

## Pueblos enterrados por la erupción de 1600 d.C. del volcán Huaynaputina: geología del sector de Calicanto y Chimpapampa

Kevin Cueva<sup>1</sup>, Jersy Mariño<sup>1</sup>, Jean-Claude Thouret<sup>2</sup>, Saida Japura<sup>1</sup>, Luisa Macedo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Observatorio Vulcanológico del INGEMMET – [autonomodgar22@ingemmet.gob.pe](mailto:autonomodgar22@ingemmet.gob.pe)

<sup>2</sup> Magmas et Volcans, Université Clermont-Auvergne, CNRS, IRD, 5, rue Kessler, F-63038 Clermont-Ferrand, Francia. - [claude.thouret@uca.fr](mailto:claude.thouret@uca.fr)

**Palabras clave:** Huaynaputina, tefra, pliniana, tefroestratigrafía

### 1. Introducción

En el año 1600 d.C. el volcán Huaynaputina situado en el Sur del Perú (8162195N, 302187E), presentó una gran erupción de tipo Pliniana, con un Índice de Explosividad Volcánica (VEI) igual a 6 (Thouret et al., 1999; 2002; Adams et al., 2001). Según el historiador Navarro (1994), dicha erupción ocasionó la muerte de aproximadamente 1500 personas en los valles de Omate y Río Tambo, además de que originó el descenso de la temperatura, provocando uno de los veranos más fríos de la historia en el hemisferio norte del planeta (Stoffel et al., 2015). Es considerada una de las erupciones más voluminosas (volumen del depósito Pliniano del orden de 11 a 14 km<sup>3</sup>, Prival et al., 2018) de los últimos 500 años.

La erupción del volcán Huaynaputina sepultó decenas de pueblos (según los historiadores), de la misma manera que lo hizo el volcán Vesubio con las ciudades de Pompeya y Erculano en el año 79 d.C. Algunos de los principales poblados enterrados son Calicanto y Chimpapampa, ubicados en el flanco sur de la altillanura donde está localizado el volcán Huaynaputina. Estos asentamientos pertenecen al corregimiento de Quinistaquillas.

Con el propósito de conocer la geología de los depósitos piroclásticos y los impactos de los productos sobre las viviendas, además de investigar el entorno geológico y geomorfológico de ambos pueblos enterrados con respecto al valle y a sus recursos (agua, etc.), el INGEMMET ha realizado el estudio de la geología y el mapa geológico a detalle de Calicanto y Chimpapampa.

### 2. Volcán Huaynaputina y su erupción

El volcán Huaynaputina (4800 msnm.) se encuentra ubicado en la provincia de Sánchez Cerro, al extremo norte de la región de Moquegua. El Huaynaputina es uno de los siete volcanes activos de Perú localizados en la Zona Volcánica Central (ZVC) de la cordillera Occidental de los Andes. Se encuentra a 75 km al SE de la ciudad de Arequipa.



Fig. 1 – Los cráteres del volcán Huaynaputina creados por las diferentes fases eruptivas en 1600 (y que obliteraron del cráter de la fase Pliniana). Estos cráteres están ubicados en el piso de una antigua caldera de avalancha de escombros (cicatriz de colapso) abierta hacia el ENE en el borde de la altillanura cortada por el cañón del río Tambo.

En el año de 1600 d.C., el volcán Huaynaputina erupcionó, considerándose la erupción más grande de Sudamérica en tiempos históricos. La erupción alcanzó un Índice de Explosividad Volcánica 6 (VEI 6) y ocasionó la muerte de aproximadamente 1500 personas, sepultando al menos 11 poblados los cuales estuvieron localizados a menos de 20 km del volcán (Thouret et al., 2002; Jara et al., 2000). Según el estudio estratigráfico realizado por Thouret et al. (2002), los depósitos de la erupción de 1600 AD comprenden 5 unidades estratigráficas: (1) depósito de caída pliniana rica en lapilli pómez; (2) depósito de capas finas y alternadas de caída de ceniza, lapilli y oleadas piroclásticas; (3) depósito de flujos piroclásticos masivos tipo PDC (con interacciones freatomagmáticas evidenciadas por la presencia de bombas en la zona proximal); (4) depósito de caída rica en cristales (5), depósito espeso de flujos de cenizas masivos (Fig. 3).

