

Fenomenología de las principales avalanchas de escombros en el Complejo Volcánico Sillapaca, Santa Lucía, Puno-Perú

Julio Lara ¹, Juan Gómez¹, Juan Sánchez², Ricardo Saucedo³

¹ Instituto Geofísico del Perú, Perú (jlara@igp.gob.pe)

² Instituto Politécnico-UNAM, México (sanchez0120@gmail.com)

³ Instituto de Geología de la Universidad Autónoma de San Luis de Potosí, México (rgiron@uaslp.mx)

1. Introducción

Los procesos destructivos durante la evolución geológica de un volcán pueden originar avalanchas de escombros y lahares. Una avalancha de escombros se forma durante el colapso gravitacional lateral a gran escala de un sector de un edificio volcánico (Ui *et al.*, 2000). Evidencias de estos colapsos, son los depósitos de avalanchas de escombros (DAE) y una morfología típica que incluye un anfiteatro y una serie de *hummocks* o montículos (Ui *et al.*, 2000). Se cartografiaron los depósitos de avalanchas de escombros observados en los sectores Puncune, Laripata y Quimsachata, ubicados a 7 km al este, 11 km al sureste y 10 km al sureste de la localidad de Santa Lucía (Puno), respectivamente. La distribución espacial y las características granulométricas sugieren que la fenomenología de estos eventos extremos es la misma, es decir, son singenéticas. Por tanto, conocer las condiciones (inyección de magma y paleosismos) que desencadenaron la ocurrencia de las avalanchas de escombros mencionadas, permitirá entender la evolución geológica de la zona y la configuración morfológica actual, así como también documentar paleoeventos geológicos extremos, con enfoque a la gestión de riesgo de desastres.

2. Depósitos de avalanchas de escombros (DAE) en el Complejo Volcánico de Sillapaca

En la zona de estudio, localizada en el extremo sureste de la localidad de Santa Lucía (Lampa, Perú), se cartografiaron y delimitaron tres DAE singenéticos, en los sectores Puncune, Laripata y Quimsachata, así como las zonas de arranque o fuente de dichos depósitos, Figura 1.

Según Gamonal *et al.* (2014) y el presente trabajo, dichos DAE presentan facies de bloques, mixta y de matriz.

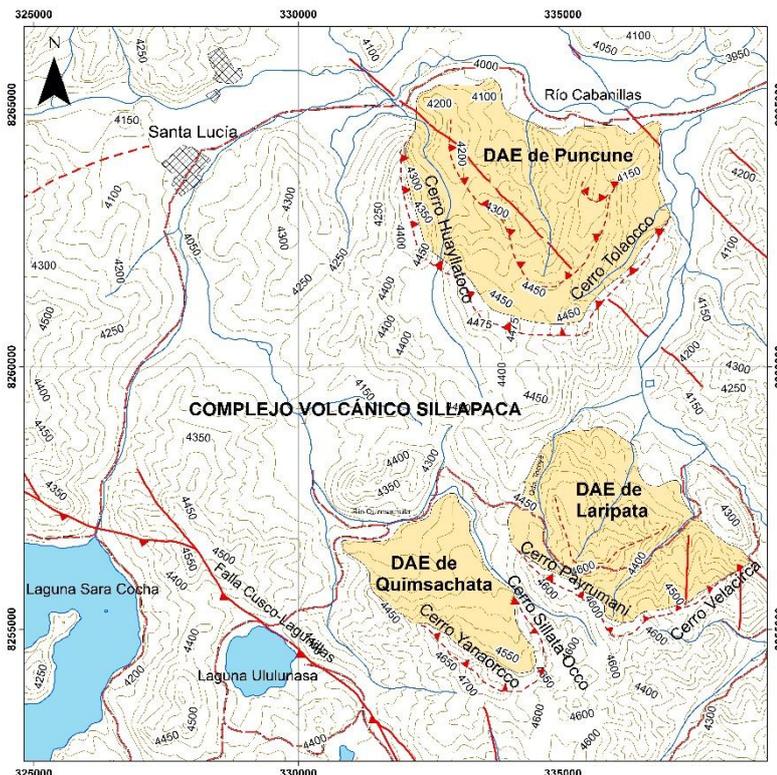


Figura 1: Depósitos de avalanchas de escombros en los sectores Puncune, Laripata y Quimsachata que cubren un área de 14 km², 10 km² y 6 km², respectivamente

