

MAPA DE PELIGROS DEL COMPLEJO VOLCÁNICO AMPATO-SABANCAYA

Jersy Mariño¹, Pablo Samaniego^{1,2,3}, Marco Rivera¹, Nina Bellot³, Nélica Manrique¹,
Rosmery Delgado¹

¹ INGEMMET, Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. Av. Dolores (Urb. Las Begonias B-3), J.L.B y Rivero, Arequipa, Perú; E-mail: jmarino@ingemmet.gob.pe

² Laboratoire Magmas et Volcans, Université Blaise Pascal, CNRS, IRD, 5, rue Kessler, F-63038 Clermont-Ferrand, Francia

³ IRD, Teruel 357, Miraflores, Lima 18, Perú

INTRODUCCIÓN

El complejo volcánico Ampato-Sabancaya se ubica a 70 km al noroeste de la ciudad de Arequipa (15° 48'S, 71° 52'O). Se tiene reportes de 3 erupciones en época histórica del volcán Sabancaya, las que habrían ocurrido en los años 1750, 1784 y la última entre 1987 y 1998 (Zamácola y Jáuregui, 1789; Travada y Córdova, 1752; Thouret et al., 1994). Actualmente presenta ocasionalmente una leve actividad fumarólica.

En el área de influencia del complejo volcánico Ampato-Sabancaya se tiene una importante población e infraestructura, así por ejemplo en el Valle del Colca, ubicado a poco más de 20 km al norte, hay cerca de 20 centros poblados. La principal actividad económica de los pobladores es la agricultura y ganadería, sin embargo, en los últimos años el Colca se ha constituido en uno de los más importantes destinos turísticos del Perú. Así mismo, en la zona de influencia del volcán se encuentra el canal del proyecto Majes I, cuyo costo de construcción fue de 1000 millones de dólares, las vías de acceso al valle y cañón del Colca, así como la línea de transmisión Socabaya-Mantaro, que forma parte del sistema interconectado nacional, y provee de energía a todo el sur del Perú.

En el presente trabajo se presenta el mapa de peligros múltiples para la zona proximal, así como el mapa de peligros por caídas piroclásticas.

GEOLOGÍA DEL COMPLEJO VOLCÁNICO AMPATO-SABANCAYA

El volcán Ampato es el edificio más antiguo del complejo volcánico, está conformado por secuencias de flujos y domos de lava, así como secuencias piroclásticas, emplazadas en 5 etapas principales, durante el Pleistoceno superior y posiblemente el Holoceno. Una lava perteneciente a la etapa Ampato I, dio una edad K-Ar de 217 ± 5 ka y otra de la etapa Ampato IV arrojó una edad de 40 ± 3 ka. Los productos eruptivos poseen mayormente composiciones andesíticas a dacíticas, aunque se han encontrado depósitos piroclásticos de composición riolítica. El volcán Sabancaya es el más joven del complejo volcánico, tiene una edad Holocénica, y está conformado principalmente por secuencias de flujos de lava de composición andesítica a dacítica, y limitados depósitos piroclásticos. El edificio volcánico Sabancaya está constituido por 3 generaciones de lavas, a las cuales las hemos denominado de la base al tope, unidades Sabancaya I, Sabancaya II, y Sabancaya III. Asimismo se identificaron dos flujos de lava asociados con un centro de emisión satélite (Sabancaya IV), ubicado en el flanco sureste, a 3.5 km de distancia del cráter, contemporáneo con la tercera generación.

Los estudios tefro-estratigráficos en el volcán Sabancaya muestran que han presentado varias erupciones explosivas de baja a moderada magnitud (VEI 1-2) durante el Holoceno. Durante este trabajo, hemos realizado varias calicatas en las turberas de los alrededores del volcán. Así, en la calicata Sallalli II se han identificado 5 depósitos de caída de ceniza emplazados entre 4150 ± 40 años AP y 1600 d.C. En la calicata Colihuiri se ha identificado un depósito de caída de ceniza alrededor de 730 ± 35 años AP, 13 depósitos de caída de ceniza emplazados entre 3015 ± 40 y 730 ± 35 años AP; y 3 niveles de caída de ceniza anteriores a 3015 ± 40 años AP. Ambas calicatas se realizaron a 8

y 10 km al SE del Sabancaya. Anteriormente, Juvigné et al. (2008), identificó en el sector de Sallalli, tres tefras que habrían sido emplazadas por el volcán Sabancaya hace aproximadamente 4500 ± 125 , 2050 ± 70 y 1790 ± 110 años AP.

