



Estudio estratigráfico y sedimentológico del depósito de caída pliniana de la erupción del año 1600 D.C. del volcán Huaynaputina

Japura S. (1), Thouret J.-C. (2), Mariño J. (1), Cueva K. (1), Aguilar R (1).

¹ Observatorio Vulcanológico del INGEMMET, Perú (saida_blanca12@hotmail.es)

² Laboratoire Magmas et Volcans, Université Clermont-Auvergne, Campus Les Cézeaux, 63178 Aubière, France.

RESUMEN

Volcán Huaynaputina ubicado al sur del Perú tuvo una erupción histórica grande (IEV 6) tipo pliniana. Con el objetivo de investigar los daños causados por esta erupción, el Observatorio Vulcanológico del INGEMMET en conjunto con otras instituciones peruanas e internacionales, inicio el proyecto Huayruro financiado por CienciaActiva - Fondecyt el cual cuenta con tres objetivos: 1) la tefroestratigrafía y las características físicas de las caídas plinianas, 2) las consecuencias paleoclimáticas 3) impactos causados a la población. La erupción presentó 5 unidades estratigráficas, en el presente trabajo nos enfocamos en el estudio de las características estratigráficas, sedimentológicas, físicas y dinámica eruptiva de la caída pliniana (unidad 1) de la erupción del año 1600 d.C. del volcán Huaynaputina.

PALABRAS CLAVES

Volcán Huaynaputina, caída pliniana, estratigrafía, pómez.

ABSTRAC

The volcano Huaynaputina Locatel in the south of Peru has a large historical eruption (VEI 6) of plinian type. In order to investigate the damages caused by this eruption, the volcanological observatory of Ingemmet helped by others Peruvian and international institutions, created the Huayruro project, funded by Cienciaactiva - Fondecyt, fo-

cused on 3 objectives :1) the study of the tephra stratigraphy and the physical characteristics of the plinian fallout. 2) The paleo climatological consequences. 3) The impact on the population. The eruption presents 5 stratigraphic units, in our current study we will focus on the analysis of the stratigraphic characteristics, sedimentological and physical characteristics and the éruptive dynamic of the plinian fallout (unit 1) from the eruption dated of 1600 of the Huaynaputina volcano.

KEYWORDS

Volcano Huaynaputina, Plinian fallout, stratigraphic, pumice.

DESARROLLO

1. INTRODUCCIÓN

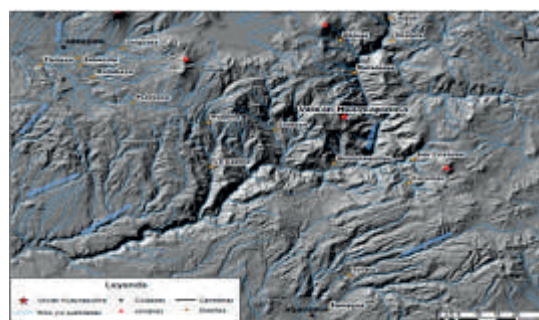


Figura 1. Mapa de ubicación del volcán Huaynaputina y alrededores

En el año 1600 d.C. el volcán Huaynaputina

(Moquegua), presentó una gran erupción de tipo Pliniana, con un Índice de Explosividad Volcánica (VEI) 6 (Thouret et al., 2002; Adams et al., 2001), eyectando un volumen total de la caída pliniana 7.87 km³ (Thouret et al., 2002) a 26 km³ (Silva and Zialinski, 1998).

2. UBICACIÓN

El volcán Huaynautina es un estratovolcán conformado por tres cráteres dentro de una caldera que forma parte de la Zona Volcánica Central (ZVC) de la Cordillera de los Andes.

Se encuentra en la Provincia de Omate, al extremo norte de la Región de Moquegua, cuyas coordenadas son 8162195N, 302187E (UTM WGS8-Zona 19S) (Figura 1) y se eleva a 2300 m al este sobre cauce del río Tambo.

3. ESTRATIGRAFÍA

Se realizó 26 columnas estratigráficas adicionales a las 100 secciones estratigráficas descritas en campañas anteriores. Según la propuesta de Fisher and Schmincke (1984) y el diagrama de Pyle (1989) se puede diferenciar tres zonas proximal (0 – 32 km), medial (32 – 78 km) y distal (superior a 78 km).

