



## ANÁLISIS DE ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LAS PÓMEZ DE LA CAÍDA PLINIANA DE LA ERUPCIÓN DE 1600 D.C. DEL VOLCÁN HUAYNAPUTINA

Kevin Cueva<sup>1</sup>, Jean Claude Thouret<sup>2</sup>, Lucia Gurioli<sup>2</sup>, Laura Calabro<sup>2</sup>, Jersy Mariño<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Observatorio Vulcanológico de INGEMMET – Barrio Magisterial Nro. 2 – B16 Umacollo – Arequipa

<sup>2</sup> Laboratoire Magmas et Volcans, Université Clermont-Auvergne, CNRS, OPGC, IRD, Campus les Cézeaux, 6 avenue Blaise Pascal, 63178 Aubiere, Francia

### RESUMEN

Entre las características de los depósitos volcánicos y sobre todo piroclásticos, la densidad y la porosidad de los clastos juveniles son los parámetros más usados para reconstruir la dinámica eruptiva de una erupción volcánica a través del tipo de magma, comenzando con el cálculo de la densidad volumétrica y la densidad específica del depósito Pliniano, para que posteriormente se junte con otros parámetros físicos y texturales se infiere la dinámica eruptiva a través del tipo de magma. En el año de 1600 CE se registró la erupción del volcán Huaynaputina (Moquegua), con un Índice de Explosividad Volcánica de 6, considerándose la mayor erupción volcánica del tipo pliniana ocurrida en Sudamérica en tiempos históricos (Thouret et al., 1997, 1999, 2002; Adams et al. 2001). La caída Pliniana de pómez fue el primer depósito en emplazarse de los 5 tipos de depósitos que se produjeron en la erupción del volcán Huaynaputina.

La pómez de composición dacítica constituye el componente principal (hasta 80%) del depósito de caída pliniana de la erupción de 1600. Se han analizado 528 muestras localizadas desde zonas ultra proximales (1-5 km), proximales (5-15 km), medias (19-25 km) y upwind – en contra del viento y eje de dispersión (8 km) con respecto al cráter, con tamaños entre 1 cm y 2.5 cm. La medida de la densidad de las pómez se realizó en el Laboratorio de Magmas y Volcanes de la Universidad de Clermont-Auvergne (Francia), utilizando el Analizador GeoPyc 1360, cuyos resultados se representaron en gráficas estadísticas de distribución de densidad, similares a los utilizados para el análisis de tamaño de grano. Los datos obtenidos muestran valores de densidad comprendidos entre de 0.4 y 1.1 g/cm<sup>3</sup>, cuyo valor aumenta linealmente con la distancia al cráter. También se puede apreciar un aumento vertical en cada sección tomada, desde la base al techo del depósito.

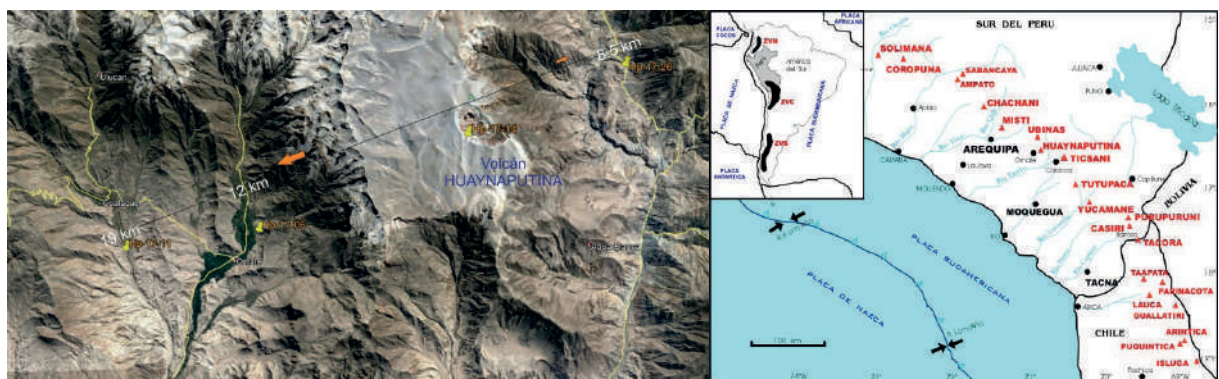


Fig. 1 Mapa de ubicación del volcán Huaynaputina, mostrándose las secciones tomadas para el análisis de densidad de las pómez.

