



Boletín de la Sociedad Geológica del Perú

journal homepage: [www.sgp.org.pe](http://www.sgp.org.pe) ISSN 0079-1091

## Posibles efectos de la ceniza emitida por los volcanes Sabancaya y Ubinas en la actividad minera: Salud y infraestructura, medidas de prevención y protección.

S. Japura, D. Valdivia, N. Manrique, C. Choque, M. Zambrano, S. Rodríguez

### RESUMEN

La actividad minera metálica representa un rol fundamental en la economía del Perú, con un 8.8% del PBI nacional en el 2020 (Anuario minero 2020). En el sur del Perú se localizan 10 volcanes que han presentado actividad en edad Holocénica (Coropuna, Sabancaya, Misti, Ubinas, Ticsani, Huaynaputina, Tutupaca, Yucamane, Purupuruni y Casiri), alrededor de estos volcanes se encuentran aproximadamente 21 proyectos mineros, 153 mineras no metálicas, 26 mineras artesanales y 22 mineras operativas. Los volcanes eventualmente pueden presentar actividad eminentemente explosiva, con emisión de cenizas que puede afectar a la salud del personal minero, causar fallos a los motores de los sistemas de ventilación, transporte y afectar las plantas concentradoras. Por lo cual es importante promover la salud y seguridad de los trabajadores mineros, frente a la exposición de ceniza volcánica, explicando los posibles efectos en la salud y las medidas de prevención y protección.

**PALABRAS CLAVE:** Actividad minera, caída de ceniza, salud, prevención, exposición.

### ABSTRACT

The metallic mining activity represents a fundamental role in the Peruvian economy, with 8.8% of the national GDP in 2020 (Mining Yearbook 2020). In southern Peru there are 10 volcanoes that have exhibited activity in the Holocenic age (Coropuna, Sabancaya, Misti, Ubinas, Ticsani, Huaynaputina, Tutupaca, Yucamane, Purupuruni and Casiri), around these volcanoes there are approximately 21 mining projects, 153 non-metallic mining companies, 26 artisanal mining compa-

nies and 22 operating mining companies. Volcanoes can eventually present eminently explosive activity, with the emission of ash that can affect the health of mining personnel, cause failure of the motors of the ventilation and transport systems and affect concentrator plants. Therefore, it is important to promote the health and safety of mining workers, against exposure to volcanic ash, explaining the possible effects on health and prevention and protection measures.

**KEY WORDS:** Mining activity, ashfall, health, prevention, exposure.

### INTRODUCCIÓN

En caso de una erupción volcánica la actividad minera se vería afectada principalmente por la ceniza volcánica, provocando posibles daños a la salud personal, infraestructura y economía. Con el objetivo de detectar oportunamente condiciones anómalas precursoras de algún proceso eruptivo el Observatorio Vulcanológico del INGEMMET (OVI) realiza el monitoreo multiparamétrico mediante diferentes técnicas especializadas, una de ellas es el monitoreo de tefra que consiste en la recolección, análisis e interpretación de cualquier fragmento sólido expulsado en una erupción volcánica (tefra), con el fin de comprender el estado y dinámica de la erupción, además de evaluar la afectación de la ceniza volcánica en la población y actividades económicas. Actualmente el Perú no cuenta con normativas Nacionales para la medición de parámetros por exposición a ceniza volcánica, por tal razón se tomó en cuenta el Decreto Supremo N° 069-2003-PCM donde se establece que las partículas de 10 micrones (PM10) o menores son perjudiciales para la salud.

## EFFECTOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA

Dentro de los principales peligros volcánicos destaca la emisión de ceniza que representa un riesgo para los ecosistemas, poblaciones y actividades económicas (Rivera et al., 2005). Las cenizas menores de 10 mm incluidas partículas finas (menos de 2,5 mm) son de mayor preocupación en los estudios de salud (Singurdsson et al., 2015).

## EFFECTOS DE LA CENIZA EN LA SALUD

Para valorar los riesgos que tiene la ceniza en la salud son importantes 5 factores (Seaman et al., 1989):

a) Existen tres fracciones de ceniza dañinas para las vías respiratorias, la fracción inhalable (< 15 micras) generan fenómenos inflamatorios en la región extratorácica, la fracción torácica (< 10 micras) afecta a la región traqueobronquial y la fracción respirable (< 4 micras) penetra profundamente en los pulmones (alveolos) (Howell y Baxter, 2006)

b) Según el Decreto Supremo N° 074-2001 los valores límite de  $PM_{10}$  en el aire en un periodo anual es de 50  $\mu g/Nm^3$  y en 24 h 150  $\mu g/Nm^3$ . En diferentes estudios realizados se identificó que los efectos de la ceniza en la salud percibidos en un año de exposición (Olenchock et al., 1983; Schiff et al., 1981; Raub et al., 1985; Graham et al., 1985)

c) Las personas que representan riesgos de complicaciones respiratorias son los que padecen alguna enfermedad pulmonar crónica, pacientes que sufren de hiperreactividad bronquial, bronquíticos crónicos, pacientes asmáticos y los que padecen enfermedad pulmonar obstructiva crónica (OPS, 2005).

