

GEOLOGÍA Y EVOLUCIÓN DEL COMPLEJO VOLCÁNICO YUCAMANE CALIENTES (TACNA)

Marco RIVERA¹⁾, Pablo SAMANIEGO^{1,2)}, Céline LIORZOU³⁾, Herve GUILLOU⁴⁾, Jessica VELA¹⁾

¹⁾ Observatorio Vulcanológico del INGEMMET (Dirección de Geología Ambiental y Riesgo). mrivera@ingemmet.gob.pe

²⁾ Laboratoire Magmas et Volcans, Université Blaise Pascal, CNRS, IRD

³⁾ Laboratoire Domaines Oceaniques, Université de Bretagne Occidentale, Brest, France

⁴⁾ Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, Université de Versailles, St-Quentin-en-Yvelines, France

INTRODUCCIÓN

El INGEMMET en cooperación con el Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD, Francia) viene realizando el estudio geológico y la evaluación de peligros del complejo volcánico Yucamane - Calientes, localizado en la zona altoandina de Tacna, a 11 km al NE de la localidad de Candarave (Fig. 1). Este complejo consta de dos estratovolcanes, en el extremo sur el volcán Yucamane (5550 metros sobre el nivel del mar -msnm-) y en su extremo norte se localiza el volcán Calientes (5980 msnm), de los cuales el Yucamane es el más reciente y activo, emplazado en el Pleistoceno superior-Holoceno. Estos volcanes colindan con el extremo sur del volcán Yucamane Chico (6025 msnm), probablemente del Mioceno – Pleistoceno inferior. El complejo Yucamane - Calientes pertenece a la zona Volcánica Central de los Andes (ZVC) de Thorpe y Francis (1979).

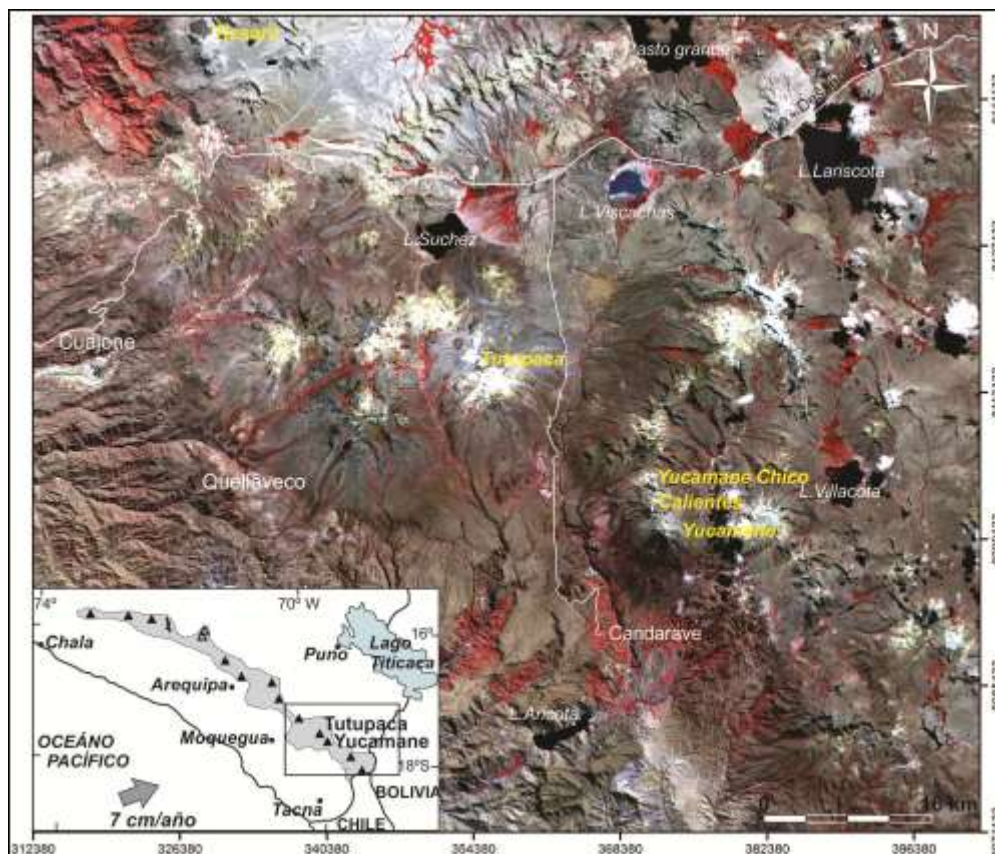


Fig. 1. Imagen Aster donde se distingue la localización del complejo volcánico Yucamane-Calientes. En el cuadro inferior se distingue la cadena volcánica Plio-cuaternaria y los volcanes activos y potencialmente activos del sur peruano.

