



Análisis de la avalancha de detritos del volcán Lastarria, Andes Centrales: facies, parámetros físicos y dinámica

Jerson Páez^{*1}, Eduardo Campos¹ e Inés Rodríguez^{1,2}

(1) Facultad de Ingeniería y Ciencias Geológicas, Universidad Católica del Norte, Avenida Angamos 0610, Antofagasta, Chile

(2) Laboratoire Magmas et volcans, Université Blaise Pascal-CNRS-IRD, OPGC, 5 rue kessler 63038, Clermont Ferrand, France

*email de contacto: geo_jerson@hotmail.com

Resumen. El depósito de avalancha de detritos del volcán Lastarria tiene un área de 10,76 km² y alcanza una extensión de 7 km aproximadamente desde la cicatriz, que marca el origen del colapso hasta la parte más distal, la cicatriz se ubica al este del edificio volcánico. La avalancha está caracterizada por tener una matriz uniforme y de grano fino, esta compuesta por fragmentos derivados de la parte superior del edificio volcánico, constituyentes en: lavas basálticas, tobas cristalinas, escorias, brechas volcánicas y pómez. La velocidad máxima alcanzada por la avalancha se estima en 486.71 km/hr, en la parte central y una velocidad mínima de 266.03 km/hr, en el tramo más distal. Por su parte el coeficiente de fricción promedio, alcanzado para el depósito de detritos es de 0,175, indicando que las partículas corresponden a un flujo de detritos volcánicos. De acuerdo a las características morfoestructurales de los cerrillos, cordones, discontinuidades, la composición de los fragmentos y su ubicación espacial, se han podido definir 13 facies, dentro de la avalancha.

Palabras claves: Avalancha de detritos, volcán Lastarria, facies, parámetros físicos

1 Introducción

El Complejo Volcánico Lastarria (CVL) se ubica en la cordillera andina a 250 Km al SE de la ciudad de Antofagasta (25°10'S/68°31'W). Es un estratovolcán de composición andesítico – dacítico emplazado en el Cordón del Azufre, también conocido como Lazufre, el cual tiene una longitud de 35 Km (Naranjo, 2010).

El depósito de avalancha de detritos se distribuye exclusivamente en el flanco oriental del volcán. Tiene un área de 10,76 km² y alcanza una extensión de 7 km aproximadamente desde el origen del colapso hasta la parte más distal. La cicatriz desde donde se origina la avalancha se ubica en el flanco oriental del edificio volcánico desde la cumbre.

El objetivo de este estudio es identificar y caracterizar las distintas facies que conforman el depósito de avalancha, además de determinar la velocidad y el coeficiente de fricción y los parámetros físicos relacionados al proceso de desplazamiento.

2 Metodología

En terreno se identificaron las estructuras presentes en la avalancha, con la cual se reconocieron y caracterizaron las distintas facies, la cuales fueron cartografiadas en una imagen satelital a escala 1:10000.

Además, se realizó la digitalización de las facies y un modelamiento de las estructuras del depósito de avalancha de detritos. Para el cual se ocupó, la imagen georreferenciada y una imagen topográfica (DEM) en el software Arcgis 10.1 apoyado del software Google Earth, obteniendo como resultado, un mapa del área de estudio a escala 1:15000.

Se generaron perfiles topográficos en distintos sectores del área del estudio, realizados a través del programa Arcgis 10,1. A partir de los resultados obtenidos, se procesaron e interpretaron los parámetros físicos de velocidad y coeficiente de fricción.

3 Depósito de avalancha de detritos del volcán Lastarria

La avalancha de detritos está caracterizada por tener una matriz uniforme y de grano fino, esta compuesta por fragmentos volcánicos derivados de diversas partes del volcán. De los cuales tenemos: lavas basálticas, tobas cristalinas, escorias, brechas volcánicas y pómez.

Se han podido definir 13 facies, en el depósito de avalancha de detritos del volcán Lastarria (Figura 1), de acuerdo a las características morfológicas y estructurales. Las estructuras que se presentan a lo largo de la avalancha de detritos, tales como cerrillos (*hummocks*), cordones (*ridges*), albardones (*levées*), lóbulos y lineamientos o discontinuidades, corresponden a las encontradas típicamente en un depósito de avalancha de detritos (Ui, 1983). Estas facies fueron resumidas en la siguiente tabla (Tabla 1).