**PALABRAS CLAVES:** Volcán Huaynaputina, caída piroclástica, pómez, características físicas, densidad.

## ABSTRACT

Among the characteristics of volcanic deposits and especially pyroclastics, the density and porosity of the juvenile clasts are the parameters most used to reconstruct the eruptive dynamics of a volcanic eruption through the type of magma, beginning with the calculation of the volumetric density and the specific density of the Plinian deposit, so that later it is joined with other physical and textural parameters, the eruptive dynamics is inferred through the type of magma. In the year of 1600 CE the eruption of the Huaynaputina volcano (Moquegua) was registered, with a Volcanic Explosivity Index of 6, considering the largest volcanic eruption of the plinian type occurred in South America in historical times (Thouret et al., 1997, 1999, 2002; Adams et al., 2001). The Plinian fall of pumice was the first deposit in place of the 5 types of deposits that occurred in the eruption of the Huaynaputina volcano. The pumice of dacitic composition constitutes the main component (up to 80%) of the Plinian fall deposit of the eruption of 1600. 528 samples have been analyzed located from ultra proximal (1-5 km), proximal (5-15 km), medial (19-25 km) and upwind - against the wind and axis of dispersion (8 km) with respect to the crater, with sizes between 1 cm and 2.5 cm. The measurement of pumice density was made in the Magmas and Volcanoes Laboratory of the University of Clermont-Auvergne (France), using the GeoPyc 1360 Analyzer, whose results were represented in statistical graphs of density distribution, similar to those used for the analysis of grain size. The obtained data show values of density between 0.4 and 1.1 g/cm<sup>3</sup>, whose value increases linearly with the distance to the crater. You can also see a vertical increase in each section taken, from the base to the roof of the tank.

**KEYWORDS:** Huaynaputina volcano, pyroclastic fall, pumice, physical characteristics, density.

## DESARROLLO

### INTRODUCCIÓN:

La densidad es una importante característica física de las pómez de erupciones volcánicas relacionadas con la porosidad. Puede proporcionar una útil

información de procesos de vesiculación y fragmentación que ocurren en el conducto (Polacci et al., 2003).

Los análisis de densidad, son útiles para determinar la tasa de descarga másica, tasa de descarga volumétrica, volumen del depósito elaboración de mapas de isomasas, cálculo de proporciones volumétricas másicas de los componentes litológicos.

Si la densidad DRE (Dense rock equivalent,  $\rho_{DRE}$ ) es conocida utilizando la composición de la roca o medido en el laboratorio (usando el picnómetro de helio), a partir de ello se puede calcular la porosidad  $\phi$  del piroclasto (Bernard 2015).

$$\text{DENSIDAD: } \rho = \frac{m}{V} \quad \text{POROSIDAD: } \phi = 1 - \frac{\rho_{DRE}}{\rho_{ROCA}}$$

La densidad y la porosidad se consideran termodinámicamente como propiedades intensivas que no son aditivas, a diferencia de la masa y del volumen. La densidad promedio se puede estimar como la masa total de los piroclastos dividido por su volumen total. (Bernard et al., 2015).

## CONTEXTO GEOLÓGICO - VOLCÁNICO

El volcán Huaynaputina está localizado en el Sur del Perú, aproximadamente a 75 km al Este de la ciudad de Arequipa (Fig. 1). El volcanismo de la Zona Volcánica Central de los Andes resulta de la subducción de la placa de Nazca debajo de la Sudamericana, con una tasa de convergencia de velocidad de 64 mm por año (Norabuena et al., 1999).

