

UNA GRAN ERUPCIÓN DEL VOLCÁN TUTUPACA (TACNA) OCURRIDA HACE APROXIMADAMENTE 200 AÑOS AP: IMPLICACIONES PARA LA EVALUACIÓN DE LA AMENAZA

Patricio Valderrama^{1,2}, Pablo Samaniego^{2,3}, Jersy Mariño¹, Nélida Manrique^{1,2}, Benjamín Van Wyk de Vries², Lionel Fidel¹

¹ INGEMMET, Observatorio Vulcanológico de Ingemmet (OVI), Barrio Magisterial 2 B-16 Umacollo – Arequipa. pvalderrama@ingemmet.gob.pe

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

³ IRD, Calle 17 N° 455, Corpac, San Isidro, Lima 27, Perú

INTRODUCCIÓN

En los Andes peruanos, los volcanes cuaternarios están ubicados en la Cordillera Occidental, y son parte de la Zona Volcánica Central de los Andes (De Silva y Francis, 1991). En este segmento de la cordillera se han identificado una docena de volcanes activos y potencialmente activos (Figura 1), que de NO a SE son los siguientes: Sara Sara, Solimana, Coropuna, Andahua, Ampato-Sabancaya, Chachani, Misti, Ubinas, Huaynaputina, Ticsani, Tutupaca, Yucamane y Casiri (Siebert et al., 2010). De estos volcanes al menos 7 han experimentado actividad histórica, posterior a la conquista española (i.e. posterior a 1532 AD).

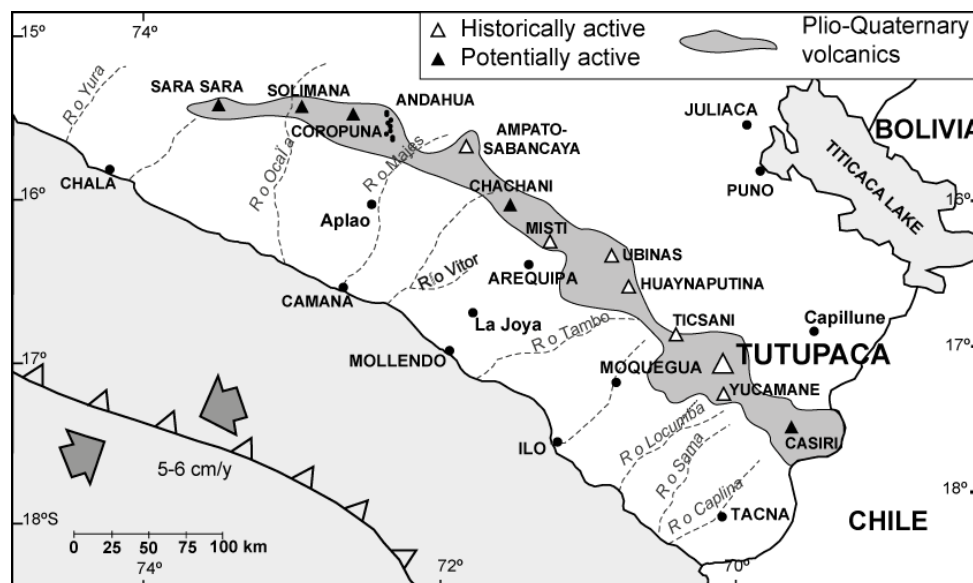


Figura 1. Ubicación del volcán Tutupaca en el arco volcánico peruano

El complejo volcánico Tutupaca (17°01' S, 70°21' O; 5875 msnm) se encuentra ubicado en la parte suroriental del arco volcánico peruano, en el departamento de Tacna, a 28 km al norte de Candarave. Los reportes históricos de actividad volcánica, compilados por Siebert et al. (2010), señalan que en esta zona se habrían producido al menos 4 erupciones en tiempos históricos, en los años 1787, 1802, 1862 y 1902 AD. Estas erupciones han sido atribuidas al volcán Yucamane, ubicado a 24 km al sureste del Tutupaca. Sin embargo, los reportes de Zamácola (1958) y Valdivia (1874), hablan claramente que el Tutupaca ha tenido al menos dos períodos eruptivos en los años 1787 y 1802. Para esclarecer esta situación, dentro del marco del convenio de

cooperación INGEMMET - IRD, se ha iniciado un estudio exhaustivo de este centro volcánico, el cual incluye la reconstrucción de la evolución geológica y petrológica de este volcán, así como la caracterización geoquímica de sus productos eruptivos recientes.

