



Boletín de la Sociedad Geológica del Perú

journal homepage: www.sgp.org.pe ISSN 0079-1091

Génesis y evolución de magmas emitidos por el Complejo Volcánico Yucamane – Calientes; Tacna, Perú

Marco Rivera¹, Pablo Samaniego², Céline Liorzou³ & François Nauret²

1 Instituto Geofísico del Perú, Observatorio Vulcanológico del Sur, Mz B, Lt 19, Urb. La Marina, Cayma, Arequipa, Perú (mrivera@igp.gob.pe)

2 Laboratoire Magmas et Volcans, Université Blaise Pascal, CNRS, IRD, 6 Avenue Blaise Pascal, TSA 60026 – CS 60026,

RESUMEN

Las características geoquímicas de las rocas del Complejo Volcánico Yucamane-Calientes (CVCY) muestra que los magmas del CVYC provendrían del manto. Las características geoquímicas de elementos mayores y trazas sugieren que la serie ha evolucionado principalmente por procesos de cristalización fraccionada, en una cámara magmática superficial, asociada con una ligera contaminación cortical, tal como es apreciado con los datos isotópicos (razones $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ y $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$). De otro lado, las rocas del CVYC poseen bajos valores en Y y HREE que pueden reflejar la asimilación o mezcla de magmas basálticos «padres» provenientes del manto con magmas generados en la base de la corteza (magmas generados a alta presión), conteniendo granate (\pm anfíbol) en el residuo de fusión, y en el contexto de una corteza continental engrosada (~70 km de espesor). El volcán Calientes hizo erupción de magmas principalmente andesíticos y dacíticos, mientras que el volcán Yucamane muestra un patrón diferente, caracterizado por una disminución gradual del contenido de sílice a lo largo del tiempo post-glacial, desde eventos vulcanianos moderados (VEI ≤ 2) que comprenden magmas andesíticos básicos hasta la gran erupción subpliniana (VEI 3) que ocurrió ~3 ka, que involucra magma andesítico.

Palabras clave: volcán Yucamane, geoquímica, cristalización fraccionada

ABSTRACT

The geochemical characteristics of rocks of the Yucamane-Calientes Volcanic Complex (CVCY) display that the magmas of the CVYC come from the mantle. The geochemical characteristics of major and trace elements suggest that the series has evolved mainly by fractional crystallization processes, in a superficial magmatic chamber, associated with a slight cortical contamination, as it is appreciated with the isotopic data ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ and $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$). On other hand, CVYC rocks have low Y and HREE values that may reflect the assimilation or mixing of basalt magmas from the mantle with magmas generated at the base of the crust (magmas generated at high pressure), containing garnet (\pm amphibole) in the melt residue, and in the context of a thickened crust (~70 km). The Calientes volcano erupted mainly andesitic and dacitic magmas, while the Yucamane volcano shows a different pattern, characterized by a gradual decrease in silica content throughout post-glacial time, from moderate Vulcanian events (VEI ≤ 2) that comprise basic andesitic magmas until the large subplinian eruption (VEI 3) which occurred ~3 ka, involving andesitic magma.

Keywords: Yucamane volcano, geochemistry, fractional crystallization

INTRODUCCIÓN

El complejo volcánico Yucamane- Calientes (CVYC) está localizado a 12 km al NO de la lo-

calidad de Candarave, en la zona altoandina de la región Tacna (Fig. 1). Este complejo consta de dos volcanes, en el extremo sur el volcán Yucamane (5495 m s.n.m.) y en su extremo norte se localiza el volcán Calientes (4980 m s.n.m.), de los cuales el Yucamane es el volcán activo del sur peruano. Estos

volcanes colindan con el extremo sur del volcán Yucamane Chico (5025 m s.n.m.) del Mioceno (Rivera et al., 2020). El complejo Yucamane - Calientes pertenece a la Zona Volcánica Central (ZVC) de los Andes (DeSilva & Francis, 1991).

