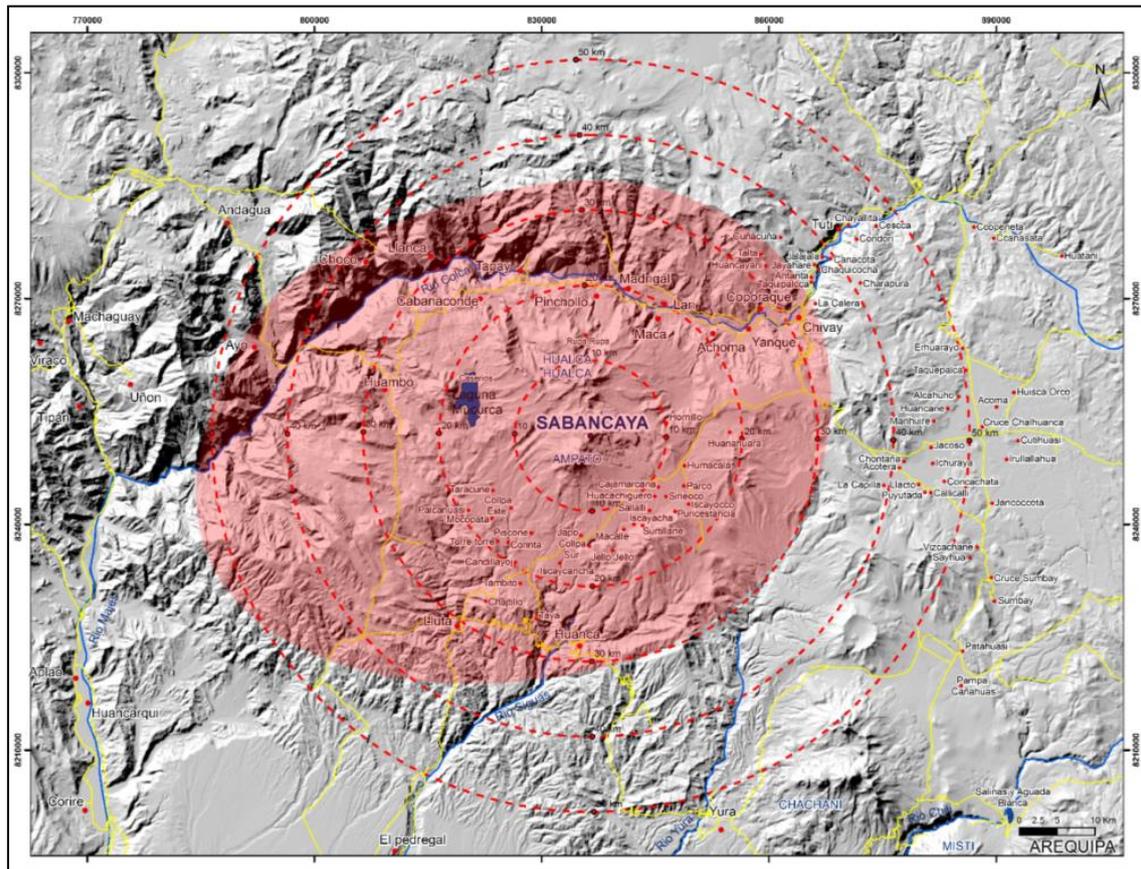


Figura 15. Dispersión por caída de cenizas del volcán Sabancaya para los meses de enero a marzo de 2017 (área de color rojo). (OVI-INGEMMET, 2017)

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. Sin embargo, durante los meses de abril-mayo hasta mediados del mes de junio, la actividad fue moderada, se registró emisiones o columnas de gases y cenizas con altura promedio de 2500 m, se dispersaron por el viento, en dirección este del Sabancaya, afectó al distrito Achoma y anexos (Sallalli, Parco, etc.). Otras direcciones predominantes de la dispersión de ceniza fueron hacia el sureste, afectó al poblado de Huanca (Fig. 16). En los meses de abril, mayo y junio la ceniza logró viajar hasta un radio de 50 km de distancia (OVI-INGEMMET, 2017).