En el año de 1600 d.C., se registró la erupción del volcán Huaynaputina. Con un Índice de Explosividad Volcánica de 6, la erupción del volcán Huaynaputina es considerada la mayor erupción de Sudamérica en tiempos históricos (Thouret et al., 2002). Se han identificado 5 fases en dicha erupción. Para este estudio nos focalizaremos en el depósito de caída Pliniana de la erupción y en su componente principal, la pómez.

## METODOLOGÍA

Se colectó 100 pómez por capa o subunidad del depósito de caída pliniana de la erupción del Huaynaputina 1600 d.C. El cálculo de la densidad se realizó a 528 muestras de pómez de tamaños entre 1 cm y 2.5, ubicadas en sectores ultra proximales (1-5 km), proximales (5-15 km), mediales (19-25 km) y upwind – en contra del viento y eje de dispersión (8 km) con respecto al cráter. Se escogieron 33 pómez por cada capa de cada sección

donde tomamos 100 pómez de tamaño homogéneo, las cuales están distribuidas de la siguiente forma:

Sector	Sección	Muestra	Numero de pómez
UltraProximal	A 1 km del cráter	Hp-17-14A	33 pómez por cada muestra. total: 528 pómez
		Hp-17-14B	
		Hp-17-14C	
		Hp-17-14D	
		Hp-17-14E	
Proximal	QFC (Quinistacas Football Club), a 12.5 km del cráter	Hp-17-06A	
		Hp-17-06B	
		Hp-17-06C	
		Hp-17-06D	
		Hp-17-06E	
Medial	Caoalaque, a 19 km del cráter	Hp-17-11B	
		Hp-17-11C	
		Hp-17-11D	
		Hp-17-11E	
Proximal (contrario al eje de dispersión) <b>upwind</b>	Nino Mojo, a 8 km del cráter	Hp-17-26A	
		Hp-17-26B	

Fig. 2 Base de datos de las muestras del volcán Huaynaputina para el cálculo de la densidad de pómez.

Las muestras fueron analizadas por el Analizador GeoPyc® 1360 en el Laboratorio de Magmas y Volcanes de la Universidad de Clermont-Auvergne (UCA, Francia). Este instrumento sirve para determinar rápidamente la densidad de objetos porosos con tamaños y formas irregulares utilizando una técnica única de medición de desplazamiento. La densidad de envoltura de un objeto se define como su masa dividido por su volumen, donde el volumen incluye todos sus poros y pequeñas cavidades. La Densidad de Roca Equivalente del magma de la erupción de 1600 d.C. es de 2.6 g/cm<sup>3</sup>. Para hallar este valor se realizó los análisis por medida de la conectividad de vesículas con un picnómetro de desplazamiento de gas – Micromeritics AccuPyc II 1340. (Prival et al., 2017).

RESULTADOS

Los datos obtenidos de la densidad de las pómez están representados en gráficos de barras. En el eje X se representa el valor de la densidad obtenida y en el eje y el porcentaje de la frecuencia acumulada de la densidad. Un aspecto importante de los análisis de densidad y porosidad es que los sectores presentan un rango de valores de densidad entre 0.4 y 1.1 g/cm<sup>3</sup>, pudiéndose observar

que mientras uno se aleja del cráter la densidad aumenta. Para los sectores proximales la densidad está entre 0.6 y 0.7 g/cm<sup>3</sup> (Cráter y QFC), para los sectores mediales entre 0.8 g/cm<sup>3</sup> y 0.9 g/cm<sup>3</sup> (Coalaque) (Fig. 4). En la Fig. 5 se puede observar que la densidad en las mismas secciones proximales (Cráter y QFC) aumentan entre la base y el medio del depósito, aumentando nuevamente a la parte superior. En el sector medial (Coalaque), la densidad aumenta hasta la mitad del depósito, luego disminuye un poco para luego aumentar nuevamente. (Fig. 5) Todos estos cambios se dan debido a los procesos de vesiculación y fragmentación que ocurren en el conducto al momento de la erupción.