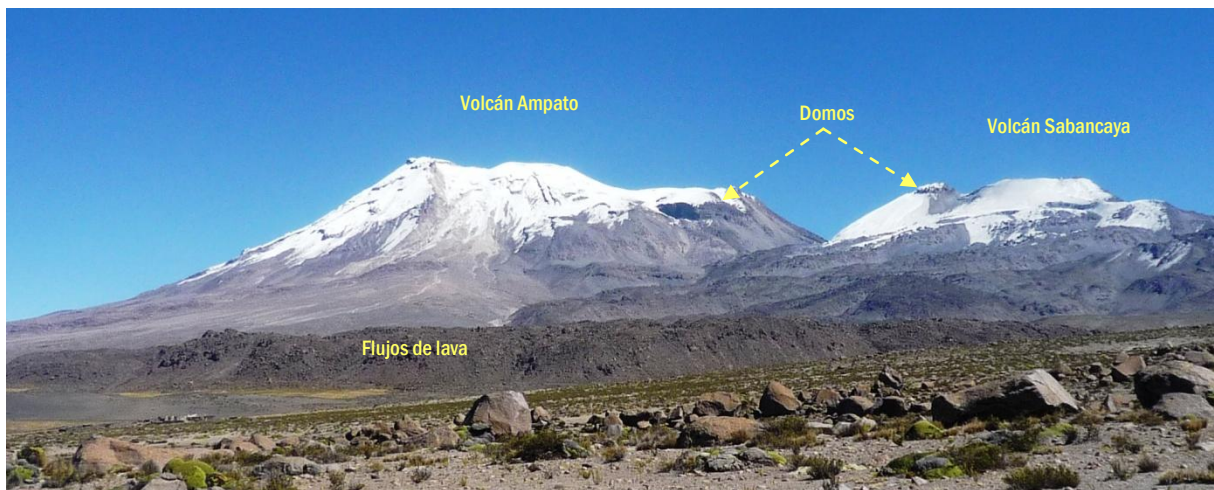


Figura 1. Flanco oriental del complejo volcánico Ampato-Sabancaya.

MAPAS DE PELIGROS VOLCÁNICOS

Para la elaboración de los mapas de peligros se han considerado 3 escenarios eruptivos: vulcaniano (VEI 1-2), vulcaniano a sub-pliniano (VEI 3), pliniano (VEI 4-5), y un escenario para una erupción efusiva. Estos escenarios están basados en los dinamismos eruptivos, la magnitud y frecuencia de las erupciones pasadas, así como el comportamiento de otros volcanes peruanos, considerados como «análogos» al Ampato-Sabancaya.

a) Mapa de peligros múltiples de la zona proximal

Los alcances de los flujos piroclásticos en los flancos del complejo volcánico se los obtuvo usando la metodología denominada “cono de energía” (Malin y Sheridan, 1982), bastante utilizada para definir las zonas de peligro proximales alrededor de un volcán. Este método postula que el alcance horizontal (L) de un flujo piroclástico es función de la diferencia de alturas (H) entre el punto de generación del flujo y el punto de depósito. La relación H/L es un indicador de la movilidad del flujo, así para una relación H/L cercano a 0.1 los flujos poseen gran movilidad y por tanto alcanzan mayor distancia, mientras que para una relación H/L cercana a 0.3 poseen poca movilidad. Se delimitaron los alcances de los flujos piroclásticos, utilizando el programa LAHARZ (Iverson et al., 1998; Schilling, 1998), donde se ingresa adicionalmente el parámetro H_0 , que es la diferencia de altura entre la zona donde se genera el flujo piroclástico y el cráter del volcán.

Para delimitar la zona de alto peligro (rojo en el mapa, figura 2), se consideró 0.35 para la relación H/L y 250 m como valor de H_0 . Los límites obtenidos se encuentran entre 1.5 y 3.5 km de distancia del cráter del Sabancaya. Para delimitar la zona de moderado peligro naranja en el mapa, se consideró 0.30 para la relación H/L y 500 m como valor de H_0 . Los límites se encuentran entre 5 y 6 km en los flancos SE, E y NE; entre 3 y 4 al N; y menos de 2 km al SO del Sabancaya. Para delimitar la zona de bajo peligro, amarillo en el mapa, se consideró 0.20 para H/L y 500 m como valor de H_0 . Los límites obtenidos están entre 9 y 12 km, a excepción del sector N, donde se encuentra a 7 km del complejo volcánico.