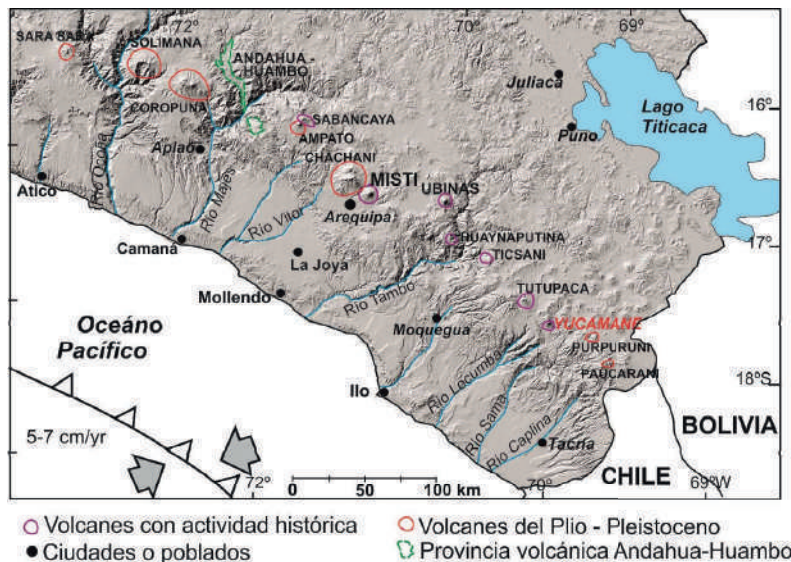


Figura 1. Mapa de localización del complejo volcánico Yucamane-Calientes (Tacna).

CONTEXTO GEOLÓGICO DEL COMPLEJO VOLCÁNICO YUCAMANE - CALIENTES

Según estudios geológicos efectuados por Rivera et al. (2020), el volcán Calientes se construyó en cuatro etapas sucesivas: *Calientes I*, constituidos por flujos de lava andesítica que datan de ~500 ka. Luego, se emplazó la ignimbrita “Callazas” (“*Calientes II*”), datada entre ~160-190 ka que aflora en el valle del río Callazas. Seguidamente, ocurrió la construcción del cono principal del volcán Calientes (“*Calientes III*”), cuyas lavas fueron fechadas en ~125 ka. Finalmente, se emplazó el complejo de domos de lavas Calientes del Holoceno que representan los últimos productos eruptivos de este edificio. El volcán Yucamane se ha construido en tres etapas: la etapa *Yucamane I*, que consiste en una secuencia de flujos de lava andesítica que conforman la base del volcán, con una edad mayor de 37-40 ka. La etapa *Yucamane II* (datada entre ~36-24 ka) comprende una secuencia gruesa de depósitos de flujos piroclásticos de bloques y cenizas que representa un episodio de crecimiento y destrucción de cono que precede al cono más joven de Yucamane (“*Yucamane III*”) entre 20-25 ka. Durante el Holoceno, Yucamane ha mostrado

actividad vulcaniana a subpliniana, que han generado caídas de tefra y depósitos de corrientes de densidad piroclástica. La última erupción subpliniana (IEV 3) ocurrió ca. 3085 ± 35 aBP y emitió un depósito de caída de lapilli de pómez asociado con un depósito de flujo piroclástico de pómez.

PETROGRAFÍA DE ROCAS DEL COMPLEJO YUCAMANE-CALIENTES

Las rocas en su conjunto presentan una gran homogeneidad mineralógica y petrográfica. En efecto, las rocas del volcán Calientes son de composición andesítica y dacítica. Las andesitas constan de dos tipos: andesitas con piroxenos, anfíbol y biotita; y andesitas con anfíbol y piroxenos. Las dacitas contienen fenocristales de plagioclasa (≤ 1 cm), anfíbol, biotita, óxidos de Fe-Ti, y ocasionalmente ortopiroxeno y clinopiroxeno. Por su parte, las rocas del volcán Yucamane son de composición andesítica básica, andesita y dacita. Las andesitas básicas presentan fenocristales de plagioclasa (< 0.6 cm), ortopiroxeno, clinopiroxeno, anfíbol, óxidos de Fe-Ti y raramente olivinos. Las andesitas y dacitas presentan una textura porfírica con una pasta intersertal o microlítica, donde se distinguen fenocristales de plagioclasa (≤ 1 cm), anfíbol, biotita, óxidos de Fe-Ti, ortopiroxeno, y ocasionalmente, clinopiroxeno.

CARACTERÍSTICAS GEOQUÍMICAS DE ROCAS DEL CVYC

Las rocas del volcán Calientes son de composición andesítica y dacítica (60.1-67.7 wt.% SiO_2), mientras que las rocas del volcán Yucamane son de composición andesítica básica, andesítica y dacítica (53.4-66.9 wt.% SiO_2). Todas las rocas pertenecen a la serie calco-alcalina con alto contenido de potasio (Fig. 2). Los elementos mayores CaO , Al_2O_3 , MgO y Fe_2O_3^* (no presentado aquí) del conjunto de rocas, presentan una marcada correlación negativa con respecto a el SiO_2 (Fig. 2), mientras que las concentraciones de K_2O se correlacionan positivamente con el SiO_2 . Por otro lado, los valores de algunos elementos trazas, como

los metales de transición (ej. Ni, V), así como el Sr decrecen a medida que el SiO_2 aumenta. La concentración en elementos de gran radio iónico (LILE, ej. Rb), así como los elementos de fuerte potencial iónico (HFSE, ej. Nb; no presentado aquí) aumentan a medida que incrementa la concentración en SiO_2 , aunque una gran dispersión es observada en algunos casos. Con respecto a las tierras raras, se observa que los valores de las tierras raras ligeras (LREE, ej. La, Sm) muestran una gran dispersión, estos elementos indican un comportamiento incompatible. La concentración de las tierras raras pesadas (HREE, ej. Yb) de rocas de los volcanes Yucamane y Calientes, ligeramente disminuyen durante la diferenciación.