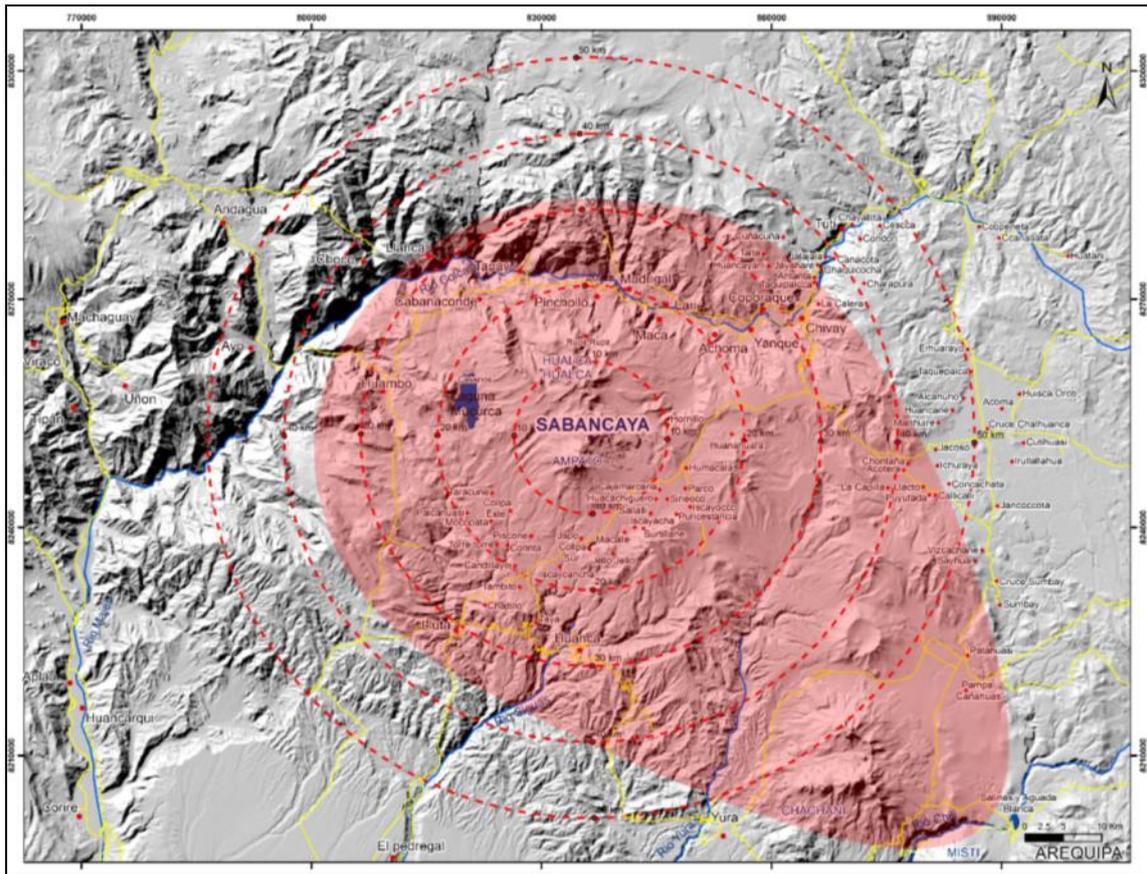


Figura 16. Zona de afectación por caídas de ceniza del volcán Sabancaya registrada en los meses de abril a junio de 2017 (área de color rojo) (OVI-INGEMMET, 2017)

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. Las columnas eruptivas alcanzaron alturas de hasta 5500 m sobre la cima del volcán, después se dispersaron por el viento en dirección sur, afectó los distritos de Lluta, Huanca y el anexo de Sallalli del distrito de Achoma, incluso llegando hasta el norte de la ciudad de Arequipa (Fig. 17). En esta fecha, la ceniza logrado superar los 60 km de distancia respecto al volcán (OVI-INGEMMET, 2017).

de Achoma como Sallalli y Patapampa. En el mes de agosto del 2017 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 las cenizas en dirección sur y sureste del volcán; afectó a los anexos de los distritos de Achoma y pueblos de Huanca y Lluta alcanzando un radio de 40 km.

En los meses de octubre, noviembre, diciembre y enero las alturas de las columnas eruptivas alcanzaron entre 3000 y 4200 m sobre la cima del volcán y la ceniza se dirigió hacia el noroeste-sureste. Afectando los distritos de Cabanaconde, Lari, Madrigal, Achoma; llegando a afectar hasta 50 km. Es importante mencionar que, en las distancias máximas de alcance, la ceniza es muy fina y muchas veces se queda suspendida.