El estudio estratigráfico muestra que el volcán Huaynautina comprende 5 unidades estratigráficas (Figura 2). La caída pliniana (unidad 1) es el primer depósito que está conformado de 5 a 6 niveles: (1) el primer nivel está conformada por lapilli de pómez con líticos milimétricos, (2) el segundo nivel las pómez aumentan de tamaño al igual que los líticos en tamaños centimétricos, (3) este nivel es masivo las pómez aumentado de tamaño y se encuentran de forma alineada mientras que los líticos aumentan de tamaño pero disminuyen en cantidad, (4) en el cuarto nivel las pómez disminuyen de tamaño y los líticos son escasos, (5) la quinta capa está conformada por ceniza gruesa, (6) este nivel se observa en las zona proximal, es una capa delgada que presenta pómez centimétricas y líticos milimétricos. Los líticos hidrotermalizados y oxidados se encuentran dispersos en todos los niveles excepto en la quinta.

4. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y CONTEO LITOLÓGICO

4.1. EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Se realizó en base a 19 muestras tomadas en campañas de campo del 2015 a 2017 y se adiciona-

ron 106 muestras tomadas en campañas anteriores (Thouret et al., 2002) las cuales están ubicadas en zona proximal, medial y distal.

El método consiste en hacer pasar una muestra de caída de 2 kg, a través de una serie de mallas, que van desde 5 phi (31.5 mm) hasta 5 phi (0.032 mm) las porciones retenidas en la malla son pesadas en una balanza y apuntadas en una libreta. Estos datos obtenidos son representados en histogramas en el software SFT Kware (K. Wohletz, 1989) que nos permite calcular los parámetros estadísticos (mediana, media, desviación estándar, asimetría y curtosis) dentro de la zona proximal, medial y distal.

ZONA PROXIMAL

El depósito presenta distribución bimodal y unimodal. El valor de la mediana esta entre (-3,14 a 2.92 Ø) y la media se encuentra entre (-3.02 a 2.98 Ø) con una desviación estándar entre muy mal sorteado a moderadamente sorteado. La asimetría es positiva a cercanamente asimétrica. Con angulosidad platicúrticas y mesocúrticas.

ZONA MEDIAL

El depósito presenta una distribución unimodal. La mediana presenta valores entre (-1.6 a 2.1 Ø) y la media está entre (-1.58 a 2.47 Ø) con un mal sorteado a moderadamente sorteado. La asimetría es cercanamente asimétrica a asimetría negativa. Las curvas varían de mesocúrtica a platicúrtica.

ZONA DISTAL

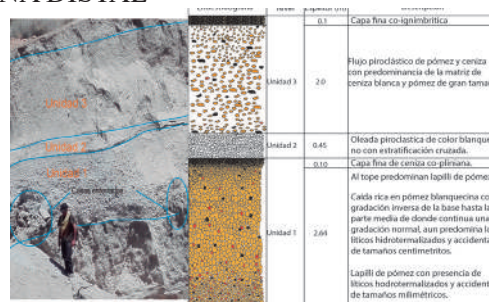


Figura 2. Columna estratigráfica de los depósitos piroclásticos de la erupción del volcán Huaynautina del año 1600 d.C. en la Quebrada Calicanto a 14 km al sur del cráter del volcán.

El depósito presenta distribución bimodal y unimodal. La mediana esta entre (-1.05 a 4.25 Ø) y la media está entre (-0.87 a 3.80 Ø) con un sorteado moderado a mal sorteado. El depósito es cercanamente asimétrica a asimetría positiva con angulosidad mesocúrtica a platicúrtica.

DIAGRAMA DE WALKER (1971)

En base a 125 muestras y parámetros estadísticos, como son la mediana y el índice de sorteo se plotearon en el diagrama de Walker (1971) (Figura 4).

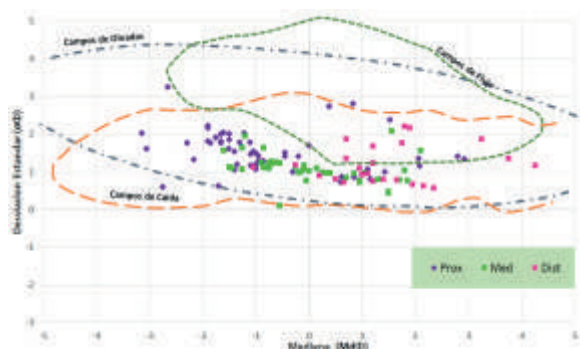


Figura 4. Diagrama de Walker (1971). En el eje de las abscisas la mediana (Md) expresada en unidades Phi. En el eje de la ordenada el índice de sorteo ($\sigma\emptyset$) en unidad phi.

Después de introducir los datos al diagrama se logró confirmar que las muestras se encuentran dentro del área de caídas, el cual se encuentra bien sorteado y la mediana mejoran hacia las zonas distales en dirección del viento (Figura 4).

4.2. CONTEO LITOLÓGICO

Los componentes de la caída pliniana han sido estudiados en base a 100 muestras. El estudio litológico se realizó mediante un microscopio binocular, que permitió identificar, los diferentes tipos de componentes litológicos, tales como juveniles, líticos y cristales utilizando las fracciones de (4 mm), (2 mm) y (0.5 mm y 0.125 mm) comprendidas en la zona proximal y medial.