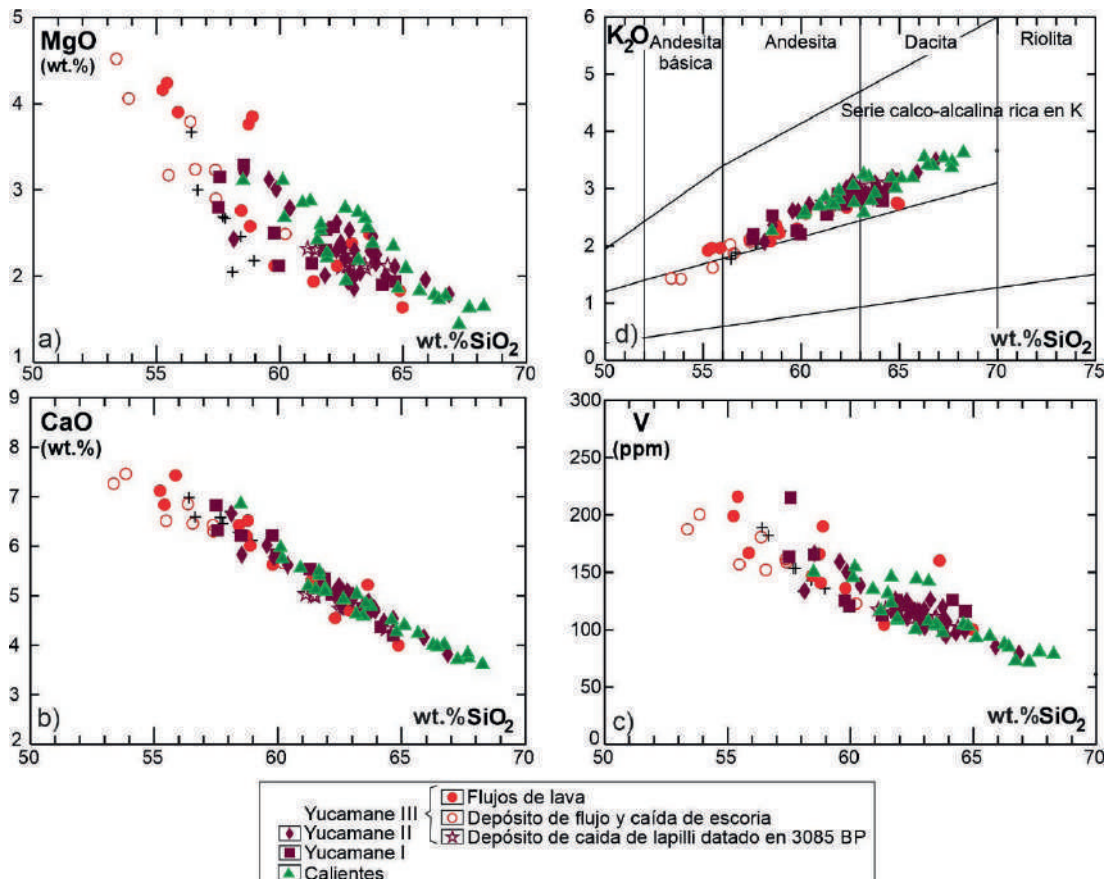


Figura 2. a), b), c) Comportamiento de algunos elementos mayores y trazas de rocas del CVYC. d) Diagrama de Peccerillo and Taylor presentando la composición de las rocas del CVYC.

Los espectros multielementos de los productos del CVYC normalizados con respecto al manto primitivo (Sun and McDonough, 1989; Fig. 3a), presentan las siguientes características: (1) un mayor enriquecimiento en LILE (Rb, Ba, K), con relación a HFSE (Nb, Zr); y (2) una fuerte anomalía negativa de Nb y Ti, típico de magmas de arco generados por fusión de la cuña del manto metasomatizado por fluidos acuosos provenientes del «slab» (ej. Davidson et

al., 1991). El bajo enriquecimiento en Ti, Y e Yb relativo al manto primitivo probablemente relacionado a la presencia de granate o anfíbol que fraccionan estos elementos compatibles. También es necesario mencionar que las lavas del CVYC son relativamente pobres en HREE. Estas características apuntan a la intervención del anfíbol y/o granate durante la evolución de estos magmas.