### 3. Metodología

Se realizaron trabajos de campo con el motivo de elaborar un mapa geológico de los sectores de Calicanto y Chimpapampa, que muestre las extensiones de los depósitos emitidos por la erupción. Los citados sectores se encuentran en un valle entre 13 y 16 km al sur del cráter del volcán Huaynaputina. Este valle fue rellenado por flujos piroclásticos, mientras que sus flancos fueron cubiertos por la caída de tefras (entre 1.5 y 3 m de espesor en esta zona).

También se correlacionaron columnas estratigráficas, con las respectivas descripciones de los depósitos.

#### 4. Geología del sector de Calicanto

Calicanto es uno de los pueblos sepultados por los depósitos de caída de lapilli de pómez Pliniano y por las capas de flujos y caídas post-Plinianas. Se encuentra ubicado a 13.3 km del sector sur del volcán Huaynaputina, el cual se encuentra cubierto por hasta 6 m de depósitos volcánicos (Fig. 3)

Depósitos volcánicos constituidos por pómez y ceniza pero presenta estratificación cruzada y se puede distinguir bancos o capas formando paquetes de hasta 1.6 m de espesor sobreyaciendo a depósitos de lahares pre-AD 1600 (Fig. 4).

En Calicanto se puede observar afloramientos de depósitos de caída pliniana con tonalidades de color blanquecino – crema, con manchas amarillentas debidas a la alteración hidrotermal (Qh-Cp1)