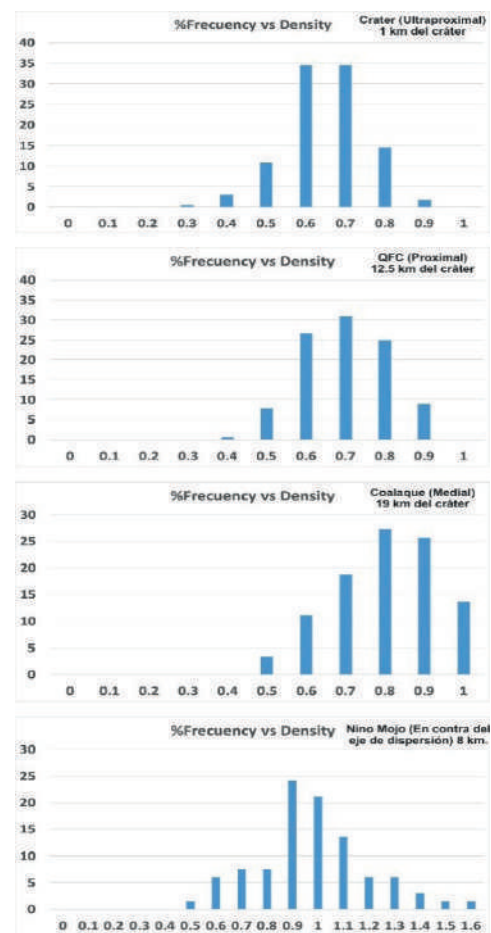


Fig. 4 Gráfico de densidad de las pómez de la erupción de 1600 d.C., correspondiendo al sector ultra proximal, proximal, medial con respecto al cráter del volcán Huaynaputina.

Se ha calculado la vesicularidad de las 528 muestras de pómez, teniendo valores entre 65.38 % - 88.46 % a 1 km del cráter, 65.38 % a 84.62 % en QFC y 46.15 % a 80.77 % en la parte medial. Se calculó una porosidad media de 0.77 en los sectores proximales y de 0.63 en los sectores mediales.

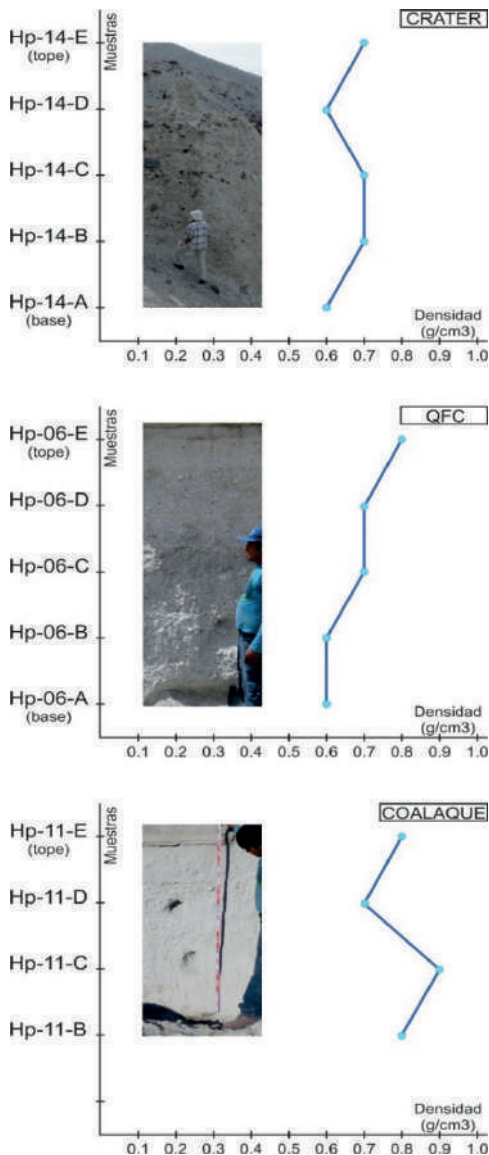


Fig. 4 Gráfico de los valores de densidad detallado de cada muestra por sección tomada de las pómez de la caída pliniana de 1600 d.C.