2.1. Depósito de avalanchas de escombros de Puncune

El DAE de Puncune incluye 15 *hummocks* bien definidos de hasta 40 m de altura. Se considera que dicho depósito se derivó del anfiteatro observado en los flancos oriental y occidental de los cerros Huayllatoco y Tolaocco, respectivamente, ya que se observa una cicatriz con forma de herradura abierta hacia el norte (Foto 1). Este depósito presenta clastos de andesitas porfíricas y basaltos como componentes principales, así como, megaclastos (Palmer *et al.*, 1991) de hasta 4 m de diámetro, estos presentan fracturamiento conocido como *rompecabezas* (Siebert, 1984), cuya forma original puede aún reconstruirse por no haberse disgregado la mayoría de sus fragmentos, debido al transporte de un flujo denso.



Foto 1: Vista panorámica de un segmento del anfiteatro, en el flanco oriental del Cerro Huayllatoco. Se aprecia el DAE de Puncune

En base al contenido de matriz y a su distribución espacial, desde la zona fuente, se identificaron dos facies: facie mixta (45%) y facie de matriz (75%). La facie mixta observada corresponde a clastos de basalto inmersos en una matriz areno-limosa de grano medio, con presencia de algunos megaclastos que presentan estructura en "rompe-cabezas". La facie de matriz presenta clastos de andesitas porfíricas en una matriz arenosa de grano fino (Foto 2). Los paleosismos en algunas de las fallas del Sistema Cusco-Lagunillas ubicadas en la cabecera de la avalancha de escombros, pudieron haber generado dicho evento. Para estimar el volumen del DAE de Puncune (Cuadro 1), se calculó el área de dicho depósito, complementándose el cartografiado geológico con fotointerpretación de imágenes satelitales, para luego obtener un mínimo de 14 km². Se determinó un espesor promedio de 50 m observado en el sector Puncune. Para determinar el volumen de los *hummocks* se utilizó la fórmula del volumen para elipsoide: $V=4/3\pi R1 * R2 * R3$ (Roldán *et al.*, 2011), en cada uno, obteniendo un valor de 0.2 km³. De esta manera se obtuvo un volumen estimado de 0.9 km³ para todo el depósito de avalancha de escombros (Cuadro 1).



Foto 2: Facie de matriz y mixta, en esta última se observan megaclastos (líneas punteadas amarillas) que presentan estructura en rompecabezas.

Cuadro 1: Cálculo de los volúmenes de los DAE en los sectores Puncune, Laripata y Quimsachata

Volumen total de hummocks		Volumen con espesor promedio del DAE			Volumen total del DAE
DAE	V (a) (km ³)	Área (b)	Espesor (c)	V (km ³)	V (km ³)
Puncune	0.2	14 km ²	50 m	0.7	0.9
Laripata	0.1	10 km ²	45 m	0.45	0.55
Quimsachata	0.05	6 km ²	115 m	0.69	0.74

(a) Fórmula del volumen para elipsoide utilizada en hummocks: $V=4/3\pi R1 * R2 * R3$, siendo R=radio medido en metros (b) Área total que cubre el depósito de avalancha incluyendo hummocks, (c) Espesor promedio del depósito de avalancha. Fuente: Roldán *et al* (2011)

2.2. Depósito de avalanchas de escombros de Laripata

El DAE de Laripata aflora a 11 km al sureste de la localidad de Santa Lucía. Incluye 12 *hummocks* bien definidos de hasta 50 m de altura. Este depósito se derivó del anfiteatro observado en los flancos oriental y occidental de los cerros Payrumani y Velacirca, respectivamente, ya que se observa un anfiteatro con forma de herradura abierta hacia el norte (Foto 3).