4 Parámetros físicos

Para la estimación de los parámetros físicos de velocidad y coeficiente de fricción, se utilizó la fórmula de Naranjo *et al* (1987), quien estima la velocidad mínima de flujo (v). Y la fórmula definida por U_i , 1983, quien estima el coeficiente de fricción $\Delta h/L$.

Para la velocidad del flujo de avalancha, se aplicó la fórmula: V mínima = $\sqrt{(2 \cdot g \cdot \Delta x)}$, donde g es la gravedad ($9,8 \text{ m/s}^2$) y Δx es la altura de sobreescurreamiento inferido del flujo en un obstáculo topográfico.

En el perfil AA', localizado en la parte norte de la avalancha, se obtuvo $x_1 = 5653 \text{ m}$, $x_2 = 4720 \text{ m}$, por lo que la velocidad estimada es de $V = 135,2 \text{ m/s}$ (Figura 2).

En el perfil BB', ubicado en la sector sur de la avalancha, se obtuvo que $x_1 = 5633 \text{ m}$, $x_2 = 4749 \text{ m}$ y una velocidad de $V = 131,6 \text{ m/s}$.

En el perfil CC', localizado en la parte distal de la avalancha, se obtuvo que $x_1 = 4720 \text{ m}$, $x_2 = 4441 \text{ m}$, y una velocidad de $V = 73,9 \text{ m/s}$.

Para la estimación del coeficiente de fricción se utilizó que $\Delta h/L$ (U_i , 1983), en el cual el coeficiente de fricción expresa la oposición al movimiento que ofrecen las superficies de dos cuerpos en contacto. Donde Δh es la diferencia entre la altura máxima del bloque colapsado y la mínima de la base del depósito final y L es la distancia recorrida por el flujo de avalancha desde su origen hasta el extremo del depósito.

Para el perfil 1-1' se obtuvo que $h_1 = 5653 \text{ m}$, $h_2 = 4441 \text{ m}$, $L = 6975,5 \text{ m}$. Por lo tanto el coeficiente de fricción es igual a 0,17.

Para el perfil 2-2' se obtuvo que $h_1 = 5633 \text{ m}$, $h_2 = 4749 \text{ m}$, $L = 4681 \text{ m}$. Por lo tanto el coeficiente de fricción es de 0,18 (Figura 3).

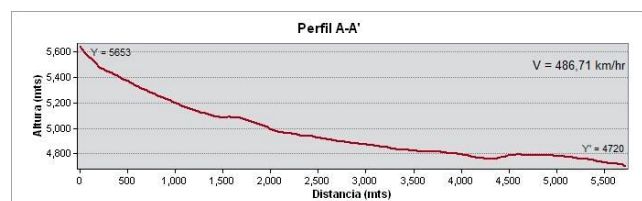


Figura 2. Perfil esquemático A-A' del cálculo de velocidad de flujo, localizado en la parte norte de la avalancha de detritos.

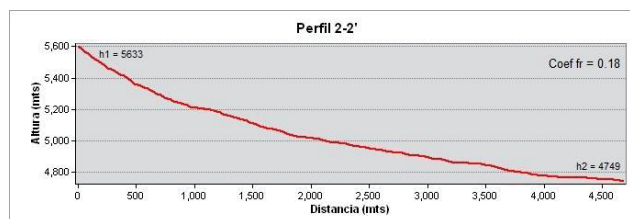


Figura 3. Perfil esquemático 2-2' del cálculo del coeficiente de fricción $\Delta h/L$, localizado en la parte sur de la avalancha de detritos.

5 Discusión y conclusión

Las características morfológicas de los cerrillos dependen del tamaño de los bloques, el tipo de sustrato y las fracturas originales. La altura y densidad de los cerrillos típicamente disminuyen al alejarse del volcán (U_i , 1983). Esta tendencia se ve observada en los cerrillos de la avalancha de detritos del volcán Lastarria.