Adicionalmente se realizó la zonificación de las áreas de inundación por lahares en las quebradas aledañas al complejo volcánico. Este trabajo fue realizado por Bellot (2011), quien utilizó también el

programa LAHARZ. Este programa correlaciona el volumen de un evento lahárico y el área planimétrica y en sección transversal inundadas por un lahar. La zona roja es considerada la zona de alto peligro (figura 2), y corresponde a áreas que pueden ser afectadas por lahares de hasta 5 millones de m^3 , que podrían estar asociados a erupciones de baja a moderada magnitud (VEI 1-2). La zona naranja, denominada de moderado peligro, puede ser afectada por lahares de 10 millones de m^3 y la zona amarilla, es considerada de bajo peligro, y puede ser afectada por lahares de 20 millones de m^3 . Los lahares de 10 y 20 millones de m^3 , podrían estar asociados a erupciones de gran magnitud (VEI \geq 3), debiendo recalcar que la posibilidad de ocurrencia de tales erupciones es baja a muy baja.

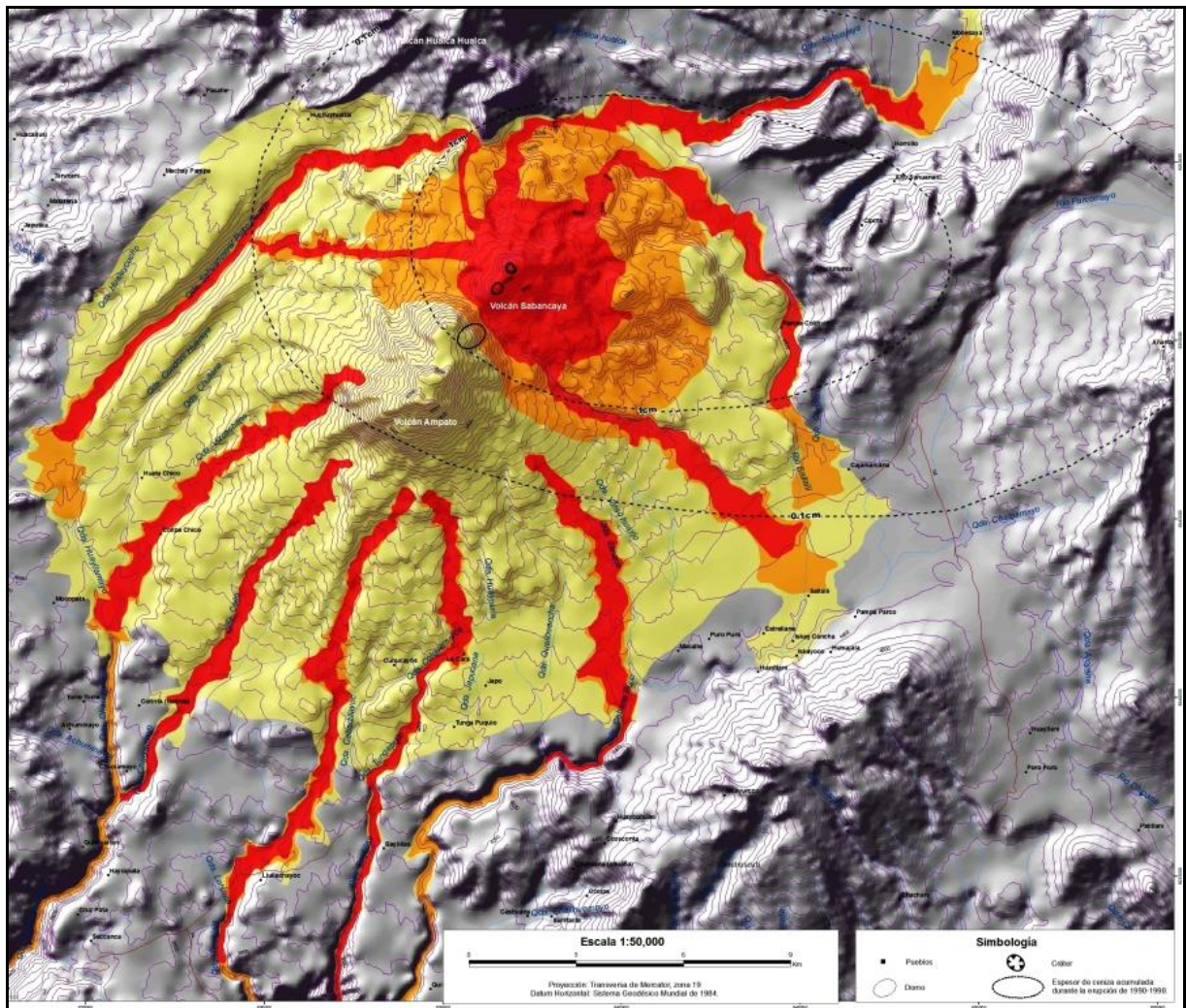


Figura 2. Mapa de peligros múltiples de la zona proximal del complejo volcánico Ampato-Sabancaya.