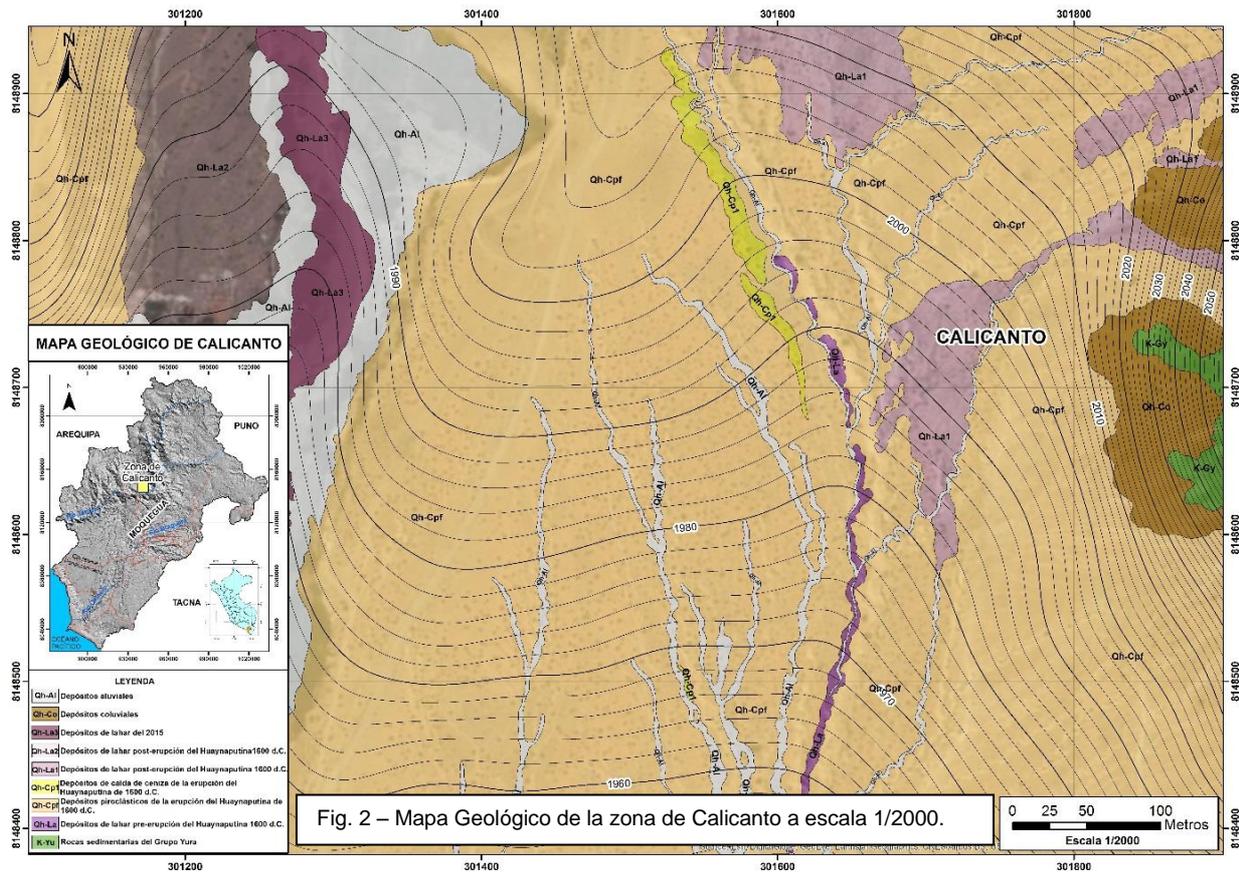


Fig. 2 – Mapa Geológico de la zona de Calicanto a escala 1/2000.

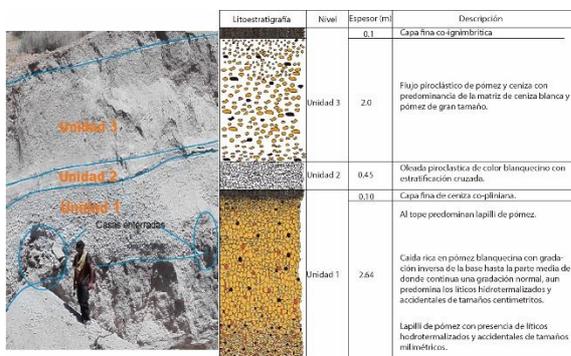


Fig. 3 - Columna estratigráfica de las 3 primeras unidades estratigráficas de los depósitos piroclásticos de la erupción del Huaynaputina 1600 d.C. en la Quebrada Calicanto.

#### 4.1 Unidad 1, Tefra: Depósito de caída de lapilli pómez Pliniana

producto de la primera fase Pliniana producido por la erupción del volcán Huaynaputina el 19 y 20 de Febrero de 1600 (Thouret et al., 1999, 2002; Adams et al., 2001).

#### 4.2 Unidad 2 y 3, Capas de cenizas y flujos piroclásticos

Los flujos piroclásticos corresponden al tercer y más devastador evento producido por la erupción de 1600 d.C. del volcán Huaynaputina. En Calicanto estos depósitos tienen un color blanquecino con espesores de hasta 3 tipos, los canalizados y espesos emplazados en los valles, los no canalizados y otros que desbordaron del valle central hacia los lados (tipo “vener”), con cobertura delgada debida a desborde

en los bordes de valle o en terrazas y sobre interfluvios delgados entre los valles pre-1600.

En el mapa geológico de Calicanto (Fig. 2) se ha agrupado a los flujos piroclásticos y los depósitos de caída en una sola unidad denominada depósitos piroclásticos de la erupción de 1600 d.C. del volcán Huaynaputina (Qh-Cpf).

### 4.3 Depósitos de lahares

Lahares o huaycos se producen al mezclarse productos de diversos tamaños emitidos por el volcán con agua, los cuales fluyen por la superficie rápidamente con velocidades de 3 y 5 m/s.

