



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

**Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica**

**Escuela Profesional de Ingeniería Geológica**

**Estudio vulcanológico del complejo volcánico yucamane-  
calientes (Candarave – Tacna)**

**TESIS**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Geólogo

**AUTOR**

Marco Antonio RIVERA PORRAS

**ASESOR**

Guillermo Nicanor DÍAZ HUAINA

Lima, Perú

2016

## Referencia bibliográfica

---

Rivera, M. (2016). *Estudio vulcanológico del complejo volcánico yucamane-calientes (Candarave – Tacna)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Escuela Profesional de Ingeniería Geológica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

---



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO  
PROFESIONAL DE INGENIERO GEÓLOGO**

En el Salón de Grados y Títulos de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, el día Viernes 04 del mes de Marzo del año 2016, siendo las 10:00 a.m., en presencia de los señores docentes designados como miembros del Jurado Calificador:

MG. CIRO SERGIO BEDIA GUILLÉN	(Presidente de Jurado)
MG. JAVIER PABLO JACAY HUARACHE	(Miembro de Jurado)
MG. CARLOS DEL VALLE JURADO	(Miembro de Jurado)

Reunidos para el acto académico público de colocación de la Tesis de Don MARCO ANTONIO RIVERA PORRAS, Bachiller en Ingeniería Geológica quien sustentará la Tesis titulada: «ESTUDIO VULCANOLÓGICO DEL COMPLEJO VOLCÁNICO YUCAMANE-CALIENTES (CANDARAVE – TACNA)», para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Geólogo.

Los miembros del Jurado, escuchada la colocación respectiva, plantearon al graduando las observaciones pertinentes, que fueron absueltas a:

A SATISFACCIÓN DEL JURADO

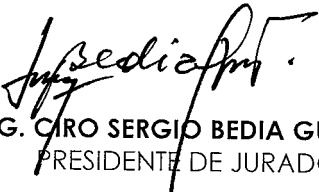
El Jurado procedió a la calificación, cuyo resultado fue:


POR UNANIMIDAD CON LA NOTA DE DIECIOCHO (18)

Habiendo sido aprobada la Sustentación de Tesis por el Jurado examinador, el Presidente del Jurado, recomienda que la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, proponga se le otorgue el Título Profesional de Ingeniero Geólogo a Don MARCO ANTONIO RIVERA PORRAS.

Siendo las 12:00 horas se dio por concluido el acto académico, expidiéndose cinco (05) Actas Originales de la Sustentación de la Tesis.

