

## Génesis y características de un nuevo flujo de detritos en Lo Valdés, Cajón del Maipo, Chile.

Genesis and characteristics of a new debris flow at Lo Valdés, Cajón del Maipo, Chile.

Jorge Romero Moyano<sup>1</sup>, Cárlos Pérez Rubio<sup>2</sup>

**Resumen:** A raíz de la ocurrencia de lluvias en altura durante el período estival del año 2011, los estratos Titonianos-Hauterivianos de lavas andesíticas de la Formación Lo Valdés, ubicada en la zona de homónima de Lo Valdés (Cajón del Maipo), fueron afectados por la ocurrencia de un flujo de detritos. Este rellenó una cárcava de erosión que había sido previamente identificada. Este flujo fue identificado y caracterizado en esta investigación. Las mediciones realizadas en terreno otorgan la posibilidad de describir las litofacies correspondientes a este depósito y las características morfológicas propias del mismo. El flujo alcanza un espesor aproximado de 1m y una longitud cercana a 400m ladera abajo.

**Palabras clave:** Flujo de detritos, litofacies, Formación Lo Valdés, lluvias estivales.

**Abstract:** With the occurrence of summer rainfalls in high mountain range during the summer of 2011 year, the Lo Valdés Formation Tithonian-Hauterivian andesitic lava flows layers, located at Lo Valdés (Cajón del Maipo), were affected by a debris flow. This flow covered a erosion carcave previously identified.

During the present study, the debris flow was identified and characterized. The Field measurements give us the possibility of describe it's lithofacies and morphological characteristics. The debris flow has a lenght of around 400m and 1m of thickness

**Keywords:** Debris flow, lithofacies, Lo Valdés Formation, Summer rainfalls.

### Introducción

Para la Cordillera de Retención Crinovial, los flujos de detritos son comunes y se producen principalmente durante el período estival o asociados a fenómenos meteorológicos que permiten su formación, ya sea la lluvia en altura o el derretimiento de nieves y glaciares. De esta forma el suelo inestable y seco de la alta montaña se vuelve vulnerable a la sobrehidratación, y sumándose a las fuertes pendientes y escasa vegetación produce movimientos en masa. Los flujos normalmente suelen ser corrientes líquido-sólidas (Varnes, 1978) que se mueven a velocidades similares a las de un fluido viscoso ladera abajo (Cruden & Varnes, 1996), produciendo depósitos ricos en clastos con gradación usualmente inversa (Mial, 1996). Particularmente en la Cordillera de los Andes se han registrado flujos de detritos históricos, siendo comunes en el área de estudio.

---

<sup>1</sup> Director GEOHIGGINS Taller de Geología, Museo Regional de Rancagua. Estado 685#, Rancagua.  
[jromero@geohiggins.com](mailto:jromero@geohiggins.com)

<sup>2</sup> Miembro GEOHIGGINS Taller de Geología, Museo Regional de Rancagua. Estado 685#, Rancagua.  
[cperez@geohiggins.com](mailto:cperez@geohiggins.com)

### Descripción de la zona estudiada

*Ubicación:* La zona de estudio se ubica al E de la ciudad de Santiago, en la Provincia de Cordillera (Región Metropolitana), en la localidad de Lo Valdés (Cajón del Maipo) cubriendo un área aproximada a los 0,18 km<sup>2</sup>, superficie que se distribuye desde la parte media del valle por donde existe un camino ripiado hacia las Termas de Colina, hasta los afloramientos rocosos de la Formación Lo Valdés, en un segmento de unos 600 metros de longitud de una pendiente media de 30-32 grados de inclinación

*Geología Local:* La geología local está caracterizada por presentar una típica y variada exposición de unidades geológicas características de la orogenia, en donde antiguos sedimentos son plegados, fallados exhumados y erosionados, mientras transcurren procesos volcánicos que aportan nuevos materiales y la destrucción de otros por acción exógena acumula grandes volúmenes de roca en las depresiones. A continuación se analizan las formaciones y depósitos existentes en la zona de estudio, de las más antiguas a más nuevas.