Estos lahares son sobre todo post-eruptivos aunque los sin-eruptivos pueden desencadenarse también (como fue el caso del Río Tambo en 1600). Estos afloramientos se encuentran en las quebradas de Calicanto. En la Figura 2 los depósitos de lahares están representados con color morado, correspondiendo a eventos ocurridos en etapas pre-eruptivas (Qh-la) y post-eruptivas (Qh-La1) (La2) de la erupción. Las tefras plinianas de la unidad 1 cayeron sobre un suelo pardo espeso que era cultivado (presencia de materia orgánica e indicios de plantas cultivadas y tierra labrada). Este suelo se desarrolló a largo tiempo sobre material torrencial y de lahar (masivo, heterogéneo, con bloques angulares y matriz barrosa) pre-eruptivos.



Fig. 4 – Calicata de 3.5 m de profundidad en una cárcava mostrando todos los depósitos volcánicos sobreyaciendo el poblado de Calicanto. Se observan muros destrozados, el suelo infrayacente al tope de un material de aluvión torrencial y laharico.

## 5. Geología del sector de Chimpapampa

Chimpapampa se ubica sobre el borde suroeste del valle, a 15.5 km del sector sur del volcán Huaynaputina.

En esta zona se distinguen los siguientes depósitos:

### 5.1 Avalancha de escombros

Son deslizamientos rápidos del flanco de un volcán debido a condiciones de inestabilidad que provenientes del volcán Ticsani (Mariño, J.). En el mapa de Chimpapampa corresponden a depósitos representados de color marrón (Qh-Avl), los cuales están infrayaciendo a los depósitos de caída de 1600 d.C. (Fig. 6).

### 5.2 Depósitos de caída

La mayor parte de la superficie de la zona de Chimpapampa se encuentra cubierta por depósitos de caída de lapilli de pómez y ceniza. Los depósitos tienen espesores decimétricos a métricos, son de color blanquecino y presentan estratificación sub-horizontal.

El depósito presenta una gradación inversa de la base hasta la parte media, seguida por una gradación normal hasta el tope, por lo cual se puede diferenciar cuatro niveles: el primer nivel es una capa de 2 cm de espesor conformada de líticos, el segundo nivel está conformado mayormente de pómez con 90 a 95%, de tamaños milimétricos a centimétricos, y en algunos casos las pómez presentan manchas de óxido, también entre 10 a 5% de fragmentos líticos juveniles y oxidados.

En el tercer nivel del depósito el tamaño de la pómez incrementa un 98 %, mientras que los líticos oxidados disminuyen. Al tope existe un nivel constituido de lapilli de pómez y líticos intercalada de capas de ceniza blanca (co-pliniana) (Fig. 5). Las pómez se emplazaron sobre su cara más ancha y alargada (debido a velocidad de termino de caída más o menos lenta (settling velocities), formando una pseudoestratificación.

En el mapa se puede observar afloramientos de depósitos de caída de pómez de hasta 1.5 m de espesor, con tonalidades de color naranja (Qh-Cp).