- Juveniles: Se identificaron pómez y vidrio volcánico
- Líticos: Se ha reconocido líticos lávicos y accidentales (oxidados y xenolitos).
- Cristales: Los cristales de la erupción de 1600 D.C. consisten principalmente de cristales de plagioclasa, biotita y anfíbol.

En la zona proximal, El análisis de conteos litológico está en base 64 muestras del sector proximal (< 32 km) en la malla o fracción 4, 2, 0.5, 0.125 mm (Tabla 1).

Tabla 1. Cuadro comparativa por sectores según las fracciones

Zonas	Fracción	Juveniles	líticos lávicos	líticos accidentales	cristales
Zona Proximal	4 mm	90,92	4,71	3,91	0,45
	2 mm	83,51	8,28	7,17	4,94
	0,5 mm	52,90	2,72	2,68	41,70
	0,125 mm	16,94	4,19	1,98	76,89
Zona medial	4 mm	99,83	0	0,165	0
	2 mm	94,58	1,42	2,75	2,00
	0,5 mm	78,87	1,45	1,09	18,60
promedio	0,125 mm	18,05	4,30	1,28	76,37
		66,95	3,38	2,63	27,61

En la zona medial, El análisis de conteos litológico está en base 36 muestras del sector proximal (32-78 km) en la malla 4, 2, 0.5, 0.125 mm (Tabla 1).

5. PARÁMETROS DINÁMICOS

El estudio de las erupciones históricas ayudó a definir varios parámetros, tales como: (1) el volumen expulsado (2) altura de la columna eruptiva, (3), la dispersión y (4) Índice de Explosividad Volcánica (VEI).

5.1. VOLUMEN EXPULSADO

En base a 657 puntos de control los cuales fueron introducidos en un sistema de información geográfica (ArcMap) donde se interpolaron en curvas de igual espesor sobre un DEM, elaborándose un mapa de isópacas. En la zona proximal las isópacas tienen espesor de 1200 a 40 cm con un eje de dispersión al NO cubriendo un área de 1432 km², en la zona medial las isópacas son de 40 a 10 cm con un eje de dispersión al O cubriendo al área de 4715 y en la zona distal las isópacas presentan un espesor de 10 a 1 cm con dirección de dispersión al NO abarcando un área total de 128072 km² (figura 4).

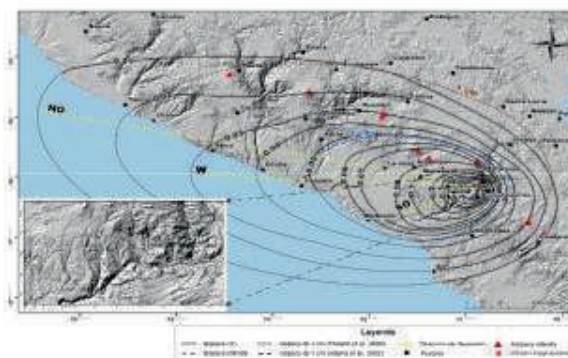


Figura 4. El mapa de isópaca de 1 cm (Thouret et al., 2002) presenta un ligero parecido a la isópaca de un 1 cm del presente trabajo, mientras que en

el caso de Adams et al. (2001) este abarca menor área.

Basado en las isópacas y modelos de disminución exponencial del depósito (Pyle, 1989, 1995; Fierstein y Nathenson, 1992, Bonnadona et al., 1998, 2003, 2005) se calculó un volumen entre 8.60 a 9.93 km³

5.2. ALTURA DE LA COLUMNA ERUPTIVA
Se elaboraron un mapa de isopletras de pómez en base a 300 mediciones de máximos pómez. En el mapa de isopletras de pómez presenta dos ejes de dispersión. La primera tiene una dirección al SO (sotavento), se extiende hasta los 33 km del cráter, en la isopletra de 3 cm. Luego se tiene un cambio al oeste (sotavento) a partir de la isopletra de 2 cm hasta la isopletra de 0.1 cm (100 km).

También se elaboró un mapa de isopletras de líticos en base a 247 puntos de control, con eje de dispersión al SO hasta los 100 km del volcán Huaynaputina, similar a las isopletras de pómez.

El método de Carey y Sparks se basa en dos parámetros, uno es la mitad de la distancia perpendicular al viento y a la distancia máxima en la dirección del eje mayor de dispersión, para inferir alturas de columna entre 7 y 43 km. Para la aplicación de este modelo, utilizamos la información del mapa de isopletras de líticos de 1, 2, 3 y 5 cm porque son los datos más aproximados con el que se cuenta. Calculándose así una altura máxima de 37.3 km y altura mínima de 33.5 km con una velocidad de viento entre 10 y 20 m/s (figura 5).

