

## CARACTERÍSTICAS DE LA ERUPCIÓN PLINIANA DE ~15,000 AÑOS DEL VOLCÁN MISTI: DEPÓSITO "AUTOPISTA"

Lourdes Cacya, Jersy Mariño & Marco Rivera

INGEMMET, Av Canadá 1470, San Borja-Lima, lcacya@ingemmet.gob.pe

### INTRODUCCIÓN

El Misti es el tercer volcán más peligroso del mundo y el primero del Perú, por su esporádica manifestación fumarólica, haber presentado actividad durante el Holoceno y tener más de 1 millón personas habitando en su área de influencia. Actualmente se encuentra en estado de reposo, sin embargo, durante el Pleistoceno (entre 800,000 y 50,000 años) ha presentado principalmente actividad efusiva; y desde hace 34,000 años se han registrado como mínimo treinta eventos explosivos de mediana y baja magnitud con columnas eruptivas superiores a 10 Km, como la registrada en el siglo XV (Navarro, 2000). El volcán Misti ocupa un área de 200 Km<sup>2</sup>, alcanza una altitud de 5800 msnm y su cráter está a tan solo 18 km del centro de la ciudad de Arequipa.

La "Autopista" es el nombre asignado al depósito de caída que emplazó el volcán Misti durante el evento explosivo ocurrido hace aproximadamente 15,000 años, edad inferida en base a evidencias tefroestratigráficas de campo y dataciones radiométricas (Thouret et al., 2001). Este depósito aflora alrededor del volcán Misti hasta más de 24 Km al oeste del cráter en donde mide 18 cm de espesor.

El objetivo del presente trabajo es presentar las características del depósito de tefras (dispersión y volumen de este depósito) en base a los estudios sedimentológicos, petrográficos, y su relación espacial respecto a un evento similar próximo que podría afectar la ciudad de Arequipa.

### GEOLOGÍA

El volcán Misti está formado por dos edificios: Estratovolcán que contiene depósitos del grupo Misti 1 de edad Pleistoceno inferior a media (833000 < 112,000 años) y Estratocono ocurrido entre 112,000 a 11,000 años, que incluye depósitos del Misti 2, Misti 3 y Misti 4. Estos dos edificios han sido edificadas por encima de una serie de ignimbritas y rocas volcanoclásticas del Plio-pleistoceno agrupados como depósitos "Pre-Misti" (Thouret et al., 2001).

El depósito "Autopista" forma parte del grupo Misti 4 constituido de una secuencia de tefras y flujos piroclásticos. Posterior a esta secuencia piroclástica se tienen depósitos de lahares que se observan en las principales quebradas que drenan del volcán y que han sido datadas por el método C14 entre 500 y 100 años por INGEMMET en el 2005 (publicación en proceso).

Ninguno de los depósitos de tefras de la Autopista son visibles en planta, ya que solo afloran en las paredes de las quebradas y están cubiertos por mas de 10 depósitos de caída de tefras, por este motivo que los depósitos están representados en el mapa geológico por líneas de igual espesor (isópacas). Debido a la variación del espesor de los depósitos respecto a la distancia desde el cráter se ha considerado 3 facies de distribución; facie proximal que comprende desde el cráter hasta 12 Km, facie medial entre 12 y 30 Km y la facie distal superior a 30 Km del cráter.

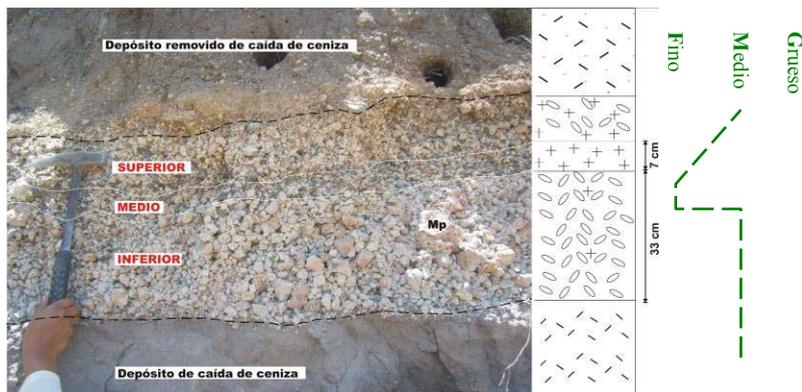
### ESTRATIGRAFÍA Y PETROGRAFÍA

El depósito "Autopista" tiene un espesor máximo de 1.2 m en la facie proximal y se reduce gradualmente a 18 cm con respecto a la facie medial. La facie distal no ha sido posible estudiar debido a que no se han encontrado afloramientos debido a que estos han sido erosionada por efectos atmosféricos. Este depósito muestra tres capas diferentes que lo hacen reconocible en el campo; la variación particular en la concentración de estos componentes es una característica exclusiva de este depósito que conserva tanto en zonas proximales y mediales.