El volcán Yucamane tiene forma cónica, definiendo una diferencia de elevaciones entre su base y la cumbre de 1200 m, y cubriendo una superficie aproximada de 20 km². Este volcán está constituido de una sucesión de lavas, cubierto por ceniza re trabajada. En su cima se distinguen dos cráteres uno de

900 m de diámetro y otro de menor tamaño, de 400 m de diámetro y de 200 m de profundidad. Por su parte, el volcán Calientes es un volcán parcialmente destruido, que conserva sólo su extremo occidental, en forma de una cicatriz de caldera de avalancha, dentro del cual se ha emplazado un complejo de domo de lava denominado “Calientes”.

El presente estudio se realiza con el fin de determinar el comportamiento eruptivo pasado del volcán Yucamane, así como la amenaza y riesgo que implicaría su reactivación con fines de prevención y mitigación de desastres. La evaluación de la amenaza volcánica asociada con el Yucamane es crucial pues al pie del flanco sur del volcán se localizan al menos siete poblados, entre ellos las localidades de Candarave, Cairani, Huanuara, Quilahuani, Susapaya, Ticaco, entre otros, donde habitan más de 8,000 habitantes (INEI, 2008), cuya actividad económica se basa principalmente en la agricultura y ganadería. Además en los alrededores del volcán existen importantes fuentes de recursos hídricos de la región Tacna, como las lagunas Aricota, Suches y Vilacota. La zona adicionalmente tiene un gran potencial geotérmico, ya que al este del complejo se encuentra el sistema geotérmico de Calientes.

ESTRATIGRAFÍA Y EVOLUCIÓN VOLCÁNICA

Basado en estudios geológicos, estratigráficos, dataciones radiométricas ($^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$, ^{14}C) e interpretación de imágenes satelitales Landsat TM y ASTER se propone la siguiente evolución cronoestratigráfica: sobre los remanentes de un antiguo edificio volcánico (Yucamane Chico) y posterior a una secuencia ignimbrítica importante (ignimbrita “Calientes”), datada en 540 ka (France, 1985) se construyó el **volcán Calientes**, el cual presenta tres etapas evolutivas. La etapa más antigua se denomina “Calientes I” (Fig. 2), en la cual se emplazaron lavas andesíticas y dacíticas (58 - 65 wt.% SiO_2) visibles en la base del volcán que presentan estructuras de flujo. Estas lavas muestran pendientes poco pronunciadas ($<20^\circ$) y rellenan una antigua caldera de colapso asociada con un edificio anterior (Yucamane Chico). La etapa “Calientes II” se caracteriza por el emplazamiento de lavas andesíticas y dacíticas (60-64 wt.% SiO_2) de la cima del volcán que cubren las lavas anteriormente descritas. Estas lavas muestran pendientes pronunciadas ($<45^\circ$). Posteriormente, ocurrió el colapso del flanco sur que probablemente generó depósitos de avalanchas de escombros que se aprecian a 8 km al sur de dicho volcán, en el sector de Santa Cruz. La última etapa, denominada “Calientes III” fue posterior al colapso sectorial y se caracterizó por la formación de un complejo de domos dacíticos (64 wt.% SiO_2) localizados en el sector sur-oriental del edificio. En base a la poca erosión que caracteriza este complejo de domos, se considera que se emplazaron posterior al último máximo glacial (LGM, $<18-15$ ka).

Por su parte, el **volcán Yucamane** se ha construido al menos en tres etapas evolutivas. La etapa “Yucamane I” constituye el periodo inicial de construcción del edificio, en el cual se emplazaron flujos de lavas de composición andesítica y andesítica básica (55-62 wt.% SiO_2). Una lava de la base ha sido datada en 380 ka (De la Cruz y De la Cruz, 2000). Estas lavas presentan suaves pendientes ($<15^\circ$) y descansan sobre la secuencia ignimbrítica de composición dacítica de más de 100 m de espesor denominada ignimbrita “Calientes”. En una fase evolutiva posterior denominada “Yucamane II” se produjo el crecimiento y colapso de domos que emplazaron al menos cinco depósitos de flujo de bloques y ceniza, visibles hasta a 9 km en el flanco sur y sureste del volcán (Quebrada Honda). Entre ellos, en una primera etapa generó un depósito de blast que aflora en la base de la secuencia de flujos de bloques y ceniza visible en el sector oeste y suroeste del volcán, datada por el método ^{14}C en 36450 ± 270 años AP.