El sitio de estudio forma parte de la localidad tipo de la conocida Formación Lo Valdés (González, 1963), la cual corresponde a una secuencia de calizas, calcilitas, lutitas y areniscas calcáreas, conglomerados, brechas y lavas andesíticas (Hallam et al, 1986). Esta formación tiene una potencia total aproximada a 1350m. Se le ha asignado una edad Titoniano Medio a Inferior – Hauteriviano (Biro, 1964, Thiele 1980) a través del registro fósil, mientras que González (1963) considera una edad Titoniano Superior – Hauteriviano para esta formación. La Formación Lo Valdés entra en contacto concordante tanto en su base como el techo, con las formaciones Colimapu (suprayacente) y Río Damas (Infrayacente), según Thiele (1980).

También en el sector se identifican depósitos de origen fluvial, fluvio-glacial y aluvial. Estos conforman las actuales terrazas fluviales y depósitos aluviales, estando compuestos en su mayoría por rocas aportadas desde las vertientes a través de los diferentes procesos de transporte. Se encuentran rellenando los valles interiores y su edad es relativamente reciente (Thiele, 1980).

*Geomorfología Local:* La geomorfología del área de estudio está representada por modelados de acumulación y erosión. En el primer caso encontramos a las terrazas fluviales y a los abanicos aluviales (conos de deyección), mientras que en el segundo a los valles generados por acción glacial y por supuesto la cordillera de los andes.

Entre los modelados de acumulación encontramos a los conos de deyección o abanicos aluviales, que corresponden a acumulaciones cónicas de materiales producida principalmente por flujos gravitacionales masivos o de detritos. Suelen asociarse a una zona de ruptura importante de la pendiente (Arche, 1989). Además se pueden identificar terrazas fluviales, que se presentan como superficies planas inactivas ubicadas sobre el curso actual del río. En este caso especial se trataría de terrazas degradacionales (erosionan el lecho rocoso)

Los modelados de erosión están presentes en la existencia de valles fluvio-glaciares, los que se han formado inicialmente por la acción erosiva de las grandes masas de hielo durante periodos glaciares, mientras que en estadios actuales su crecimiento se debe esencialmente a la actividad fluvial y los movimientos en vertientes.

Por último, el cordón cordillerano en la zona de estudio se aprecia como el resultado de la orogenia andina, en donde los estratos de rocas se encuentran plegados y levantados, dando lugar a cuerpos esqueléticos en donde aflora la roca, que en numerosas instancias presentan formas angulosas y picos abruptos derivados de la continua erosión glacial y movimientos en masa.

### Flujos de Detritos (*Debris Flows*)

Los flujos de detritos corresponden a una masa de agua o popula arcillosa definida, donde las partículas son dispersadas en su interior y que se movilizan a velocidades de entre 0.5 y 200m/s, siendo capaces de recorrer distancias de 200m a 10km (Takahashi, 1985).

Según Hauser (1993) las pendientes iguales o superiores a 25°, la escasez de vegetación, hoyas compatibles con la posibilidad de producir la saturación de los detritos y rocas expuestas a un equilibrio límite son factores condicionantes para la generación de flujos de detritos, mientras que la lluvia sería un factor detonante. Varnes (1978) clasifica a los flujos de detritos como una forma de movimiento en masa rápido en donde el suelo suelto y materia orgánica diversa son mezclados con el aire atrapado en poros y agua, dando lugar a una corriente líquido-sólido que escurre pendiente abajo. Este mismo autor también propone algunas clasificaciones más específicas para cada tipo de flujo de detritos:

**Flujo de Barro (*Mudflow*):** Constituido al menos en un 50% de su peso por partículas tamaño arena, limo y arcilla, siendo muy húmedo y que escurre de forma rápida.

**Avalancha de detritos (*Debris Avalanche*):** Corresponde a un flujo de detritos rápido o muy rápido.

**Flujo de Tierra (*Earthflow*):** Movimiento de materiales de granulometría más fina o rocas con contenidos significativos en arcilla, secos o saturados.

**Torrente de Detritos:** Movimiento en masa que involucra a un flujo de agua cargado predominantemente por material inorgánico de granulometría gruesa y materia orgánica, muy rápido que se produce en cauces existentes confinados y de pendiente pronunciada.