Autopista inferior: es muy pobre en líticos (4%), en general su color es blanquecino, las pómez están en aproximadamente (96%) son de grano grueso que pueden medir hasta 5 cm. y con distribución granulométrica homogénea.

Autopista media: es de color gris oscuro debido al elevado contenido de líticos (57%), encontrándose aquí los líticos de máximo tamaño (ML). Las pómez son escasas y las que están presentes solo alcanzan tamaños milimétricos.

Autopista superior: Presenta un color gris claro debido a un incremento en el contenido de líticos respecto al nivel inferior; la disposición de los pómez es granocreciente.



**Fig. 1.** El depósito de caída "Autopista" en la facie proximal y sus niveles inferior, medio y superior. Tomada al suroeste a 5.5 Km del cráter.

Los minerales presentes en las pómez son plagioclasa, anfíbol, piroxenos y opacos. Los minerales están bastante dispersos en la pasta vítrea. La mayoría de las plagioclasa son subhedral a euhedral a veces presentan inclusiones vítreas y algunas están zonadas; los anfíboles están presentes en 8%, y miden 1.2 mm, también hay piroxenos anhedral a subhedral que miden menos de 0.2 mm; las biotitas son raras y grandes (0.7 mm), están fracturadas y alteradas; los óxidos de Hierro y Titanio están presentes como opacos.

Los análisis geoquímicos de elementos mayores de tefras muestran que el depósito de caída "Autopista" es de composición andesítica, perteneciente a la serie calco-alcalina. Este mismo tipo de análisis se realizó para las tefras emitidos por el Misti en los últimos 30,000 años notándose que el contenido de sílice se ha venido reduciendo por lo que se tiene desde riolitas, dacitas y andesitas.

## COMPONENTES DEL DEPÓSITO

Se distinguen tres tipos de componentes litológicos:

**a) Pómez:** predominan los de color blanquecino pero también hay algunos colorados y algo rojizos que están fracturados y siempre son las más grandes, a diferencia de los primeros que están enteros,

**b) Líticos:** se distinguen dos tipos: cogenéticos y accesorios. Los primeros corresponden a fragmentos lávicos formados por el mismo magma que produjo las pómez, son de color y algunas veces translucidos. Los líticos accesorios son los fragmentos de rocas lávicas, intrusivas, sedimentarias y metamórficas que formaron parte del basamento y del estratovolcán Misti, habiendo sido arrancados del conducto durante la erupción; muchos de ellos son frescos pero varios están alterados hidrotermalmente.

**c) Cristales:** son granos libres que sólo pueden ser diferenciados en la fracción de 0.6 mm con ayuda de un microscopio binocular, donde se distinguen anfíboles, plagioclasas y pedazos de vidrio. Las plagioclasas están como granos blanquecinos transparentes, se diferencian de los vidrios por ser subhedral a euhedral. Esporádicamente se ha encontrado biotita. Los anfíboles son negros, alargados, muchas veces están incompletos y a pesar de ello es fácil reconocerlos por su brillo y forma.

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

El análisis ha sido realizado en base a quince muestras de menos de 1.5 kg cada una, ocho ubicadas en el la facie proximal y siete en la medial. Hay que resaltar que en la facie distal esta ausente debido a la

erosión). Se tamizaron en una columna de 19 mallas desde un diámetro de 38 mm (-5.25 $\phi$ ) hasta 0.07 mm (3.8 $\phi$ ). Las unidades phi son calculadas con la fórmula – Log (malla en mm).

Los histogramas muestran una disposición unimodal en los tres niveles de cada afloramiento. Esto indica que solo hubo un mecanismo de emplazamiento que es el de caída.

Las curvas acumulativas permiten determinar los parámetros estadísticos de distribución (mediana, promedio gráfico y desviación estándar gráfica), con los cuales se evalúan las características de generación y emplazamiento del depósito.