Una tercera etapa, denominada “Yucamane III”, se caracterizó por el emplazamiento de flujos de lavas dacíticos y andesíticos (59 - 65 wt.% de SiO_2) que yacen en la cima del volcán y que se consideran del Pleistoceno Superior-Holoceno. Los flujos de lavas presentan pendientes muy inclinadas ($>40^\circ$). Después del emplazamiento de dichas lavas, en orden cronológico, se emplazaron los siguientes depósitos: (1) Una secuencia de flujos de escorias grises que mide 10 m de espesor, localizada a 9 km al pie del flanco sur y suroeste del volcán (Quebradas Honda y Campanani); (2) dos depósitos de flujos piroclásticos de bloques y ceniza andesíticos y dacíticos poco consolidados de menos de 2 m de espesor, visibles hasta 8 km al SO del volcán Yucamane; (3) tres depósitos delgados de caída de

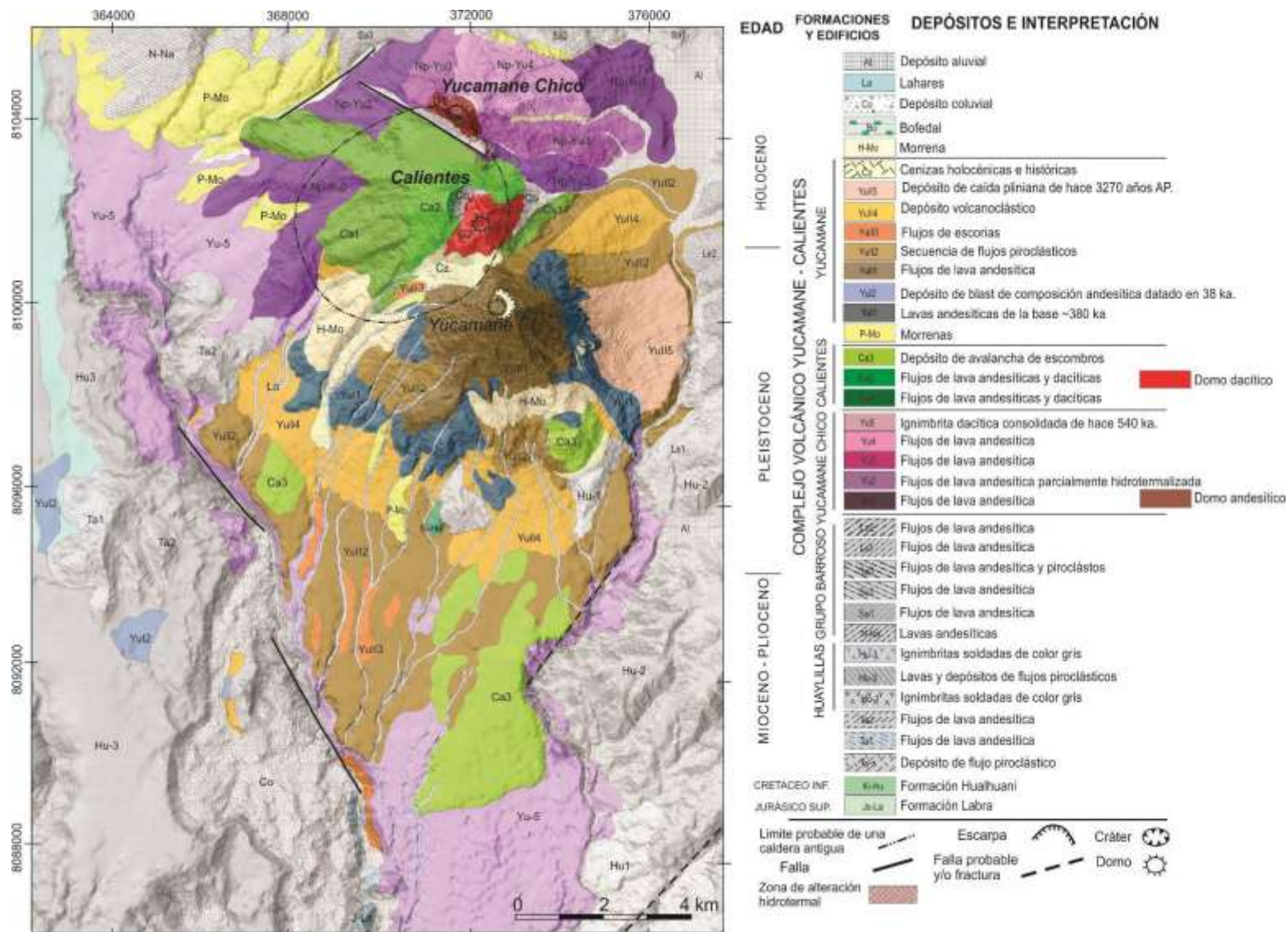


Fig. 2 Mapa geológico del volcán Yucamane (Tacna) y sus alrededores.