d) La ceniza volcánica a menudo contiene sílice cristalina que en exposición prolongada y en grandes cantidades puede ser perjudicial para la salud. Los efectos de las cenizas volcánicas sobre la salud pueden ser clasificados en (Cuadro 1):

Tipo de afectación	Consecuencia en la salud	Impacto en la salud
<b>Respiratoria</b>	Inhalación de ceniza fina <10 micras de diámetro.	Asma, recrudecimiento de enfermedad pulmonares previas.
	Inhalación de polvo de sílice (presencia de sílice, cuarzo).	Silicosis si existe una exposición fuerte continua (años).
<b>Oculares</b>	Cuerpos extraños en ojos.	Conjuntivitis; desgaste de las córneas.
<b>Cutánea</b>	Irritación en la piel a algunas personas, especialmente si la ceniza es ácida.	Enrojecimiento de la piel e infecciones secundarias ocasionadas por el rascado permanente.
<b>Tóxicas</b>	Ingestión de agua y alimentos contaminados con flúor, metales pesados (aluminio, cobre, arsénico).	Malestar gastrointestinal. Puede llevar a la muerte en personas vulnerables (enfermos crónicos).

Cuadro 1: Efectos de la ceniza volcánica en la salud.

## EFFECTOS INDIRECTOS

El impacto indirecto de la caída de cenizas volcánicas debe ser considerado, ya que trae consecuencias en la infraestructura y actividad económica (Cuadro 2).

Colapso y caída de techos por acumulación de ceniza causando traumatismos múltiples en el personal y pérdidas económicas.

Accidentes de tránsito por caminos resbalosos y poca visibilidad provocando suspensión del transporte de emergencia, accidentes vehiculares.

Interferencias en radio y televisión por la caída de ceniza lo que impide recibir alertas

Dañar los equipos y plantas de tratamiento por ceniza húmeda obstruyendo y desgastando el denage y alcantarillas

Afecta los sistemas de ventilación, transporte y plantas concentradoras por caída de ceniza obstruyendo las canchas de lixiviación y espesadores.

Puede desgastar y atascar la maquinaria y el equipo por caída de ceniza causando fallas tenues y daños en la maquinaria

## MINERAS POSIBLEMENTE AFECTADAS POR LA EMISIÓN DE CENIZA DE LOS VOLCANES UBINAS Y SABANCAYA

En base a los mapas de peligros por caída de ceniza y pómez; se ha dividido en tres zonas: zona de alto peligro en rojo, zona de moderado peligro en naranja y zona de bajo peligro en amarillo, cuyo foco de emisión sería el cráter de los volcanes Ubinas y Sabancaya se identificaron empresas mineras metálicas y no metálicas que podrían ser afectadas.

## Mapa de peligro por caídas de ceniza y pómez del volcán Ubinas

El volcán Ubinas presentó al menos 27 crisis volcánicas desde el año de 1550 hasta el 2019 (Rivera, 1998; Rivera et al., 2011; Informe Técnico A7000). En base al estudio de las erupciones históricas se elaboró el mapa muestra tres zonas de probable afectación (rojo, naranja y amarillo). El área afectada está basada en la ocurrencia de erupciones de magnitud moderada (IEV 1-3) presentada por el Ubinas durante los últimos 500 años (Rivera et al., 2011).

La zona de mayor peligro abarca un radio de 15 km del volcán, no se encuentra empresas mineras afectadas. La zona de moderado peligro abarca una zona entre 15 a 33 km, donde se ubica 3 empresas mineras no metálicas que puede ser afectada por caída de ceniza de hasta 1 cm de espesor. La zona de bajo peligro abarca una zona entre 33 a 55 km, donde se ubica 12 empresas mineras no metálicas 4 mineras artesanales y el proyecto minero San Gabriel Chuacapaca que puede ser afectado por caída de ceniza de menor a 1 cm de espesor.

### Mapa de peligros por caída de ceniza y pómez del volcán Sabancaya

En base a reportes y crónicas el volcán Sabancaya presento 3 erupciones en época histórica (1750, 1784 y 1987 d.C.), actualmente el volcán se encuentra en erupción con explosiones de tipo vulcaniana que inicio el 6 de noviembre del 2016. En base al estudio de las erupciones históricas se elaboró el mapa de peligros por caída de ceniza y pómez donde se muestra dos escenarios: Para el escenario vulcaniano con IEV 1-2 y para escenarios vulcaniano y subpliniano (IEV 3) (Rivera, et al., 2015; Mariño et al., 2013).

