



XVIII Congreso Peruano de Geología

MAPA DE PELIGROS DEL COMPLEJO VOLCÁNICO TUTUPACA (TACNA)

Jersy Mariño¹, Pablo Samaniego², Nélica Manrique¹, Patricio Valderrama¹, Luisa Macedo¹

¹ Observatorio Vulcanológico del INGEMMET, Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. Barrio Magisterial N° 2, B-16, Urb. Yanahuara, Arequipa, Perú, jmarino@ingemmet.gob.pe

² Laboratoire Magmas et Volcans, Université Blaise Pascal, CNRS, IRD, 6 Avenue Blaise Pascal, TSA60026-CS60026, 63178 Aubière, France

1. Introducción

El Complejo Volcánico Tutupaca (CVT) se encuentra ubicado en la Cordillera Occidental de los Andes del Sur del Perú, en el extremo Sur del arco volcánico peruano. El CVT está aproximadamente a 60 km al Este de la ciudad de Moquegua y 105 km al Norte de la ciudad de Tacna. Geográficamente el CVT se localiza al extremo Norte de la Región Tacna, en la Provincia y Distrito de Candarave. Numerosos centros poblados son vulnerables ante una reactivación del CVT, tales como Huaytire, Candarave, Cairani, Huanuara, Tumilaca, entre otros, donde habitan cerca de 10 mil personas. También son vulnerables importantes operaciones mineras, tales como Cuajone y Toquepala (Mariño, et al., 2009). Alrededor del volcán Tutupaca se localizan las principales fuentes de agua, tanto para la agricultura como para la actividad minera, las cuales pueden ser contaminadas durante una erupción de este volcán. Finalmente, la ceniza volcánica puede causar problemas de salud en las personas; puede afectar los motores de los sistemas de ventilación, compresión, transporte y plantas concentradoras; contaminar las canchas de lixiviación o cianuración; interrumpir las vías de transporte; generar lluvias ácidas, que provocaría corrosión en los equipos, sistemas eléctricos, transporte, etc. Por tales consideraciones es importante contar con un mapa de peligros volcánicos de este volcán.

El mapa de peligros del CVT se ha elaborado en el marco del convenio de cooperación con el IRD de Francia, entre los años 2011 y 2015.

2. Geología del Complejo Volcánico Tutupaca

El CVT cubre un área aproximada de 150 a 170 km², se ha edificado sobre un substrato constituido de rocas ignimbríticas y secuencias volcano-sedimentarias de edad Mio-Pliocénica (Fidel y Zavala, 2001). Está conformado por tres edificios: el edificio "Tutupaca Basal", es el más antiguo del complejo, está bastante erosionado, constituido básicamente por flujos de lava de más de 500 m de espesor. Las lavas son andesitas a dacitas (58-69 wt.% SiO₂; Manrique, 2016), con textura porfirítica, que contienen fenocristales de plagioclasa, biotita, anfíbol y piroxeno. Al sur de este edificio se han identificado domos alineados en dirección NNO-SSE, que poseen de 250-750 m de diámetro y de hasta 50 m de alto, datados en 0.26 ± 0.2 Ma (Fidel & Zavala, 2001). El edificio "Tutupaca Oeste" está constituido por domos yuxtapuestos, que fueron cubiertos por secuencias lávicas (Fig. 1). Los domos poseen composición dacítica (64-68 wt.% SiO₂; Manrique, 2016), uno de los cuales ha sido datado en 34 ± 5 ka (Samaniego et al., 2015). Así mismo, una importante secuencia de depósitos de caída piroclástica que aflora al sur, ha sido asociada a este edificio, y la base de dicha secuencia fue datada en 10 a 12 ka. El edificio "Tutupaca Reciente", es el edificio más joven del complejo, y se caracteriza por estar exento de erosión glacial, lo que sugiere una edad Holocénica. Este como está constituido por al menos siete domos lávicos, de composición andesítica silíceo y dacítica (63-68 wt.% SiO₂), muy porfiríticas, con una mineralogía compuesta por plagioclasa, anfíbol y biotita, incluidos en una pasta parcialmente vesiculada, microcristalina a vítrea (Manrique 2013; Manrique 2016). Posee una gran escarpa

o anfiteatro de más de 1 km de diámetro en su parte superior, abierta hacia el NE (Fig. 1), y originado en época histórica.