escorias que tienen entre 0.10 a 0.30 m de espesor a 8 km al sur y sureste del cráter. Estos depósitos fueron emplazados hace más de tres mil años; (4) un depósito de caída de lapilli de pómez y flujo de pómez y ceniza asociado, emplazados hace 3270 años A.P, de $<0.1 \text{ km}^3$, producto de una erupción pliniana. Este depósito tuvo una dispersión lobular cuyo eje estaba dirigido hacia el SE del cráter. Los reportes históricos de la actividad eruptiva del Yucamane dan cuenta de un evento ocurrido en el año 1787 AD (Zamácola, 1888). Sin embargo, en el campo no se distinguen depósitos asociados a dicha erupción. Por el contrario, estudios recientes llevados a cabo en el volcán Tutupaca (Valderrama et al., 2014) muestran que estos reportes corresponden a una erupción explosiva del volcán Tutupaca ocurrida entre 1787 y 1802 AD. Actualmente, la actividad del volcán Yucamane se manifiesta eventualmente por la emisión de fumarolas muy tenues y difusas existentes al interior del cráter reciente.

PETROGRAFÍA Y MINERALOGÍA DE LOS PRODUCTOS

Las rocas del complejo volcánico Yucamane-Calientes presentan una gran homogeneidad petrográfica y mineralógica. En efecto, en su gran mayoría son de composición andesítica (80-85% en volumen) y dacitas (10-12% en volumen) y algunas andesitas básicas (2-3% en volumen). Estas son principalmente de textura porfídica y en su gran mayoría contienen grandes fenocristales de plagioclasa (a veces alcanzan hasta 1 cm), anfíbol, biotita, clinopiroxeno, ortopiroxeno y óxidos de Fe-Ti, y eventualmente cristales de olivino presentes en los productos básicos. Todas las rocas pertenecen a la serie calco-alcalina.

CONCLUSIONES

El volcán Calientes se ha edificado en tres etapas: “Calientes I, II y III”, durante el cual se emplazaron principalmente lavas andesíticas y dacíticas ligados a una actividad efusiva. Este edificio sufrió un colapso sectorial al final de la etapa “Calientes II”, dando como resultado el emplazamiento de una avalancha de escombros en el flanco sur del edificio. Posteriormente se construyó un complejo de domos: “Calientes III”. A continuación, se emplazó el volcán Yucamane, construido en tres períodos consecutivos: “Yucamane I”, se caracterizó por el emplazamiento de flujos de lava de composición andesita y andesita básica ligados a una actividad efusiva. En una segunda etapa “Yucamane II”, hace menos de 36 ka se generó una secuencia de flujos de colapso de domo asociados al emplazamiento de un complejo de domos. Finalmente en la tercera etapa “Yucamane III” se produjo el emplazamiento de flujos de lavas dacíticas y andesíticas que forman el cono superior del volcán. La actividad del cono joven del Yucamane estuvo caracterizada por una actividad explosiva recurrente responsables de la generación de flujos y caída de escoria, de poco volumen ($<0.01 \text{ km}^3$) que yacen principalmente en el flanco sur y sureste del volcán, y un depósito de caída de lapilli de pómez producto de una erupción pliniana, ocurrida hace 3270 años AP. Las rocas del complejo Yucamane-Calientes son de composición andesítica básica, andesítica y dacítica pertenecientes a la serie calco-alcalina.

REFERENCIAS

- De La Cruz N & de la Cruz O., (2000). Mapa Geológico del Cuadrángulo de Tarata, a escala 1:50,000, INGEMMET.
- France, L., (1985). Geochronology, stratigraphy, and petrochemistry of the Upper Tertiary volcanic Arc, Southernmost Peru, central Andes”. Diss., Queen’s University, Kingston, Notario, Canada.
- INEI, (2008). Censos Nacionales 2007 (XI de Población y VI de vivienda). Resultados definitivos a nivel provincial y distrital: Provincias Tacna, Candarave, Jorge Basadre y Tarata.
- Thorpe, R. S. y Francis P.W. (1979). Variations in andean andesite compositions and their petrogenetic significance. *Tectonophysics*, 57(1): 53-70.
- Valderrama, P., Samaniego, P., Mariño, J., Manrique N. (2014). Estudio geológico de las erupciones recientes del volcán Tutupaca (Tacna). Resumen presentado en el presente XVII Congreso Peruano de Geología 2014. SGP.
- Zamácola, J. (1888). Apuntes para la historia de Arequipa. Año de 1804. Arequipa: Imp. de La Bolsa, 98 p.