Según el mapa de peligros la zona de mayor peligro abarca un radio de 10 km del volcán, se encuentra el prospecto minero Hualca Hualca II que puede ser afectado por caídas de ceniza de muy pocos centímetros de espesor durante erupciones pequeñas a moderadas (VEI 1-2) y por caídas de ceniza de varios centímetros de espesor en

erupciones medias (VEI 3). En la zona de moderado peligro, abarca un área entre 10 y 30 km de distancia, donde se ubica 14 empresas mineras no metálicas, 2 proyectos (Humajala y Zafranal) que puede ser afectada por caídas de ceniza de algunos milímetros de espesor durante erupciones pequeñas a moderadas (VEI 1-2) de algunos centímetros de espesor en erupciones medias (VEI 3).

En la zona de bajo peligro, abarca entre 30 y 50 km de distancia, donde se ubica 17 empresas mineras no metálicas, 1 mineras artesanales, el proyecto minero Tesoro, 2 mineras en explotación (Paula, Tambomayo) y 2 minas cerradas (Madrigal, Chila) que podrían ser afectada por caídas de ceniza de algunos milímetros de espesor en erupciones medias (VEI 3).

### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN

Para definir las medidas de prevención y protección se establecen 3 grupos. Primero se considera a la empresa por ser responsable de la salud ocupacional de sus trabajadores. Segundo, el personal que realiza trabajos en áreas externas como son los vigías, seguridad, personal de mantenimiento, operarios de maquinaria, personal de planta, choferes y personal de emergencia. Tercero, el personal que realizan labores en ambientes internos en oficinas, industria y servicios de salud (Cuadro 3).

Empresa	Personal en ambientes externos	Personal en ambientes internos
Realizar un "análisis de los riesgos derivados de la ceniza volcánica".	Utilizar respirador, mascarilla y protección ocular	Cuando hay caída de ceniza evite salir.
Implementar las medidas de prevención y protección.	Evite manejar a través de zonas con abundante caída de ceniza.	Evite restregarse los ojos para no dañar la córnea.
Activar protocolos de emergencia en caso de presencia de ceniza volcánica.	Mantenga siempre un suministro de agua limpia para lavarse los ojos y cara. Cubrir los alimentos que se van a consumir.	Realizar la limpieza de todas las superficies evitando la dispersión de la ceniza, utilizando trapos húmedos.
Tener a disposición del personal agua potable para el consumo, así como agua para lavarse las manos, ojos y cara.	Si realiza limpieza de equipos eléctricos tomar las medidas de precaución porque la ceniza húmeda es conductora.	No barrer en seco, ya que eso esparce las cenizas y produce un alto nivel de exposición.
Proveer cubiertas para que la ceniza no contamine el suministro de agua potable.	Usar medios electrónicos y de comunicación para obtener información.	Tener a mano cobertores de plástico para proteger los equipos electrónicos o sensibles a la ceniza.
Evaluar la hermeticidad de puertas y ventanas de los campamentos.	Si te encuentras fuera cuando hay caída de ceniza busque refugio.	

Cuadro 3: Medidas de prevención y protección según tipo de personal.

## DISCUSIÓN

El volcán Ubinas presentó una erupción explosiva el 19 de julio del 2019. La columna de ceniza alcanzó una altura de 6.5 km sobre el cráter con emisión constante de gases y ceniza dispersándose a más de 300 km con dirección este y sureste, liberando un volumen aproximado de  $4.5 \times 10^6 \text{ m}^3$  de tefra de composición andesítica, clasificado en la escala de explosividad de índice VEI 2 (Informe Técnico A7000). Según el mapa de peligros por caída de ceniza con un VEI 1-3 la zona de bajo peligros llega hasta los 50 km del volcán, sin embargo, la ceniza volcánica llegó a afectar las mineras Aruntani (80 km) y Trucane (96 km) con un espesor de 0.8 mm, así también 15 empresas minera no metálicas y dos proyectos mineros (Masacruz y Santa Ana) con un espesor con un espesor  $< 0.5 \text{ mm}$  de ceniza (Informe Técnico A7000), pero solo se presentó caída de ceniza leve y no llegó a causar daños graves en la salud e infraestructura de los trabajadores.