Contexto geológico del volcán Tutupaca

El complejo volcánico Tutupaca está emplazado sobre un substrato constituido de rocas ignimbríticas y secuencias volcano-sedimentarias de edad Mio-Pliocénica (Fidel y Zavala, 2001), el cual aflora en los valles de los ríos Callazas al Este y Tacalaya al Oeste del volcán. La ubicación y su posterior evolución del complejo volcánico ha sido controlada por un sistema de fallas de orientación NNW-SSE. Según Manrique (2013), el complejo volcánico Tutupaca está constituido por tres edificios volcánicos sucesivos: el Tutupaca Basal y dos conos gemelos pero con un grado de erosión diferente, el Tutupaca Oeste y el Tutupaca Este (Figura 2).

El **Tutupaca Basal** es un edificio antiguo, bastante erosionado, constituido básicamente por flujos de lava de más de 200 m de espesor. La parte central del edificio está constituida por secuencias de lavas erosionadas, con una morfología en forma de picos, afectadas por la erosión glacial y que se encuentran fuertemente hidrotermalizadas. Las lavas de este edificio son andesitas porfiríticas de color gris oscuro, que contienen fenocristales de plagioclasa, biotita, anfíbol y piroxeno (Manrique, 2013). Al sur de este edificio se han identificado una serie de pequeños colinas de 250-750 m de diámetro y de hasta 50m de alto, a que corresponden domos alineados en dirección NNW-SSE y que han sido datados en 0.26 ± 0.2 Ma (INGEMMET & ELECTROPERÚ, 1994; Fidel & Zavala, 2001).

El **Tutupaca Oeste** es un edificio que posee una forma ligeramente cónica y está constituido por varios domos lávicos en la parte inferior, los cuales fueron cubiertos por secuencias lávicas en la parte superior. Las lavas de este edificio son andesitas y dacitas porfiríticas, con una mineralogía que incluye fenocristales de plagioclasa, anfíbol y biotita. Este edificio está afectado por erosión glacial mostrando importantes circos glaciares. Su cumbre está a una altura máxima de 5790 msnm, lo cual hace que sea el edificio más alto del complejo.

Al **Tutupaca Este** es el edificio más joven del complejo, y se caracteriza por estar exento de erosión glacial, lo que sugiere una edad Holocénica. Este cono tiene una altura máxima de 5638 msnm y está constituido por al menos 7 domos lávicos, cuyas características petrográficas y geoquímicas ha sido recientemente descritas por Manrique (2013). En general se trata de andesitas silíceas y dacitas, muy porfiríticas con una mineralogía compuesta por plagioclasa, anfíbol y biotita incluidos en una pasta parcialmente vesiculada que varía entre microcristalina a vítrea. La característica más importante del Tutupaca Este es la presencia de una gran escarpa o anfiteatro de más de 1 km de diámetro en su parte superior abierta hacia el NE.