Ciudad Universitaria, 04 de Marzo del 2016

  
**MG. CIRO SERGIO BEDIA GUILLÉN**  
 PRESIDENTE DE JURADO

  
**MG. JAVIER PABLO JACAY HUARACHE**  
 MIEMBRO DE JURADO

  
**MG. CARLOS DEL VALLE JURADO**  
 MIEMBRO DE JURADO

## RESUMEN

El complejo volcánico Yucamane-Calientes (CVYC) se encuentra localizado en la zona altoandina del departamento de Tacna, en la Cordillera Occidental de los Andes. El cartografiado geológico y el análisis de imágenes satelitales y fotografías aéreas muestran que dicho complejo está conformado por dos estratovolcanes, alineados en dirección NNO-SSE, los cuales de noroeste a sureste son: Calientes (5376 msnm) y Yucamane (5495 msnm). Estos volcanes se han construido al sur de un estratovolcán más antiguo, erosionado y parcialmente destruido denominado Yucamane Chico (5356 msnm) y sobre una secuencia ignimbrítica dacítica no soldada, datada en 0.54 Ma asignada a dicho volcán. El estratovolcán Calientes se ha construido en tres etapas: “*Calientes I*”, durante el cual se produce el emplazamiento de flujos de lavas andesíticas y dacíticas que forman la base de dicho volcán. Una lava de esta etapa ha sido datada en  $126 \pm 3$  ka. “*Calientes II*”, comprende la formación del cono superior del volcán, localizado entre los 4800 y 5350 msnm, y consiste de una intercalación de lavas andesíticas y dacíticas. Posteriormente, parte de este cono colapsa generando depósitos de avalancha de escombros que se extienden a más de 12 km al SE y E del volcán Calientes. “*Calientes III*”, comprende el emplazamiento de un domo de aproximadamente 400 m de alto. Seguidamente o contemporáneo a este se emplaza el volcán Yucamane, el cual se ha construido en tres periodos: “*Yucamane I*”, conformado por una secuencia de flujos de lavas andesíticas de aproximadamente 700 m de espesor que yace en la base del volcán. En un segundo periodo, denominado, “*Yucamane II*” se produce el reiterado crecimiento de domos que luego colapsan y generan flujos piroclásticos de bloques y cenizas andesíticos y dacíticos, depositados en quebradas de los flancos sur, SO y SE del Yucamane, a más de 9 km del cráter. Uno de los primeros depósitos, corresponde a un depósito de blast que fue datado en  $36450 \pm 250$  ka. El “*Yucamane III*”, se inicia con la formación del cono de la cumbre, entre los 3900 y 5500 msnm, ligada principalmente a una actividad efusiva que emite flujos de lava andesítica y dacíticas. Una lava de la base del cono superior fue datada en  $23 \pm 1$  ka, mientras que una lava reciente fue datada en  $3 \pm 2$  ka. Durante el Holoceno el Yucamane presentó una actividad explosiva variada de tipo vulcaniana, sub-pliniana y pliniana que han emplazado flujos y caídas piroclásticas. Los depósitos de la última erupción pliniana corresponden a un depósito de caída y flujo piroclástico datados en hace 3270 años AP.

El estudio petrográfico y geoquímico de las rocas del volcán Calientes muestran que estas rocas son de composición andesítica y dacítica (58.5-65.1 wt.% SiO<sub>2</sub>), mientras que las rocas del volcán Yucamane corresponden a andesitas básicas, andesitas, dacitas y riolita (53.9-69.9 wt.% SiO<sub>2</sub>). Todas las muestras analizadas pertenecen a la serie calco-alcalina con alto contenido de K (2.5-3.3 wt.% K<sub>2</sub>O para rocas del Calientes y 1.4-3.6 wt.% K<sub>2</sub>O para rocas del Yucamane). Las rocas del complejo Yucamane-Calientes presentan una gran homogeneidad mineralógica y petrográfica. En efecto, las andesitas y dacitas contienen fenocristales de plagioclasa (que a veces miden hasta 1 cm), anfíbol, biotita, clinopiroxeno, óxidos de Fe-Ti y ocasionalmente ortopiroxeno y olivino. Los cristales de olivinos están únicamente presentes en los

productos menos diferenciados. Las andesitas y dacitas son principalmente de textura porfirítica con una pasta intersertal o microlítica.

Según el comportamiento geoquímico de las rocas del CVCY, y según el contexto geodinámico ligado a la subducción, los magmas del CVYC resultarían esencialmente de la fusión parcial de la cuña del manto metasomatizado por fluidos provenientes de la deshidratación de la corteza oceánica subducida. De otra parte, las características isotópicas de las rocas del CVYC (relaciones isotópicas  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  elevadas y relaciones  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  bajas) sugieren que la serie ha evolucionado principalmente por procesos de asimilación-cristalización fraccionada (AFC), en una cámara magmática superficial. De otro lado, las rocas del CVYC poseen bajo valores en Y y Tierras raras pesadas (HREE) comparado a los magmas calco-alcálicos «clásicos» de arco. Esas características 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).

En base a los datos geológicos se propone cinco escenarios eruptivos en caso de una eventual reactivación volcánica del Yucamane; desde el más posible al menos posible, estas son: el primer escenario considera una erupción vulcaniana leve a moderada (IEV 1-2); el segundo escenario considera una erupción explosiva tipo subpliniana (IEV 3); un tercer escenario considera el crecimiento de domo y/o colapso de un sector del volcán que puede generar avalanchas de escombros; un cuarto escenario considera la emisión de flujos de lava; y un quinto escenario considera una erupción pliniana (IEV 4-5). Durante una eventual actividad eruptiva futura, dichos peligros afectarían los más de 6500 habitantes que viven dentro de un radio de 16 km alrededor del volcán, principalmente en el pueblo de Candarave (11 km al SO del volcán), donde habitan cerca de 3482 pobladores.