La distribución de la mediana (Md) en la facie proximal varía de -1.5 a -3.25 phi, en la facie medial su valor va de -1.0 a -1.5 phi. Se nota una mejora de la selección de los depósitos de caída en la facie medial, esto se explica debido a la influencia seleccionadora del viento, a medida que se alejan del volcán.

El promedio gráfico (Mz) representa una eficiencia con el método de los momentos de 88%. La distribución del tamaño de grano promedio (Mz) del depósito, varía de -1.6 a -3.3  $\phi$  en la facies proximal y de -1.1 a -1.7  $\phi$  en la facie medial.

La desviación estándar ( $\sigma\phi$ ) en las facies proximal y medial varía, entre 1 y 1.6, lo que indica una selección moderada y que los fragmentos no recorrieron mucha distancia (solo lo suficiente como para ser seleccionados).

## CONTEO LITOLÓGICO

Para el conteo de componentes se seleccionaron las fracciones 6.4, 2.8 y 0.6 mm de cada muestra y se procedió a la separación de los componentes previo cuarteo de la muestra hasta obtener un aproximado de 400 granos. El conteo de las fracciones 6.4 y 2.8 mm se realizó en forma manual, pero los de 0.6 mm con ayuda del microscopio binocular.

## VARIACIÓN DE LOS COMPONENTES LITOLÓGICOS EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE GRANO

En las **mallas 6.4 y 2.8 mm** tanto en las facies proximal y medial el contenido de pómez es alto presentando un máximo porcentaje en el nivel inferior (95%). Este valor decrece notablemente en el nivel medio (47%) y en el superior vuelve a elevarse a 84%. Entonces los líticos son muy escasos en el nivel inferior (3%), llegando a su máximo porcentaje en el nivel medio (53%) y se reduce en el nivel superior (13%). En todos los casos y para los tres niveles los líticos alterados son mínimos, pues en el nivel medio no superan el 3%.

**En la malla 0.6 mm** para la facie proximal el porcentaje de pómez varía del nivel inferior al superior como sigue 31%, 11% y 8%. En la facie medial tiene la misma tendencia con valores de 30%, 17% y 12%. En esta malla el porcentaje de cristales adquiere importancia, ya en la facie medial varía como sigue 58%, 51% y 53%. Los líticos accidentales aumenta del nivel inferior al nivel superior de 2 a 10% en la facie proximal, y de 7 a 12% en la facie medial.

Los líticos están casi ausentes en el nivel inferior, se incrementan considerablemente en el nivel medio y disminuye ligeramente en el nivel superior; por lo tanto podemos deducir que la dinámica eruptiva fue variable, tuvo dos fases tornándose altamente explosiva a casi la mitad de su proceso que luego fue reducido en un 50% y se mantuvo elevado durante la segunda parte del evento.