b) Mapa de peligros por caídas piroclásticas

Para la zonificación de peligros por caídas piroclásticas se consideraron alcances de caídas piroclásticas del Sabancaya y otros volcanes que han tenido erupciones similares. También se tuvo en cuenta las direcciones predominantes de vientos a 5865, 9690, 10960, 12445, 16645, 20662 y 26415 metros sobre el nivel del mar (msnm).

La zona de alto peligro, de color rojo en el mapa (figura 3), se encuentra dentro de los 10 km de distancia. Puede ser afectada por caídas de ceniza de algunos centímetros de espesor durante

erupciones pequeñas a moderadas (VEI 1-2), por caídas de ceniza de varios centímetros de espesor en erupciones medias (VEI 3), y por caídas de lapilli y bloques de pómez, de varios decímetros a algunos metros de espesor, en erupciones grandes (VEI 4-5). La zona de moderado peligro, color naranja en el mapa (figura 3), está entre 10 y 30 km de distancia. Puede ser afectada por caídas de ceniza de algunos milímetros de espesor durante erupciones pequeñas a moderadas (VEI 1-2), por caídas de ceniza de algunos centímetros de espesor en erupciones medias (VEI 3), y por caídas de ceniza, lapilli y bloques de pómez del orden de varios centímetros a decímetros de espesor en erupciones grandes (VEI 4-5). La zona de bajo peligro, color amarillo en el mapa (figura 3), abarca entre 30 y 50 km de distancia. Esta zona no será afectada por caídas de ceniza durante erupciones pequeñas a moderadas (VEI 1-2), pero sí por caídas de ceniza de algunos milímetros de espesor en erupciones medias (VEI 3), y por caídas de ceniza de pocos centímetros de espesor en erupciones grandes (VEI 4-5).