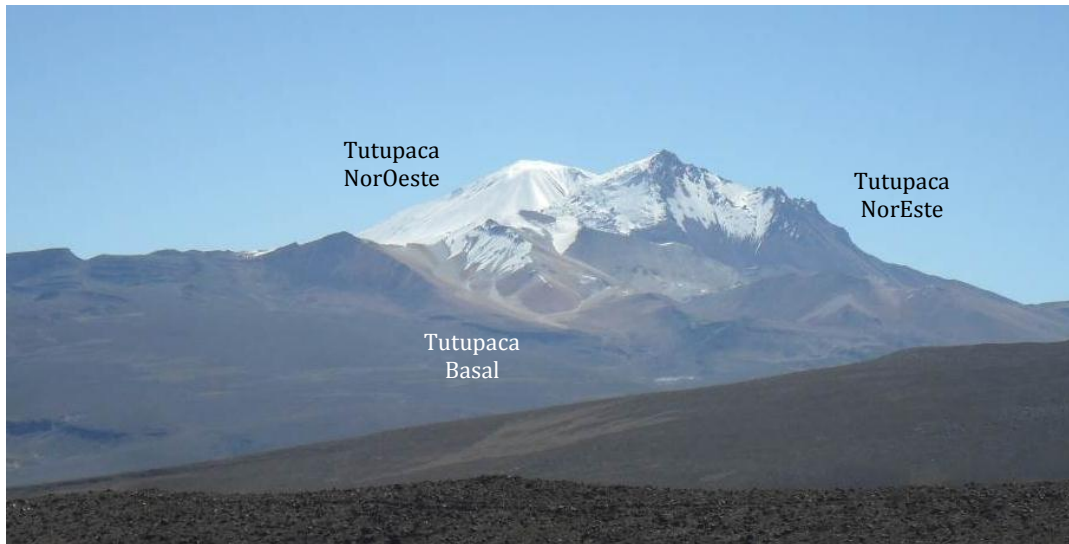


Figura 2. Flanco Sureste del complejo volcánico Tutupaca mostrando el Edificio basal, así como los edificios Oeste y Este.

Los productos eruptivos recientes del Tutupaca Este

Desde la cicatriz del volcán Tutupaca Este y en dirección NE, hasta la Pampa Paipatja y el valle del río Callazas, se encuentra una zona con abundantes depósitos volcánicos asociados con la actividad reciente del volcán Tutupaca. Describiremos estos depósitos en la zona proximal, media y distal (Figura 3).