3. Actividad histórica del volcán Tutupaca

Crónicas históricas indican que varias erupciones volcánicas ocurrieron en la parte alto Andina de Tacna, estas habrían sucedido los años 1780 dC, 1787, 1802, 1862 y 1902 (Hantke y Parodi, 1966; Siebert et al 2010; De Silva y Francis 1990). Algunos lo atribuyeron al volcán Tutupaca y otros al volcán Yucamani. El reciente proyecto de investigación desarrollado por el INGEMMET y el IRD, ha puesto en evidencia que el edificio “Tutupaca Reciente” es un complejo de domos dacíticos del Holoceno tardío, que fue afectado por el colapso de un sector importante en tiempos históricos. Este hecho provocó una pequeña (<1 km³) avalancha de escombros y corrientes de densidad piroclástica, cuyo volumen es mayor de 6,5-7,5 x 10⁷ m³, por lo que dicha erupción tuvo al menos un Índice de Explosividad Volcánica (VEI) 3 (Samaniego et al., 2015; Valderrama et al., 2016). La avalancha y las corrientes de densidad, fueron emplazadas de forma simultánea y se extienden en la planicie situada al NE del CVT. Las dataciones por 14C obtenidas arrojan una edad de 218 ± 14 yBP, que corresponde a una erupción que se produjo en el Siglo XVIII, posiblemente entre los años 1731-1802. Esta edad coincide con las crónicas históricas que indican importante actividad explosiva en el Tutupaca entre los años 1787 y 1802. Las investigaciones indican que el ascenso de magma juvenil provocó el colapso del flanco NE del volcán, lo que ocurrió de forma simultánea con el emplazamiento de flujos piroclásticos (Samaniego et al., 2015).



Figura 1. Domos y anfiteatro originado por el colapso del flanco Noroeste del edificio “Tutupaca Reciente”, posee cerca de 0.9 km de diámetro. A la derecha domos del edificio “Tutupaca Oeste”.

4. Escenarios eruptivos y mapa de peligros del Complejo Volcánico Tutupaca

En base a la historia eruptiva del CVT y en particular del edificio “Tutupaca Reciente”, se han construido los siguientes escenarios eruptivos: (a) crecimiento y colapso de domos, con generación de flujos piroclásticos de bloques y ceniza. Está basado principalmente en los distintos flujos piroclásticos de bloques y ceniza,

emplazados durante el último ciclo eruptivo, ocurrido entre 1787 y 1802; (b) actividad extrusiva con crecimiento de domos, desestabilización y colapso de flanco, con emplazamiento de avalanchas de escombros. Se basa en la existencia de por lo menos tres depósitos de avalanchas de escombros, tales como las avalanchas “Zuripujo”, “Azufre” y “Tacalaya”; (c) erupción lateralmente dirigida, similar a la que emplazó el flujo piroclástico “Zuripujo”, cuyos productos alcanzaron más de 10 km de distancia; y (d) emplazamiento de lahares primarios o secundarios, debido a fuertes precipitaciones durante o luego de una erupción explosiva.

En base a la historia eruptiva y los escenarios antes descritos, se han elaborado 2 mapas de peligros del CVT, un mapa de peligros múltiples de la zona proximal (Fig. 2), y otro mapa por emplazamiento de flujos de lodo (lahares, Fig. 3), que tiene una escala más regional.

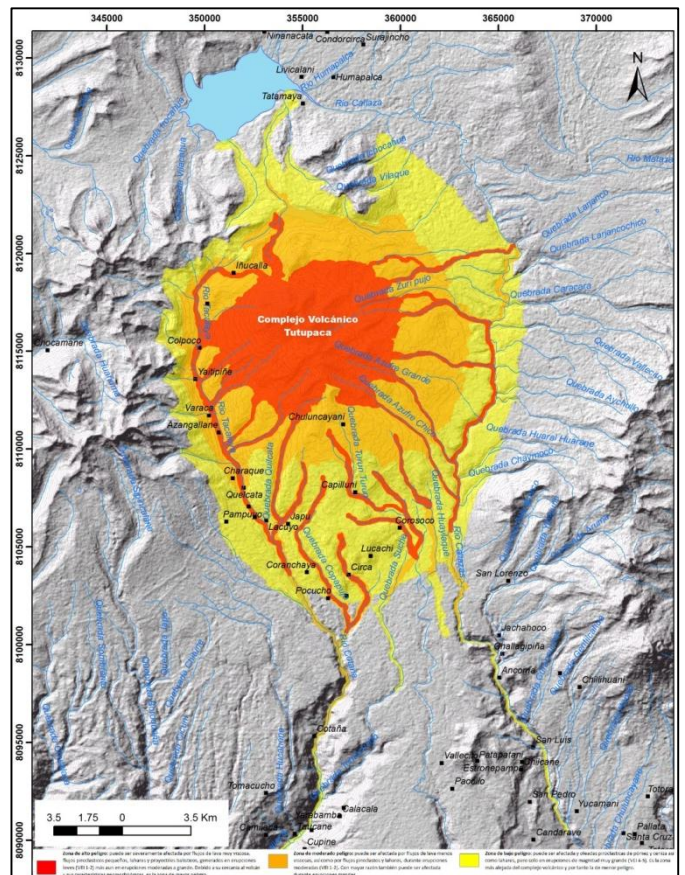


Figura 2. Mapa de peligros múltiples de la zona proximal del CVT. En la zona de alto y moderado peligro, rojo y naranja respectivamente, no se encuentran centros poblados, sin embargo dentro de esta zona se encuentran carreteras, canales de irrigación y las principales fuentes de agua. En la zona de bajo peligro se asientan centros poblados menores (anexos), carreteras, canales de agua, así como infraestructura hídrica para las operaciones mineras de Cuajone y Toquepala (campamento Suhez, etc.).