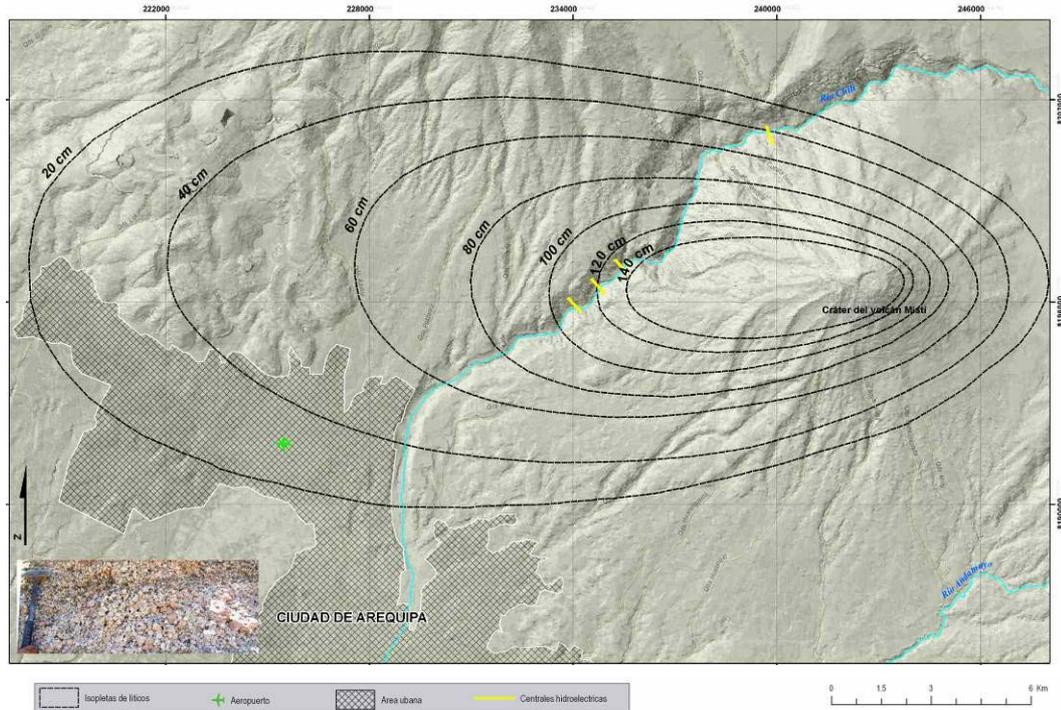
## DISTRIBUCIÓN

El depósito “Autopista” se emplazó cubriendo uniformemente la topografía, acumulándose tanto en las depresiones como en las partes altas. A pesar de la dinámica eruptiva variable, la selección es buena ya que la fricción del aire junto con la fuerza de la gravedad actúan como un tamiz natural. La granulometría y la dispersión también dependieron de las condiciones climáticas y de los vientos que influyeron sobre la forma de la columna eruptiva.

La forma elíptica de las isópacas permite inferir una orientación predominante del paleoviento hacia el oeste durante toda la erupción; el eje de las isópacas muestra una ligera diferencia respecto al eje de la

isopletras, ya que estas están a 8° hacia el sur, siendo el eje de la isopletra de líticos el que se aleja más; esto se debe a la baja densidad de las pómez que obedecían la influencia del viento.

En el barlovento (parte del lóbulo mayor) la isópaca de 1.4 m pasa a 7.20 km. del cráter, la de 1 m a 9.5 Km., la de 80 cm a 12 Km., la de 40 cm a 20.5 km, y la de 20 cm a 25 km, pasan por los centros poblados de Zamácola, Cerro Colorado, Alto Selva Alegre y Cayma.

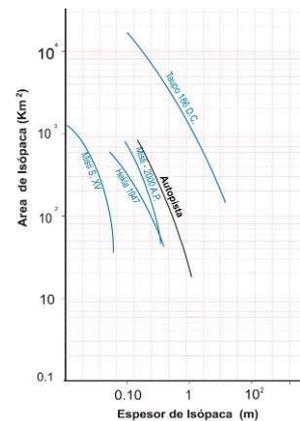


**Fig. 2.** Mapa de isópacas del depósito de caída Autopista. Indica la variación del espesor del depósito con la distancia. Aún no se ha encontrado afloramientos del depósito “Autopista” menores a 18 cm en áreas lejanas al Misti.

### VOLUMEN Y CONCLUSIONES

De acuerdo a las estimaciones de área de las isópacas en el Software GIS y espesores constante de 20 cm. para cada una, se ha calculado un volumen mínimo aproximado de 0.16 Km<sup>3</sup> de material emplazado, en esta erupción. Este dato es llevado a la tablas de Índice Explosividad Volcánica (VEI) adaptada de Newhall y Self (1982), la misma que indica una erupción explosiva con altura de columna eruptiva de 10 a 20 Km, e inyección grande a la tropósfera; esto es confirmado por el diagrama de Hildreth & Drake (1992) donde el depósito “Autopista”, fue emplazado por un evento explosivo que tuvo una magnitud superior al ocurrido hace 2000 años y al del siglo XV del Misti (Figura 3); este último género una columna eruptiva no menor a 20 Km.

**Fig. 3.** Diagrama de Hildreth & Drake (1992), donde se muestra que la erupción que emplazó la “Autopista” tiene una dispersión intermedia.



### REFERENCIAS

Thouret, J.C., Finósla, A., Fornari, M., Suni, J., Legeley-Padovani, A. & Frechen, M. (2001). Geology of el Misti Volcano near the city of Arequipa, Peru.  
 Navarro, P. (2000). Cartografía geológica, historia eruptiva y evaluación de las amenazas volcánicas del estrato-volcán Misti. Tesis de Ingeniero Geólogo, 125 pp. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa.  
 Newhall C.G., Self S (1982). The volcanic explosivity index (VEI): An estimate of explosive magnitude for historical volcanism. *Jornal Research*. V. 87, p. 1237 – 1238.  
 Hildreth, W.; Drake, R.E. 1992. Volcán Quizapu, Chilean Andes. *Bulletin of Volcanology*, Vol. 54, p. 93-125