Naranjo y Francis (1987) determinaron una alta movilidad, con una velocidad de emplazamiento de $\sim 80 \text{ m/s}$ para esta avalancha. Según esos autores, la alta movilidad del flujo se debió a que la masa colapsada tuvo, en su origen, naturaleza débil y sin cohesión, sin grandes bloques o capas de lava, sino que predominantemente depósitos de caída de piroclastos. Posteriormente, Zambrano (2008) recalculó la velocidad de emplazamiento de esta avalancha en $\sim 93 \text{ m/s}$. En este estudio, la velocidad máxima estimada fue de $135,2 \text{ m/s}$, medidos en la zona media de la avalancha.

En general, para transportes secos que se deslizan bajo circunstancias normales el coeficiente de fricción es 0,62 aproximadamente (U_i , 1983; Siebert, 1984). Sin embargo, para el caso de la avalancha de detritos del volcán Lastarria, el coeficiente de fricción varía de 0,17 y 0,18; esto implica movimiento relativo y libertad entre los clastos, indicando que la deformación interna ocurre en el flujo.

En el depósito de avalancha de detritos del volcán Lastarria se han reconocido 13 facies, en base a sus características morfológicas, estructurales, composición de los fragmentos y a su distribución.

La avalancha de detritos del volcán Lastarria alcanzó una extensión de 7 km aproximadamente desde su origen, tiene un área de $10,76 \text{ km}^2$ y la cicatriz se ubica al este del edificio volcánico. La avalancha tuvo una gran energía, capaz de sobrepasar y rodear un domo lávico, en las zonas distales de la avalancha. La velocidad máxima alcanzada por la avalancha es de $486,71 \text{ km/hr}$, tomada a lo largo de la parte central de la avalancha y una velocidad mínima de $266,03 \text{ km/hr}$, en el tramo más distal.

El coeficiente de fricción promedio, alcanzado para el depósito de detritos de 0,175. Este valor indica que las partículas pertenecen a un flujo de detritos volcánicos.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el departamento de Ciencias Geológicas de la Universidad Católica del Norte. Mis agradecimientos a Eduardo Campos e Inés Rodríguez de la Universidad Católica del Norte, por el apoyo y conocimientos recibidos en este proyecto. También se agradece la colaboración en terreno de Andrés Mestre y Carla Bacigalupo.

Referencias

Naranjo J, (2010). Geología del complejo volcánico Lastarria, Región de Antofagasta. Carta geológica de Chile. Escala 1:25.000. No 123.

Naranjo J, Francis P, (1987). High velocity debris avalanche at Lastarria volcano in the north Chilean Andes. *Bull Volcanol* (1987) 49: 509 - 514.

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. (1983). Volcanic dry avalanche deposits identification and comparison with non-volcanic debris stream deposits. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 18, 135-150.