Con respecto a la composición isotópica, los productos del CVYC tienen razones isotópicas $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ que varían entre 0.70643 - 0.70722, y las razones $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ varían en un rango de 0.51221 - 0.51236. Estos valores se sitúan en el campo definido por la ZVC (Davidson et al., 1991). Por otro lado,

en el diagrama de la Figura 3b las razones $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ muestran correlaciones ligeramente estables respecto a el SiO_2 , que sugieren principalmente la intervención de procesos de cristalización fraccionada (FC) durante la evolución de la serie.

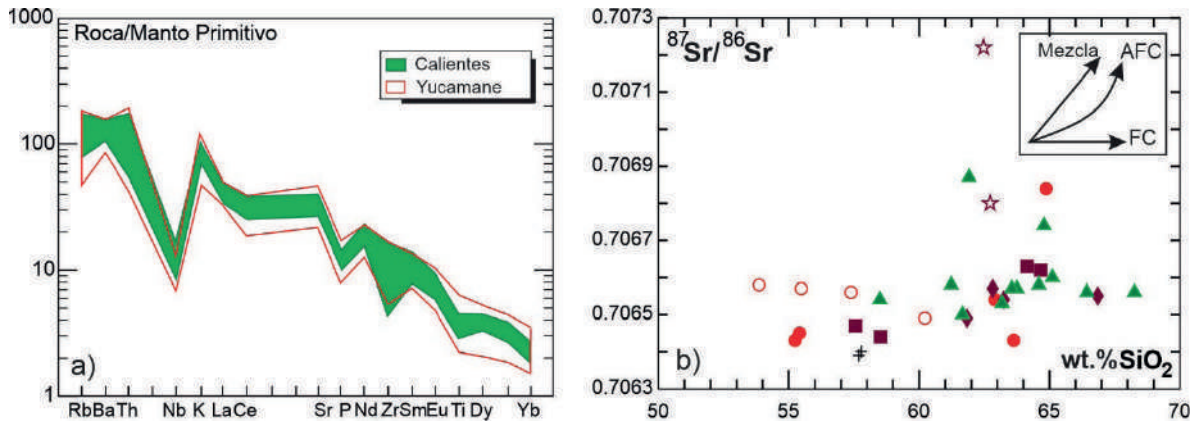


Figura 3. a) Diagrama multielemental de rocas de los volcanes Yucamane y Calientes; b) Diagrama de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ vs. SiO_2 . En la parte superior se presenta las tendencias teóricas de los procesos de AFC, Asimilación-Cristalización Fraccionada; CF, Cristalización Fraccionada y Mezcla.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Según el comportamiento geoquímico de las rocas del CVCY, y según el contexto geodinámico ligado a la subducción, los magmas del CVYC provendrían del manto. Las características geoquímicas de elementos mayores y trazas sugieren que la serie ha evolucionado principalmente por procesos de cristalización fraccionada (FC), en una cámara magmática superficial, asociada a una ligera contaminación cortical, tal como es sugerido por los datos isotópicos de las rocas del CVYC (razones $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ y $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$). De otro lado, las rocas del CVYC poseen bajos valores en Y y HREE que pueden reflejar la asimilación o mezcla de magmas basálticos «padres» provenientes del manto con magmas generados en la base de la corteza (magmas generados a alta presión), conteniendo granate (\pm anfíbol) en el residuo de fusión, y en el contexto de una corteza continental engrosada (~70 km de espesor).

El volcán Calientes hizo erupción de magmas principalmente andesíticos y dacíticos. En contraste, el volcán Yucamane muestra un patrón diferente, caracterizado por una disminución gradual del contenido de sílice a lo largo del tiempo post-glacial, desde eventos vulcanianos moderados ($\text{VEI} \leq 2$) que comprenden magmas andesíticos básicos hasta la gran erupción subpliniana ($\text{VEI} 3$) que ocurrió ~3 ka, que involucra magma andesítico.

El Yucamane es considerado como un volcán activo que puede afectar a la provincia de Candarave donde viven unos 12 000 habitantes.

REFERENCIAS

- Davidson, J.P., Harmon, R.S. & Wörner, G. (1991). The source of the Central Andes magmas; some considerations. *In* Andean magmatism and its tectonic setting. Geological Society of America –Special Paper, 265, 233-243.
- De Silva S.L. & Francis P.W. (1991). Volcanoes of the Central Andes. Springer - Verlag, 219 p.
- Peccerillo P. & Taylor S.R. (1976). Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area. Northern Turkey. *Contrib Miner Petrol* 58, 63–81.
- Rivera, M., Samaniego, P., Vela, J., Le Pennec J.L., Guillou, H., Paquette J.L., Liorzou, C. (2020). The eruptive chronology of the Yucamane-Calientes compound volcano: a potentially active edifice of the Central Andes (southern Peru). *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 395, 122–141
- Sun, S., & McDonough, W.F. (1989) - Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes. *In* Saunders A., and Norry M. (eds). *Magmatism in the Ocean Basins*. Geological Society of London Special Publication 42, 313-345