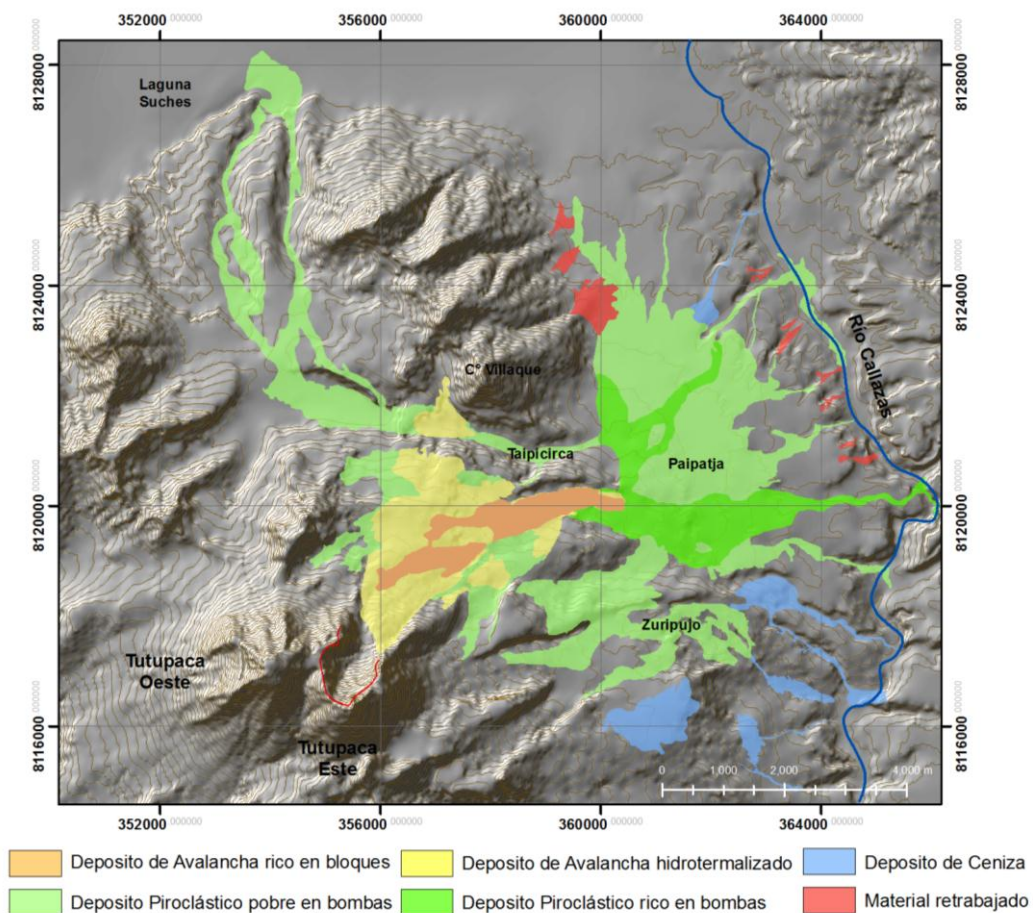


Figura 3. Mapa de los depósitos asociados a la erupción más reciente del edificio Tutupaca Este

En la *zona proximal*, es decir hasta 3 km desde el anfiteatro, se observa una serie de colinas y se puede identificar estructuras de tipo “hummocks”, constituidos por una brecha heterolítica con bloques altamente fracturados que presentan texturas de tipo “jigsaw”. En función del tipo petrográfico dominante, se pueden identificar dos unidades altamente mezcladas: la parte inferior, que corresponde al cuerpo de las colinas descritas precedentemente, y constituida por bloques de composición andesítica, altamente hidrotermalizada de colores amarillo-verdosos; mientras que la parte superior está constituida por fragmentos líticos de composición andesita-dacita gris oscura, vesiculada y altamente porfirítica, similar a los domos que constituyen el edificio Tutupaca Este.

La *zona media* del depósito, comprendida entre 3 y 6 km de distancia desde el anfiteatro se caracteriza por presentar una morfología de crestas y valles (denominadas “estrías”) que tienden a apuntar hacia el anfiteatro. Estas estrías tienen 5-10 m de ancho por 150-400 m de largo y una altura de 2-5 m. Los depósitos de la zona media son observadas en la parte NNE del anfiteatro, alcanzando el valle de la Quebrada Taipicirca y definiendo una sobre-elevación en el Cerro Villaque. El otro ramal, fue canalizado entre dos grandes morrenas en dirección NE. En esta zona media, se han podido identificar tres unidades diferentes. A la base se observa la brecha conteniendo abundante material hidrotermalizado, mientras que al tope se observa la unidad caracterizada por rocas frescas de domo. Sin embargo entre las dos se encuentra un depósito piroclástico caracterizada por la presencia de abundantes bombas de tipo “coliflor”.

La *zona distal* corresponde a la Pampa Paipatja que se prolonga hasta el río Callazas en dirección NE, así como la zona norte se prolonga hacia la Laguna Suches. Estos depósitos de flujo piroclástico se encuentran hasta los 10-12 km de distancia desde el anfiteatro. En la pampa Paipatja, se ha identificado el depósito de avalancha de escombros rico en material hidrotermalizado, el cual está cubierto por la secuencia piroclástica rica en bombas, la cual cubre toda la Pampa Paipatja y que se canaliza hasta llegar al río Callazas. Aquí, esta unidad presenta un espesor de 5-6 m y está constituida por un depósito de flujo de bloques y ceniza con un enriquecimiento en bombas tipo “coliflor” y “corteza de pan” hacia el tope del depósito. Los bloques densos son dacitas gris oscuras muy porfiríticas que contienen fenocristales de plagioclasa, anfíbol y biotita, mientras que las bombas vesiculadas son de color gris claro, con grandes fenocristales de plagioclasa, anfíbol y biotita. Finalmente, en la pampa Paipatja se ha identificado una unidad superior, caracterizada por el enriquecimiento en bombas de tipo coliflor y que presenta espesores de 1-2 m.