**Lahares:** Corriente de barro o detritos que se origina en las laderas de un volcán como consecuencia de la remoción y acarreo de depósitos volcánicos producido por lluvias intensas, derretimiento brusco de nieve o hielo o vaciamiento súbito del agua debido a la ruptura de representamientos causados por glaciares, lagos-cráteres o lava de anteriores erupciones.

### Flujos históricos más representativos en el Cajón del Maipo

Uno de los flujos importantes y recientes ocurridos durante los últimos años tubo lugar en el año 2006 en el sector del "Derrumbe el Amarillo", un deslizamiento en masa activo de grandes proporciones que afecta a la parte superior de la montaña en donde existen alteraciones hidrotermales, las cuales por la inestabilidad del terreno y ante episodios pluviales o fuerte fusión de nieve, se desploman generando flujos de detritos. El evento del 02 de Julio de 2006 fue bien observado por Keller (2011, comunicación oral) alcanzando el torrente un ancho superior a 15 metros en algunos casos y con una altura de hasta 70cm, con el transporte de abundantes bloques angulosos de hasta 100kg flotantes en una matriz limo-arcillosa de coloración marrón clara. La velocidad de descenso de este flujo era cercana a 0.5 – 1m/seg. y se desarrolló a través de una profunda cárcava de unos 25 metros en su parte más profunda.

### Características del nuevo flujo de detritos en Lo Valdés

Según las observaciones realizadas en el terreno realizado el 26 de Febrero de 2011 en el área de estudios, se pudo apreciar un depósito de flujo de detritos con apariencia fresca (su antigüedad no sobrepasaría un mes, debido a la vegetación aún verde que se encontraba en la masa) y una longitud aproximada a unos 400 metros desde la fuente. Su coloración gris-verdosa sugiere, al igual que la trayectoria y un deslizamiento visible desde el camino, que este deslizamiento en el estrato sería el causante del aporte de los materiales necesarios para formar el flujo de detritos.

El principal factor desencadenante de este flujo habría sido la lluvia durante el verano, registrada en numerosas ocasiones de forma inesperada entre Enero y Febrero, debido al fenómeno de la Niña, predominante en este período.

Esta corriente densa de escombros se movilizó a través de una cárcava de erosión de profundidad media (entre 2-7 metros) que ya existía en el lugar y que se ubica a unos 100 metros al NE del refugio de Lo Valdés, la cual parece ser bastante reciente y no superar los 25 años de antigüedad, a raíz de diversas observaciones de terreno y comparación fotográfica realizada en 2004 por Pérez (2004, comunicación oral). Esta habría experimentado un crecimiento lateral de unos 4 metros en los últimos 7 años.

Este depósito se compone de gravas de tamaños gruesas y bloques de formas angulares a subangulares clasto-soportados insertos en una escasa matriz arcillosa correspondiente al 10-15% del volumen total, por lo que conforman una brecha sedimentaria. Los clastos son polimicticos (tienen composiciones variadas), todas relacionadas con la geología local, entre las que destacan principalmente andesitas, posiblemente indicando el estrato de procedencia del deslizamiento inicial.

En las nacientes del flujo se puede observar una selección muy mala, caracterizada por la mezcla de grandes bloques métricos angulosos y subangulosos generalmente en la parte superficial del depósito, mientras que en la zona terminal del flujo la selección es moderada a mala, con clastos angulosos y subangulosos de varios centímetros de diámetro. En general la gradación observada es inversa.

El espesor máximo observado es de 1m, mientras que en la zona terminal del flujo se reduce a solo unos 5-15cm, a una distancia de 400 metros desde la fuente. Su ancho promedio es cercano a 4.5 metros, pudiendo alcanzar hasta 6 metros en sus zonas más amplias. Aparentemente el frente del flujo habría sido removido por maquinaria posteriormente a su depositación, debido a que se ubicaba sobre el camino, por lo que este no es observable.