CONCLUSIONES

- 1) En el sector oeste de la concesión minera Hualca Hualca I, discurre una quebrada S/N, según el mapa de peligros por lahares del Sabancaya en esta quebrada podría generarse un lahar.
Por lluvias excepcionales se podrían generar lahares que afectarían este sector.
- 2) La concesión minera se ubica aproximadamente a 9 km al este del volcán, sector categorizado como de **ALTO PELIGRO**. Según el mapa de peligros volcánicos, en caso de una erupción del volcán Sabancaya la concesión minera Hualca Hualca I sería afectada por caída de ceniza y lapilli de pómez

RECOMENDACIONES

- 1) El Observatorio Vulcanológico del INGEMMET - OVI, continúa y continuará realizando trabajos de monitoreo de manera permanente a fin de informar de manera oportuna y veraz a las autoridades y la población acerca del desarrollo de este proceso eruptivo. La concesión Minera Hualca Hualca I debe mantenerse informado sobre la actividad del volcán Sabancaya a través de las alertas, pronósticos y los reportes de monitoreo del OVI y a través de nuestra página web insitucional.
- 2) La concesión minera Hualca Hualca deberá tomar medidas preventivas como el uso de mascarillas y lentes, porque las cenizas pueden causar efectos respiratorios, molestias oculares, irritación de la piel y efectos indirectos.

BIBLIOGRAFÍA

- Lamadon, S. (1999) - *Fluctuations glaciaires et Tephrostratigraphie dans les montagnes intertropicales: Une revue et applications dans les Andes du Sud du Pérou (massifs des Nevados Ampato et Coropuna)*. Mémoire DEA, Université Blaise Pascal, Clermont Ferrand, 205 p.
- Morales, B. (1999) - Glaciers of Perú. With sections on the Cordillera Blanca on Landsat imagery and Quelccaya ice cap, by Stephan L. Hastenrath. En: Williams, R.S. & Ferrigno, J.G., eds., Satellite image atlas of glaciers of the World, Chapter I: Glaciers of South America. *U.S. Geological Survey Professional Paper 1386-I-4*, p. 151-179. También disponible en: <<http://pubs.usgs.gov/prof/p1386i/peru/index.html>>.
- 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.
- Smith, J.A.; Seltzer, G.O.; Rodbell, D.T.; Klein, A.G. (2005) - Regional synthesis of last glacial maximum snowlines in the tropical Andes, South America. *Quaternary International*, 138-139: 145-167.
- Thouret, J.-C.; Guillaude, 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.

GLOSARIO

- **CVAS:** Complejo volcánico Ampato Sabancaya
- **VEI:** Índice de explosividad volcánica
- **Morrenas:** Conjunto de materiales arrastrados por un glaciar durante su transporte, y que se depositan en forma de líneas a lo largo del curso de este.
- **Secuencias volcanoclásticas:** Material producido por actividad volcánica, generalmente explosiva, seguida de un retrabajamiento.
- **Cráter adventicio:** Cráter emplazado en los flancos de un estratovolcán.
- **Tefras:** Partículas inyectadas en la atmósfera durante una erupción volcánica explosiva.
- **Ceniza:** Partículas de tefra inferiores a 2 mm de diámetro.
- **Lahar:** Término de Indonesia comúnmente definido como un flujo rápido producto de las mezclas de rocas, material volcánico y agua.
- **Domo:** Montículos de lava viscosa y de rocas que se apilan y amontonan alrededor de un vento volcánico.
- **Altiplanicie:** Gran extensión de terreno que conforma una meseta, que se encuentra generalmente localizadas entre dos o más cadenas montañosas.
- **Flujo Piroclástico:** Nube ardiente o corriente de densidad piroclástica, es una mezcla de gases volcánicos, a alta temperatura entre 700 °C a 1,200 °C. La velocidad de los flujos piroclásticos puede llegar a los 200 km/h. Los flujos piroclásticos son letales y arrasaron todo lo que encuentran en su camino.
- **Erosión:** Desgaste y modelación de la corteza terrestre causados por la acción del viento, la lluvia, los procesos fluviales, marítimos y glaciales, como también por la acción de los seres vivos.
- **Meteorización:** Desintegración y descomposición de una roca en la superficie de la tierra, o en su defecto, próxima a la misma, como resultado de la exposición a agentes atmosféricos y con participación de agentes biológicos. La meteorización involucra un conjunto de reacciones químicas en las que los productos sirven de reactivos para síntesis subsiguientes.