Finalmente, hacia la parte SE del volcán, hacia la parte inferior de la Quebrada Zuripujo, se ha identificado otra secuencia piroclástica, constituida por varias unidades de flujos de bloques y ceniza, con espesores comprendidos entre 2 y 5 m, los cuales están intercalados con niveles de oleadas piroclásticas y un nivel enriquecido en ceniza al tope de la secuencia con un espesor de 1-2 m. Los bloques dominantes en esta secuencia son andesitas grises porfiríticas con una mineralogía similar al resto del edificio, es decir constituida por plagioclasa, anfíbol y biotita. Evidencias de campo muestran que esta secuencia piroclástica se encuentra bajo la secuencia piroclástica

previamente descrita. Una muestra de carbón correspondiente a la parte superior de la secuencia piroclástica de la Qda. Zuripujo dio una edad $14C$ de 220 ± 30 aAP.

Discusión e implicaciones sobre la evaluación de la amenaza volcánica

La descripción de los productos eruptivos recientes del volcán Tutupaca, en particular de los depósitos encontrados entre el anfiteatro y el río Callazas muestra claramente que las diferentes unidades estratigráficas previamente descritas corresponden a una sola secuencia eruptiva asociada con el colapso del flanco NE del volcán Tutupaca. Es así que en la parte proximal y media, los depósitos de la avalancha de escombros están inter-estratificados con los depósitos de los flujos piroclásticos que acompañaron este colapso.

En base a la falta de erosión, al aspecto reciente de estos depósitos y a la presencia de abundante carbón en la unidad inferior (Qda. Zuripujo), se ha podido establecer que ésta erupción ocurrió hace solamente 200 aAP, concordado con los reportes históricos que describen una erupción importante acaecida en el año de 1802 AD (Zamácola, 1804; Valdivia, 1874). Estos resultados son de gran importancia, ya que permiten de catalogar al Tutupaca como un volcán activo y potencialmente peligroso con una historia de erupciones muy violentas en el pasado.

Alrededor del Tutupaca se encuentran numerosos poblados que podrían ser afectados en caso de una eventual reactivación de este volcán. En particular vale mencionar al poblado de Candarave (3174 habitantes) ubicado a 28 km al sur del Tutupaca. Se considera que existen un total de 8200 habitantes que habitan a menos de 60-70 km de distancia del volcán. Además, cerca del complejo volcánico Tutupaca se encuentran también importantes obras de infraestructura como un tramo de la carretera Binacional Ilo - Desaguadero - La Paz, así como varios canales de riego, la represa Pasto Grande, las lagunas Suches, Vizcachas, Loriscota, Vilacota y la cuenca del río Callazas que abastecen de agua a los poblados cercanos, y a grandes proyectos mineros como Cuajone, Toquepala y Quellaveco.

Referencias

- Fidel L. y Zavala B. (2001). Mapa preliminar de amenaza volcánica del volcán Tutupaca. Boletín 24 Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica INGEMMET 109 p.
- Manrique, N. (2013). Evolución Vulcanológica y Magmática del Edificio Reciente del Complejo Volcánico Tutupaca (Tacna). Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. Tesis. 90 p.
- INGEMMET & ELECTROPERÚ (1994). Estudio geovolcánico e inventario sistemático de manifestaciones geotermales del lote Tutupaca. INGEMMET, Lima, t. I-3 (Informe interno).
- Siebert L., Simkin T., Kimberly P. (2010). Volcanoes of the world. Third edition. Smithsonian Institution and University of California press. 551 p.
- Valdivia Cornejo Juan Gualberto (1874). Fragmentos para la historia de Arequipa. Folletín de "El Deber", Arequipa, 109-111 p.
- Zamocola y Jauregui J.D. (1804). Apuntes para la historia de Arequipa. Primer festival del libro arequipeño, Arequipa, Edición 1958, 15 p.