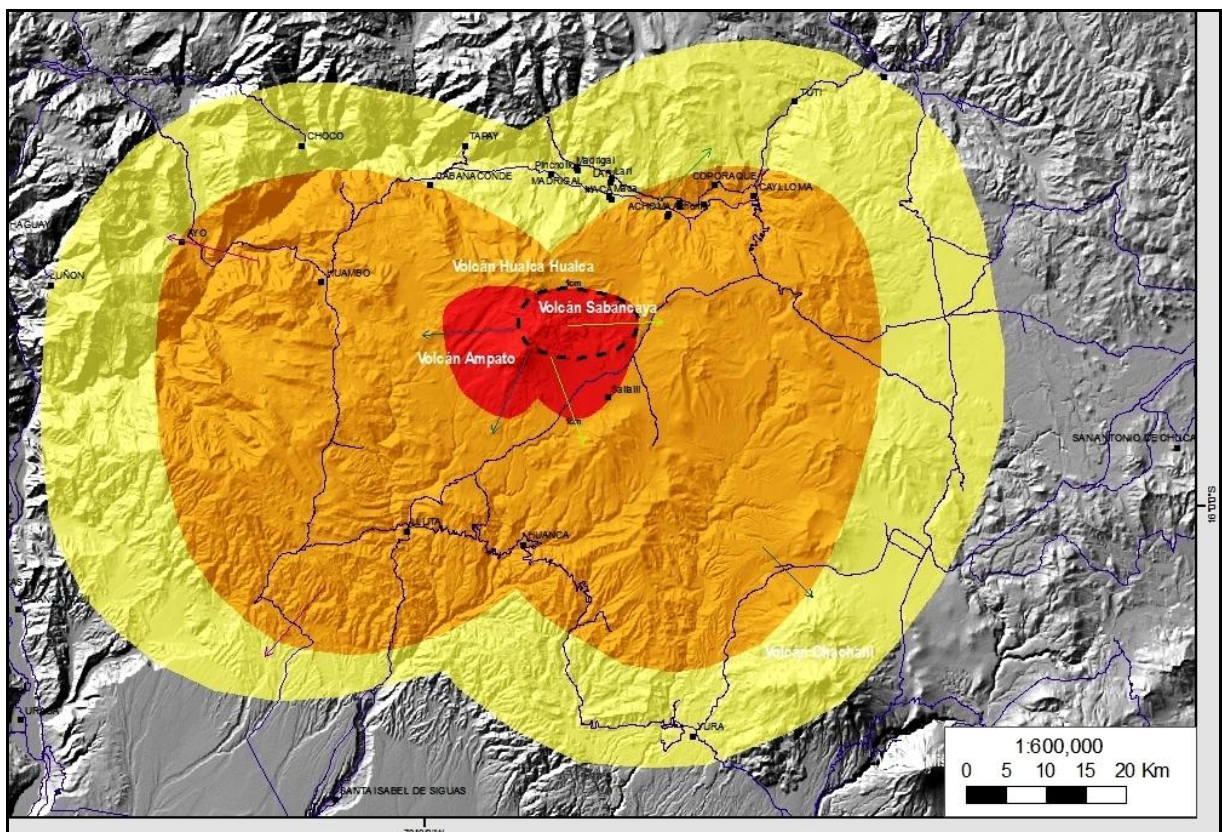


Fig. 3. Mapa de peligros por caídas piroclásticas.

CONCLUSIONES

- En el complejo volcánico Ampato-Sabancaya se han identificado 5 escenarios eruptivos generadores de peligros. Los escenarios que tienen mayor probabilidad de ocurrir, corresponden a erupciones vulcanianas con VEI 1-2, y a erupciones efusivas. La frecuencia de estos eventos se estima en el orden de un evento por siglo aproximadamente. Los escenarios menos probables, corresponden a erupciones vulcanianas y sub-plinianas con VEI 3, y erupciones plinianas con VEI 4-5. Estos eventos pueden ocurrir en el rango de varios miles de años.
- En el mapa principal de peligros múltiples (figura 2), la zona de alto peligro (rojo) puede ser severamente afectada por flujos de lava muy viscosas, además de flujos piroclásticos pequeños y proyectiles balísticos, generados en erupciones con VEI 1-2. La zona de moderado peligro (naranja) puede ser afectada por flujos de lava menos viscosas, así como por flujos piroclásticos y

proyectiles balísticos, generados en erupciones con VEI 3. _-La zona de bajo peligro (amarillo) puede ser afectada por flujos y oleadas piroclásticas, pero sólo en erupciones de magnitud muy grande con VEI 4-5. _-En las quebradas aledañas al complejo volcánico, las zonas de color rojo, naranja y amarillo, pueden ser afectadas por lahares de 5, 10 y 20 millones de m³, respectivamente.

- En el mapa de peligros por caídas piroclásticas (figura 3), la zona de alto peligro (rojo) se halla dentro de los 10 km de distancia del complejo volcánico Ampato-Sabancaya, la zona de moderado peligro (naranja) está entre 10 y 30 km de distancia, y la zona de bajo peligro (amarillo) abarca entre 30 y 50 km de distancia.

REFERENCIAS

- BELLOT, N. (2011) - Modelamiento de lahares en los volcanes Sabancaya y Ubinas (Sur Perú). IRD-INGEMMET, *Reporte Interno*, 28 p.
- DE SILVA, S. Y FRANCIS, P. (1991) - Volcanoes of the Central Andes. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany, 219 p.
- IVERSON, R.; SCHILLING, S.; VALLANCE, J. (1998) - Objective delineation of lahar-inundation hazard zones. *Geological Society of America Bulletin*, v. 110, N°8; 972-984.
- MALIN, M. Y SHERIDAN, M. (1982). Computed-assisted mapping of pyroclastic surges. *Science*, 217; 637-640.
- JUVIGNE, E.; THOURET, J.C.; LOUTSCH, I.; LAMADON, S.; FRECHEN, M.; FONTUGNE, M.; RIVERA, M.; DAVILA, J.; MARIÑO, J. (2008) - Retombées volcaniques dans des tourbières et lacs autour du massif des Nevados Ampato et Sabancaya (Pérou Méridional, Andes Centrales). *Quaternaire*, 19 (2): 157 – 173.
- THOURET, J.-C.; GUILLANDE, R.; HUAMAN, 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 de la Société Géologique de France*, 1, 165, 49-63.
- TRAVADA Y CÓRDOVA (1752) - El suelo de Arequipa convertido en cielo (Historia general de Arequipa). Primer festival del libro Arequipeño, edición 1958, 15 p.
- SCHILLING S. (1998) - LAHARZ: GIS programs for automated mapping of lahar-inundation hazard zones. *US Geological Survey Open-File Report 98-638*; 79 pp.
- ZAMÁCOLA Y JAUREGUI (1789) - Diario del viaje que el obispo Dr. Pedro Chávez de la Rosa, verificó a las provincias de Moquegua y Tacna en 1789, publicado en "*El Deber*", Arequipa 1937.