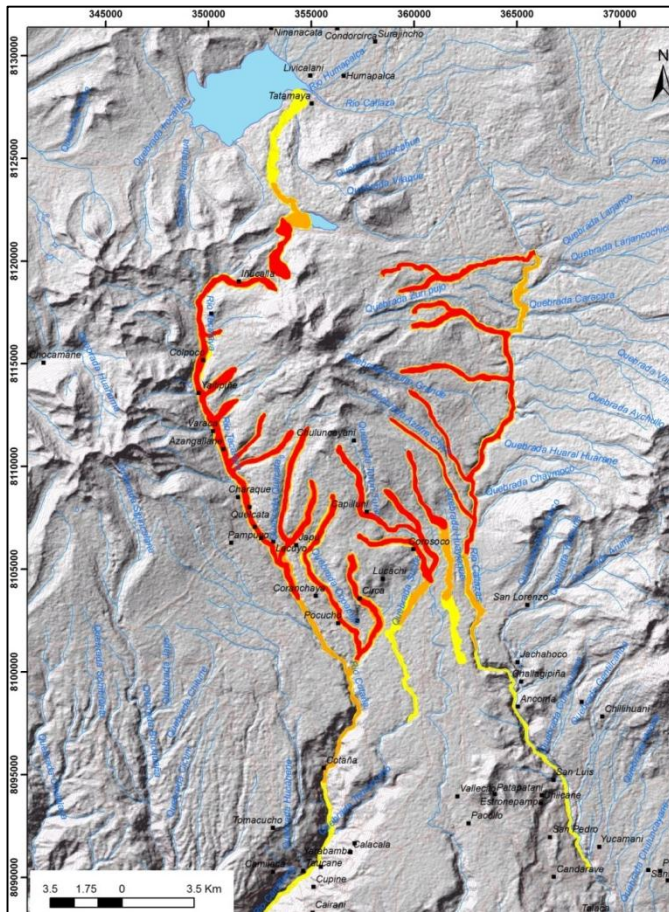


Figura 3. Mapa de peligros por emplazamiento de lahares (flujos de barro) del CVT. Los lahares afectarían carreteras, canales de irrigación y centros poblados ubicados en los ríos callazas, Huanuara y Tacalaya, ubicados en un radio de por lo menos 30 km.

Referencias

- De Silva, S. & Francis, P. (1990) - Potentially active volcanoes of Peru: observations using Landsat Thematic Mapper and space shuttle photography. *Bull Volcanol* 52:286-301.
- Fidel L, Zavala B (2001) - Mapa preliminar de amenaza volcánica del volcán Tutupaca. *Boletín 24, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, INGEMMET*, 109 p.
- Hantke, G. & Parodi, A. (1966) - Catalogue of the active volcanoes of the world, Part XIX, Colombia, Ecuador and Peru, IAVCEI Naples, Italy, 73 pp.
- Manrique, N. (2013) - Evolución Vulcanológica y Magmática del Edificio Reciente del Complejo Volcánico Tutupaca (Tacna). Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. Tesis. 90 p.
- Manrique, N. (2016) - Conditions physiques (P-T-XH₂O) et processus pré-éruptifs à l'origine de l'éruption historique (218 ± 14 ans BP) du volcan Tutupaca (Pérou). Université Blaise Pascal - Clermont Ferrand II. Mémoire de Master 2 Recherche. 50 p.
- Mariño, J., Rivera, M., Ramos, D., Antayhua, Y., Macedo, L., Masías, P., Espinoza, D., Suaña, E. (2009) - Los peligros

volcánicos y la minería en el sur del Perú. En: PERUMIN, 29 Convención Minera, Arequipa, 2009. Resumen extendido. Lima: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, 10 p.

- Samaniego, P., Valderrama P., Mariño, J., de Wyk de Vries, B., Roche, O., Manrique, N., Chedeville, C., Fidel, L., Malnati, J. (2015) - The historical (218 ± 14 aAP) explosive eruption of Tutupaca volcano (Southern Peru). *Bull Volcanol* 77:51. doi:10.1007/s00445-015-0937-8.
- Siebert, L., Simkin, T., Kimberly, P. (2010) - Volcanoes of the world. Third edition. Smithsonian Institution and University of California press, 551 p.
- Valderrama, P., Roche, O., Samaniego, P., Van Wyk de Vries, B., Bernard, K., Mariño, J. (2016) - Dynamic implications of ridges on a debris avalanche deposit at Tutupaca volcano (southern Peru). *Bull Volcanol* 78:14. doi: 10.1007/s00445-016-1011-x.