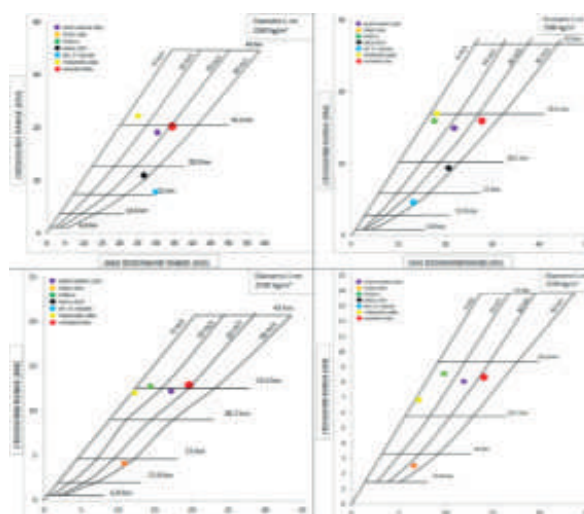
Figura 5. Rango de viento cruzado (xw = cross-wind) contra el rango de sotavento máximo (dw =down-wind) para clastos líticos de diámetro de 1, 2, 3 y 5 cm de diferentes erupciones, comparados con los datos de este trabajo. Las líneas diagonales representan la velocidad del paleoviento (m/s).

5.3. INDICE DE EXPLOSIVIDAD VOLCÁNICA (VIE) Y TIPO DE ERUPCIÓN

El volumen estimado del depósito de caída pliniana entre 8.60 a 9.93 km³, adicionando el volumen de los 4 depósitos restantes, según Thouret (2002) unidad 2 (0.2 – 0.25 km³), unidad 3 (3.0506 – 3.8106 km³), unidad 4 (0.15 – 0.25 km³), unidad 5 (0.15 – 0.2), y la altura de la columna eruptiva estimada para la erupción que emplazó dicho depósito es de 31.70 a 33.97 km aproximadamente, y 19 horas de duración (Thouret et al., 2002) el VEI de la erupción habría sido aproximadamente 6.

6. CONCLUSIONES

- El depósito de caída de pómez muestra de cinco a seis capas. en la base está conformada por una capa fina de lapilli con gradación inversa, en el segundo nivel la pómez aumentan de tamaño al igual que los líticos. La tercera capa las pómez son más grandes pero los líticos disminuyen en cantidad. En la cuarta capa la pómez disminuyen de tamaño y los líticos son escasos. La quinta capa contiene cenizas gruesas con cristales libres y muy escasos líticos. En las secciones proximales hay la presencia de un nivel delgado que representa la última fase de la caída pliniana (unidad1).



En base al mapa de isopacas elaborado a partir de 676 puntos de control se aplicó el método de Pyle (1989), el volumen estimado para el depósito de caída pliniana es 8.60 a 9.93 km³, cubriendo un área total de 128.072 km². Este volumen es mayor entre 10 a 25% de las publicaciones anteriores (J. Davila., 1998; Thouret et al., 2002)

- A partir de datos de los mapas de isopletras (pómez y líticos) y utilizando el modelo de Carey and Sparks (1986), estimamos que la altura de la columna eruptiva alcanzó de 35 ± 2 km on una velocidad de viento entre 10 a 20 m/s, un valor similar a las estimaciones preexistentes (J. Davila., 1998; Adams et al., 2001; Thouret et al., 2002).

7. REFERENCIAS

Adams, N.K., de Silva, S., Self, S., Salas, G., Schubring, S., Permenter, J.L., Arbesman, K., 2001. The physical volcanology of the 1600 eruption of Huaynaputina, southern Peru.

Bull. Volcanol. 62, 493-518.

Davila, J. (1998) - Estudio Tefro – Estratigráfico de los depósitos Pirobalísticas de la Erupción de 1600 d.C. Lima. 180 h. (Tesis de Ingeniero) – Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

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.

Walker, G. (1971). Grain-size characteristics of pyroclastic deposits. J. Geol. 79, p. 696-714.

Carey, S. & Sparks, R. (1986). Quantitative models of the fallout and dispersal of tephra from volcanic eruptions columns. Bulletin of Volcanology, v. 48. p. 109-126.

Pyle, D. (1995). "Assessment of the minimum volume of tephra fall deposits" Journal of Volcanology and Geothermal Research, v. 69, p. 379-382.

Bonadonna C. and Houghton B.F (2005) "Total grain-size distribution and volume of tephra-fall deposit. Bull Volcano 67: 441 – 456.

Bonadonna C. and Costa A. (2012) "Estimating the volume of tephra deposit: A new simple strategy. Geological Society of America p. 415-418.