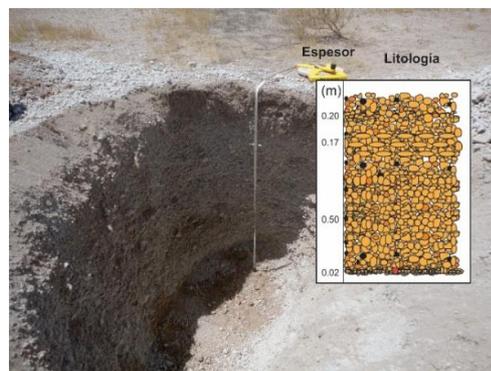
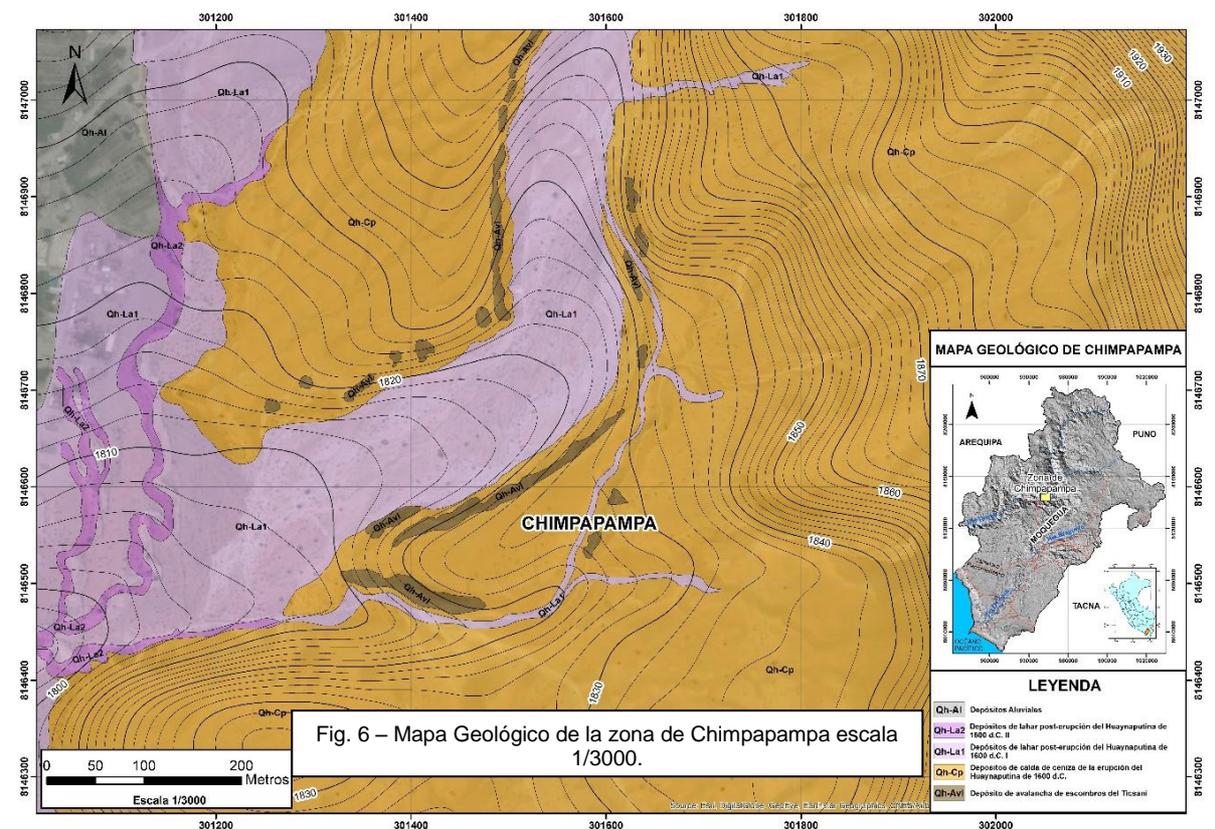


Fig. 5 – Sección geológica en Chimpapampa, donde se puede apreciar los 4 capas de pómez de la caída pliniana, 1) lapilli de pómez con abundantes líticos, 2) pómez con manchas hidrotermalizadas, 3) pómez ligeramente



alargadas, 4) nivel de ceniza fina.

### 5.3 Depósitos de lahares

En el mapa geológico de Chimpapampa, estos depósitos se presentan con tonalidades de color morado – lila (Qh-La1) (Qh-La2) (Fig. 6), los cuales se han producido mucho después de la erupción de 1600 d.C.

En la figura 7 se observa que los lahares por su viscosidad, fluidez y velocidad han desbordado del canal inicial, siendo un riesgo adicional asociados a estos flujos.