La morfología superficial del depósito está caracterizada por bordes claramente diferenciados a cada costado del escurrimiento, los cuales se presentan más altos y con abundante material clástico en bloques, dejando al centro una depresión en donde solo se depositan rocas de menores dimensiones. Esto se debería a que en los comienzos del flujo este transporta abundante material en bloques a una velocidad menor los que son orillados a causa de la corriente más rápida, con bloques de tamaños más reducidos y abundante en limo que viaja detrás del frente del flujo.



**Fig. 2;** Diferentes vistas del flujo de detritos. **A;** Espesor en la sección media del flujo, cercana a 1m y con gradación inversa. Escala martillo (óvalo) 40 cm. **B;** Máximo nivel alcanzado por el flujo en su descenso, cercano a 1m en la zona media del mismo. **C;** Morfología superficial de la zona media-terminal del flujo, caracterizada por bordes sobresalientes (flechas amarillas) abundantes en clastos y una depresión central (flecha blanca). **D;** Zona terminal del flujo, con una potencia de entre 5-15 cm. Escala del martillo = 30 cm.

## Conclusiones

Los flujos de detritos son eventos comunes y sorprendivos en la alta montaña, por lo cual se pueden observar a lo largo de toda la zona más alta del Cajón del Maipo. Los factores detonantes del flujo son principalmente climáticos, ya sea por episodios de lluvias en alta montaña o simplemente por el derretimiento de la nieve y hielo bajo las altas temperaturas. Sin embargo, pese a ser fenómenos comunes para este tipo de lugares, es importante estudiarlos y comprender cuales son las zonas más propensas a sufrirlos, debido a que, sitios turísticos como el Cajón del Maipo son altamente visitados y la repentina ocurrencia de estos fenómenos puede generar serios problemas e incluso pérdidas de vidas. Recordemos que a pesar de su aspecto viscoso, lento e inofensivo que poseen, transportan bloques métricos de roca y se solidifican con rapidez, por lo que constituyen un alto riesgo para quienes los aprecien.

Este depósito en particular es de especial interés puesto que el área históricamente ha sido muy visitada por geólogos, paleontólogos, ingenieros y geógrafos antes de este evento que rellenó uno de los caminos de subida a la Quebrada de los fósiles.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a don Werner Keller (POVI) por sus importantísimos aportes a este trabajo, ya que ha proporcionado material muy valioso para la comprensión del fenómeno.

## Bibliografía

Arche, A. (1989) Sedimentología, nuevas tendencias. Vol. I. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid.

González O. (1963) Observaciones geológicas en el Valle del río Volcán. Revista de minerales, N° 80, p. 20-61.

Hallam A., Biro Bagockzy L., Pérez E. (1986) Facies analysis of the Lo Valdés Formation (Thitonian – Hautervian) of the high cordillera of central Chile, and paleogeographic evolution of the Andean Basin. Geological Magazine, Vol. 123, N° 4, p. 425-435.

Hauser A. (1993) Remociones en masa en Chile. Servicio Nacional de Geología y Minería. Boletín N° 45. Santiago, Chile. 75p.

Iverson R. et al (1997) Debris flow mobilization from landslides. Annu. Rev. Planet. Sci. 25; 85-138.

Miall A. (1996) The geology of fluvial deposits. Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology. Springer eds. 528 p.

MOP (2004) Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca del río Maipo. Dirección General de Aguas.

Romero et al (2009) Geología del trecho superior del río Cachapoal, VI Región. Feria Científico-Tecnológica de la Universidad de Talca, Rancagua. 55 p.

Sepúlveda S., Rebolledo S., Lara M., Padilla C. (2006) Landslide hazards in Santiago de Chile: An Overview. The Geological Society of London, IAEG.115.

Takahashi T. (1991) Debris Flows. International Association for Hydraulic Research. AA.Rotterdam: Balkema, 165 p.

Thiele R. (1980) Hoja Santiago. Región Metropolitana. Carta Geológica de Chile. Escala 1:250.000. Instituto de Investigaciones Geológicas. N° 39, p. 1-51.

Varnes DJ. (1978) Slope movement types and processes. In landslides – Analysis and Control, Transportation Res. Board Special Rep. 176, ed. RL Shuster, RJ Krizek, pp 11-33.