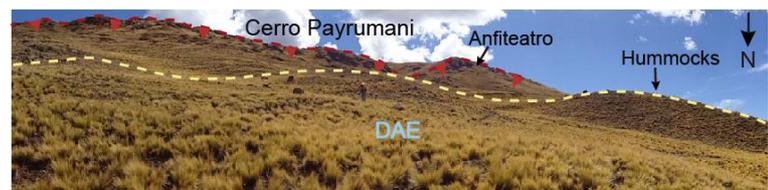


Foto 3: Vista panorámica de un segmento del anfiteatro en el flanco oriental del Cerro Payrumani, y en el frente, una porción de un hummock proximal al anfiteatro que conforma el DAE de Laripata

El DAE de Laripata presenta clastos de dacitas porfíricas como único componente, además de megaclastos de hasta 6 m de diámetro. Dichos megaclastos generalmente muestran estructura en rompecabezas. En general, la matriz es escasa (10%) y en las zonas cercanas al anfiteatro (1 km) está soportado por megaclastos, por lo que el depósito de avalancha de escombros presenta facie de bloques. En la parte sur de la avalancha de escombros, la inyección de magma alimentó un domo de composición dacítica porfírica que generó la desestabilización del edificio volcánico, por crecimiento y sobrepresurización en el domo, generando probablemente dicho evento. Para estimar el volumen del DAE (Cuadro 1), se realizó el mismo procedimiento para determinar el volumen del depósito anterior.

2.3. Depósito de avalanchas de escombros de Quimsachata

El DAE de Quimsachata aflora a 10 km al sureste de la localidad de Santa Lucía. Incluye 10 *hummocks* bien definidos de hasta 125 m de altura. Se considera que este DAE se derivó del anfiteatro observado en el flanco oriental y occidental de los cerros Yanaorcco y Sillata Occo, respectivamente, Foto 4.



Foto 4: Vista panorámica del anfiteatro en el flanco oriental del Cerro Yanaorcco, así como los hummocks pertenecientes al DAE de Quimsachata

El DAE de Quimsachata presenta clastos de calizas, areniscas, lavas e ignimbritas como componentes, así como megaclastos de hasta 2 m de diámetro, que muestran fracturas en *rompecabezas* (Foto 5). El DAE presenta 45% de matriz, por lo que el DAE presenta facie mixta. La reactivación en algunas de las fallas del Sistema Cusco-Lagunillas ubicadas en la parte sur de la avalancha de escombros, pudo haber generado dicho evento. Para estimar el volumen del DAE de Quimsachata, Cuadro 1, se realizó el mismo procedimiento para determinar el volumen de los depósitos anteriores.

3. Conclusiones

- Se cartografiaron y delimitaron 3 DAE en los sectores Puncune, Laripata y Quimsachata que se emplazaron hasta una distancia de 5 km, 4 km y 4 km desde la zona fuente, respectivamente.
- Se definen tres facies en los DAE: facie de bloques, con megaclastos de hasta 6 m de diámetro (Laripata); facie mixta, con *hummocks* compuestos por megaclastos envueltos en matriz arenosa (Quimsachata); y facie de matriz, con megaclastos menores a 4 m de diámetro (Puncune).
- Las características granulométricas y la distribución espacial de los DAE sugieren que las avalanchas son singenéticas, es decir, se originaron al mismo tiempo. Las causas de dichos eventos fueron la combinación de tres factores: 1) inyección de magma que alimentó un domo de composición dacítica porfiritica (sector Laripata), 2) desestabilización del edificio por crecimiento y sobrepresurización en el domo, 3) paleosismos en algunas de las fallas del Sistema Cusco-Lagunillas (sectores Puncune y Quimsachata).

Referencias

- Gamonal, A., Gómez, J., Sánchez, J. & Macías, J. 2014. Evidencias de depósitos de avalanchas de escombros en el Complejo Volcánico Sillapaca, región Puno, Perú. Congreso Peruano de Geología (en edición).
- Palmer, B., Alloway, B. & Neall, V. 1991. Volcanic-debris-avalanche deposits in New Zealand-lithofacies organization in unconfined wet avalanche flows. *In: Sedimentation in Volcanic Setting*; Fisher, R.V. & Smith, G.A. (eds.), p.89-98.
- Roldán, J., Aguirre, G. & Rodríguez, J. 2011. Depósito de avalancha de escombros del volcán Temascalcingo en el graben de Acambay, Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 28(1), p. 118-131.
- Siebert, L. 1984. Large volcanic debris avalanches: Characteristics of source areas, deposits and associated eruptions: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v. 22, p. 163-197.
- Ui, T., Takarada, S. & Yoshimoto, M. 2000. Debris Avalanches. *In: Encyclopedia of Volcanoes*; Sigurdsson, H. (ed.), Academic Press, p. 617- 626.