Fig. 7 – Fotografía que muestra los depósitos de lahares sobre los depósitos piroclásticos.

### Conclusiones

La erupción de 1600 d.C. tuvo un gran impacto en Moquegua y en el Sur del Perú, sepultando varios pueblos alrededor del volcán Huaynaputina.

Los depósitos que se produjeron de parte de esta gran erupción pliniana, comprenden con depósitos de caída de pómez de una erupción pliniana, caídas de cenizas, seguidos de eventos de flujos piroclásticos de pómez y ceniza que incineraron todo a su paso, ocasionando la muerte de hasta 1500 personas aproximadamente.

Los depósitos de caída encontrados en las zonas de Calicanto y Chimpapampa, corresponden a zonas proximales, oblicua con respecto al eje de dispersión mayor que tiene una orientación OSO. Presentan espesores entre 1.0 a 1.6 m, mientras que los depósitos de flujos piroclásticos y oleadas piroclásticas se encuentran formando capas entre 1 y 4 m de espesor.

En el área de estudio se puede distinguir flujos piroclásticos densos, canalizados en las quebradas de la zona de Calicanto y Chimpapampa, sobreyaciendo a depósitos de lahar emplazados antes de la erupción de 1600 d.C. En las zonas laterales de las quebradas se puede distinguir flujos piroclásticos más diluidos

(depósito 'vener'), desbordados de los flujos canalizados por velocidad y fuerza centrífuga.

En base a datos de campo, cartografiado geológico y recopilación fotográfica realizada en los sectores sur del volcán Huaynaputina, se han elaborado los mapas geológicos de Calicanto con una escala de 1/2000 y Chimpapampa con una escala de 1/3000.

Con estos mapas se puede observar las áreas que han sido cubiertos por los depósitos volcánicos del Huaynaputina con el fin de poder tener un mejor conocimiento de la geología del lugar y con miras a realizar mapas de peligros volcánicos en beneficio a la sociedad.

on geologic evidence and Spanish chronicles. *J. Volc. Geoth. Res.* 115, (3-4): 529-570.

### Agradecimientos

Se agradece al Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, al Laboratorio de Magmas y Volcanes de la Universidad de Clermont Auvergne y a la Municipalidad distrital de Quinistaquillas, por el apoyo brindado para poder realizar dicho trabajo.

### Referencias

- Adams, N.K., De Silva, S.L., Self, S., Salas, G., Schubring, S., 2001. The physical volcanology of the 1600 eruption of Huaynaputina, Southern Peru. *Bull. Volcanol.* 62 (8): 493-518.
- Jara, L., Navarro R., Thouret, J.-C., Siebe, C., Dávila, J., 2000. The AD 1600 eruption of Huaynaputina as described in early Spanish gazetteers. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, vol. 90, pp. 121-132.
- Mariño J., 2002. Estudio geológico vulcanológico y evaluación de peligros del volcán Ticsani, Sur del Perú. Tesis, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 160 p.
- Navarro, R. 1994. Antología del Valle de Omate. Centro de Publicaciones de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Universidad Nacional San Agustín, pp. 72.
- Stoffel, M.; Khodri M.; Corona, C.; Guillet, S.; Poulain, V.; Bekki, S.; Guiot, J.; Luckman, B.; Oppenheimer, C.; Lebas, N.; Beniston, M.; Masson-Delmotte, V., 2015. Estimates of volcanic-induced cooling in the Northern Hemisphere over the past 1,500 years. *Nature Geoscience*.
- Thouret, J.-C., Davila, J., Eissen, J., 1999. Largest explosive eruption in historical times in the Andes at Huaynaputina volcano, A.D. 1600, southern Peru," *Geology*, vol. 27, no. 5, pp. 435-438.
- Thouret, J.-C., Juvigné, E., Gourgaud, A., Boivin, P., Dávila, J., 2002. Reconstruction of the AD 1600 explosive eruption at Huaynaputina volcano, Peru, based