## CONCLUSIONES

- Se realizó el cálculo de la densidad de 528 muestras de pómez de la erupción de 1600 d.C. del volcán Huaynaputina, mostrando valores de densidad entre el rango de 0.4 y 1.1 g/cm<sup>3</sup>.
- Para los sectores proximales la densidad está entre 0.6 y 0.7 g/cm<sup>3</sup>, para los sectores mediales entre 0.8 g/cm<sup>3</sup> y distales 0.9 g/cm<sup>3</sup>. Los valores de densidad varían distalmente de manera proporcional a la distancia dispersada con respecto al cráter debido a que en el momento que se encuentran suspendidos en la atmósfera se van adheriendo partículas que vuelven a la pómez más densa. Los cambios verti-

cales probablemente se dan de acuerdo a la explosividad y la composición del magma que se emplaza a la superficie, ya que estos varían en porcentaje de gases, variación en la cantidad de vesículas y por consiguiente la densidad de la pómez.

- Se presentan valores de vesicularidad de pómez entre 46.15 % a 88.46 %, correspondiendo en promedio a una alta vesicularidad, con una porosidad media de 0.77 en los sectores proximales y de 0.63 en los sectores mediales.

## REFERENCIAS

Adams, N., de Silva, S., Self, S., Salas, G., Schubring, S., Permenter, J., and Arbesman, K., 2001. The physical volcanology of the 1600 eruption of Huaynaputina, southern Peru. *Bulletin of Volcanology*, 62(8):493–518.

B. Bernard., U. Kueppers and H. Ortiz., 2015. Revisiting the statistical analysis of pyroclast density and porosity data. *Solid Earth Discussions*, Volume 7, Issue 1, 2015, pp.1077-1095.

Norabuena, E. O., Dixon, T. H., Stein, S., and Harrison, C. G. A., 1999. Decelerating Nazca-South America and Nazca-Pacific plate motions. *Geophysical Research Letters*, 26(22):3405–3408.

Polacci, M., Pioli, L., and Rosi, M., 2003. The Plinian phase of the Campanian Ignimbrite eruption (Phlegrean Fields, Italy): evidence from density measurements and textural characterization of pumice. *Bull. Volc.*

Prival J.-M., 2017. Eruptive dynamics and physical characteristics of the 1600 CE Huaynaputina Plinian tephra. Master 2 Research Project Thesis, Laboratoire Magmas et Volcans. Pp. 52.

Thouret, J.-C.; Juvigné, E.; Gourgaud, A. and Boivin, P. & Dávila, J., 2002. Reconstruction of the AD 1600 explosive eruption at Huaynaputina volcano, Peru, based on geologic evidence and Spanish chronicles. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 115 (3-4): 529-570.

Thouret, J.-C., Davila, J., and Eissen, J.-P., 1999. Largest explosive eruption in historical times in the Andes at Huaynaputina volcano, A.D. 1600, southern Peru. *Geology*, 27(5):435–438.

Thouret, J.-C.; Davila, J.; Rivera, M.; Gourgaud, A.; Eissen J.-P.; Le Pennec, J.-L. et Juvigne E. (1997) – L' eruption explosive de 1600 au Huaynaputina (Pérou), la plus volumineuse de l'histoire dans les Andes Centrales. *Comp Rend Acad. Sci.Paris Géomatér.* 325:931 – 938.