La erupción del volcán Sabancaya inició el 6 de noviembre del 2016 a las 20:40 horas ocurrió una explosión, la cual fue seguida de emisiones continuas de ceniza, con columnas eruptivas que alcanzaron alturas entre 1000 y 4500 metros sobre el cráter. En el 2020 la columna eruptiva llegó hasta los 3200 msc con emisiones continuas de ceniza y gases que alcanzaron hasta los 50 km del volcán, con dirección predominante al Sureste (35%) y Este (16%) con un volumen de tefra emitida de  $0.000723 \text{ km}^3$  que representa un índice de explosividad volcánica VEI 2 (Informe Técnico A7104). El prospecto minero Hualca Hualca II se encuentra a 10 km del volcán Sabancaya en dirección Este y según el mapa de peligros por caída de ceniza con un VEI 2 se encuentra en zona de alto peligro (Informe técnico A6832). Según el informe técnico A7104 a los 11 km del volcán la ceniza tuvo un espesor de 0.5 mm y 45% de ceniza menor a 32 micras con una densidad por área de 100 a  $500 \text{ g/m}^2$  (moderado a leve) que podría afectar a la salud del personal que realiza trabajos en áreas externa en caso de exposición prolongada y dañar los motores de las maquinarias del prospecto minero Hualca Hualca II.

## CONCLUSIONES

En caso de caída de ceniza de una erupción de magnitud baja a moderada (IEV 1-3) en el volcán Ubinas se verían afectadas de manera leve 15 empresas mineras no metálicas, 4 mineras artesanales y

un proyecto minero. En cuanto al volcán Sabancaya se vería afectada 1 prospecto minero, 34 empresas mineras no metálicas, 1 minera artesanal, 3 proyectos mineros y 2 mineras en explotación.

Con una erupción del volcán Ubinas con un VEI 2 la ceniza puede llegar a depositarse hasta los 300 km del volcán en dirección SE llegando a afectar a las mineras Aruntani (80 km) y Trucane (96 km), así también 15 empresas minera no metálicas y dos proyectos mineros (Masacruz y Santa Ana).

La empresa minera Hualca Hualca II se encuentra en la zona de alto peligro según el mapa de peligros por caída de ceniza del volcán Sabancaya con un VEI 1-2 que podría ser afectado por caída leve de ceniza. El actual proceso eruptivo del volcán Sabancaya con emisiones continuas de gases y ceniza, que puede representar un moderado a leve peligro para la empresa Hualca Hualca II que se encuentra a 10 km del volcán.

## REFERENCIAS

Anuario Minero 2020 de Ministerio de Energías y Minas.

Bromley, G.R.M.; Thouret, J.; Schimmelpfennig, I.; Mariño, S.; Valdivia, D.; et al. (2019) In situ cosmogenic  $^3\text{He}$  and  $^{36}\text{Cl}$  and radiocarbon dating of volcanic deposits refine the Pleistocene and Holocene eruption chronology of SW Peru. *Bulletin of Volcanology*, 81(11), 64.

Howell, C. & Baxter, P. (2006) The respiratory health hazards of volcanic ash: a review for volcanic risk mitigation. *Bull Volcanol* DOI 10.1007/s00445-006-0052.

Observatorio Vulcanológico del INGEMMET (2019). Informe técnico anual: vigilancia del volcán Ubinas, periodo 2019. Informe técnico; N° A7000

Observatorio Vulcanológico del INGEMMET (2017). Evaluación de peligros volcánicos de la concesión minera Hualca Hualca I, Caylloma – Arequipa. Informe Técnico; N° A6832.

Olenchock, S.A., Mull, J.C., Mentnech, M.S., Lewis, D.M. y Bernstein, R.S. 1983. Changes in humoral immunologic parameters after exposure to volcanic ash. *J. Toxicol. Environ. Health* 11: 395-404.

Mariño, J.; Samaniego, P.; Rivera, M.; Bellot, N.; Manrique, N., et al. (2013) Mapa de peligros

del complejo volcánico Ampato-Sabancaya. En: Foro Internacional Peligros Geológicos, Arequipa, 14-16 octubre 2013, Libro de resúmenes. Arequipa: INGEMMET, pp. 65-69.

Niveles máximos permisibles de elementos y compuestos presentes en emisiones gaseosas provenientes de las unidades minero-metalúrgicas - Resolución Ministerial N° 315-96 EM/VMM (19. jul.96).

Reglamento de protección y gestión ambiental para las actividades de explotación, beneficio, labor general, transporte y almacenamiento minero - Decreto Supremo N° 040-2014-EM

Rivera, M., Mariño, J., Samaniego, P., Delgado, R. y 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. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/297>.

Rivera, M.; Mariño, J.; Thouret, JC. (2011) Geología y evaluación de peligros del volcán Ubinas. INGEMMET. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 46, 88 p.

Seaman, John; Leivesley, Sally; y Hogg, C. Epidemiología de desastres naturales. Editorial Harla.1989. pp.144