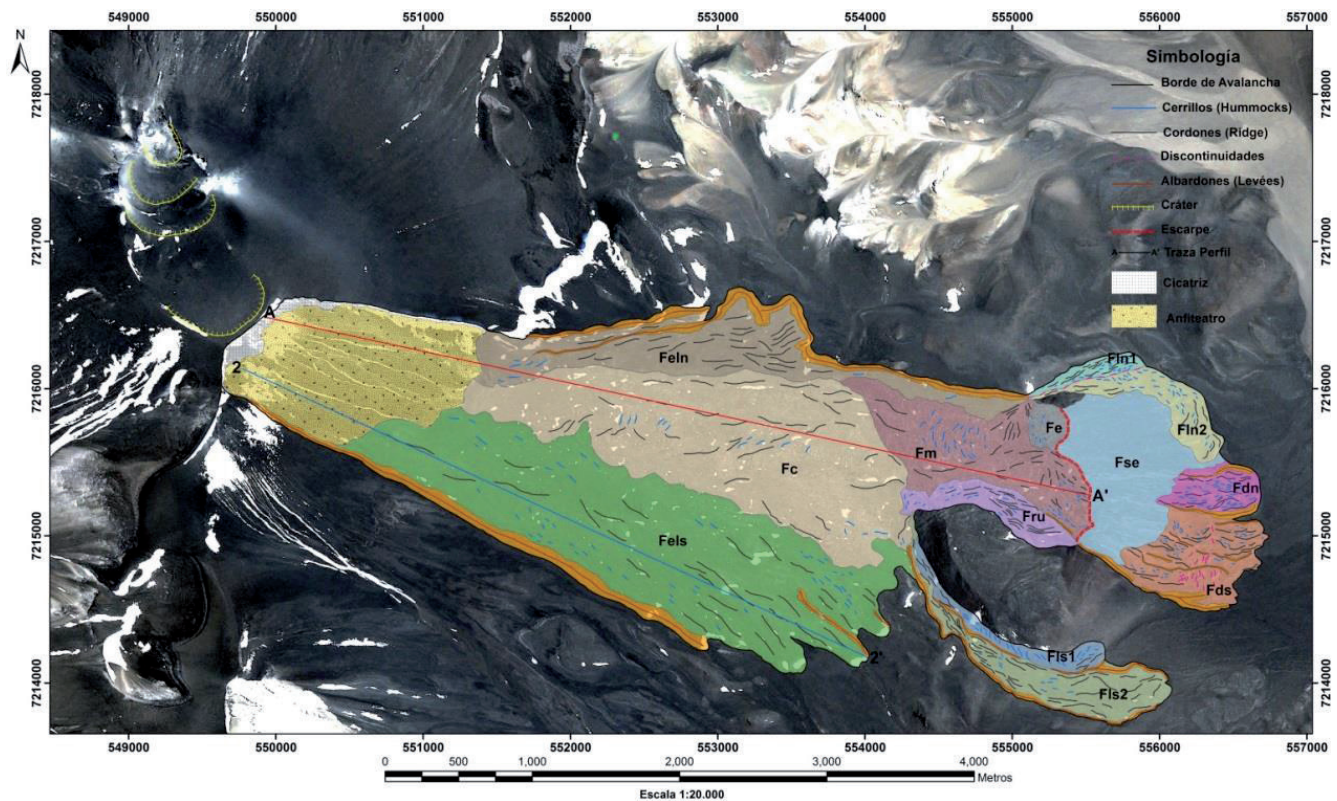


Figura 1. Mapa estructural y de facies de la avalancha de detritos del volcán Lastarria. Se muestra además, su cicatriz, anfiteatro, los distintos cráteres y las trazas de perfil.

Tabla 1. Tabla resumen que muestra las 13 facies identificadas en la avalancha de detritos del volcán Lastarria.

Facies	Ubicación (avalancha)	Área (km ²)	Extensión (km)	Características
Facies estructuras longitudinales norte (FeIn)	En el extremo norte, en la parte proximal.	0,84	3,7	Cordones longitudinales.
Facies estructuras longitudinales sur (Fels)	En el extremo sur, en la parte proximal.	2,64	3,68	Cordones longitudinales y cerrillos longitudinales.
Facies central (Fc)	En el centro, en la parte proximal.	2,16	3,41	Cordones longitudinales y cerrillos transversales.
Facies mixta (Fm)	En el centro, en la parte media.	0,74	1,5	Cordones en distintas direcciones y cerrillos transversales.
Facies rum-up (Fru)	En el centro y parte media.	0,22	1,23	Cordones longitudinales depositados sobre un domo volcánico.
Facies de escoria (Fe)	En el centro, en la parte distal.	0,06	0,26	Abundantes depósitos de escoria y estructuras aisladas de cerrillos transversales.
Facies lóbulo sur 1 (Fls1)	En el lóbulo sur, en la parte distal.	0,14	1,46	Cerrillos transversales.
Facies lóbulo sur 2 (Fls2)	En el lóbulo sur, en la parte distal.	0,37	2,19	Cerrillos, cordones y albardones longitudinales.
Facies lóbulo norte 1 (Fln1)	En el lóbulo norte, en la parte distal.	0,77	0,81	Cordones, cerrillos y discontinuidades longitudinales.
Facies lóbulo norte 2 (Fln2)	En el lóbulo norte, en la parte distal.	0,23	1,47	Cordones y cerrillos transversales.
Facies sin estructuras	En la zona central.	0,69	1,03	No presenta estructuras.
Facies distal norte (Fdn)	En el centro-norte, de la parte distal.	0,15	0,59	Cordones, cerrillos y albardones longitudinales.
Facies distal sur (Fds)	En el centro-sur, de la parte distal.	0,38	0,7	Cordones, cerrillos, albardones longitudinales y discontinuidades transversales.