

Con el tiempo y la distancia aguas abajo, pierden material sólido causando una pérdida progresiva de su capacidad de carga, y por tanto cambiando su comportamiento.

Finalmente se depositan en zonas donde pierden energía, cuando alcanzan una pendiente relativamente baja (llanuras) o en áreas de disminución de confinamiento como en abanicos aluviales y en la desembocadura de cañones (Vallance, 2005).

## AFECTACIÓN

Debido a que no es sencillo prever su ocurrencia y magnitud los lahares pueden ser muy peligrosos. Por su alta densidad pueden ser muy erosivos, transportando grandes bloques en suspensión (tamaños métricos). Adicionalmente, por las grandes velocidades con las que se mueven y la energía que poseen la probabilidad de sobrevivir a un impacto directo es mínima.

Por otra parte su impacto en estructuras es frecuentemente devastador. Pueden arrasar con todo lo que encuentren a su paso y provocar importantes daños, incluso en sitios muy alejados de sus fuentes donde en ocasiones no se anticipa su afectación (Fig. 4).

Durante la ocurrencia de lahares se debe evitar el tránsito por el fondo de las quebradas, las vertientes bajas de los valles y las vías que los atraviesan si es el caso.



Figura 4: Imágenes de la zona del balneario "El Salado" ubicado en el margen del río Vazcún, el 12 de febrero de 2005 a) minutos antes de la llegada del lahar al sitio (13h30), b) tránsito del lahar minutos después de la alerta y una rápida evacuación (13h42). Fotografía: Defensa Civil de Baños.

## MONITOREO DE LA AMENAZA

El monitoreo instrumental es una herramienta que permite reducir el riesgo. Tiene dos utilidades principales: 1) la emisión de alertas tempranas en caso de ocurrencia de un lahar, 2) la cuantificación de los parámetros del flujo (Andrade et al, 2006; Pierson et al, 2014).

El monitoreo de la ocurrencia de lahares se realiza mediante el uso de sensores sísmicos especializados, principalmente sensores de Banda Ancha (BB) y Acoustic Flow Monitor (AFM). Estos sensores detectan el ruido generado durante el tránsito de estos flujos en el drenaje en el cual están instalados (en tiempo real) y mediante un software de adquisición de datos se emiten alertas automáticas (Fig. 5).

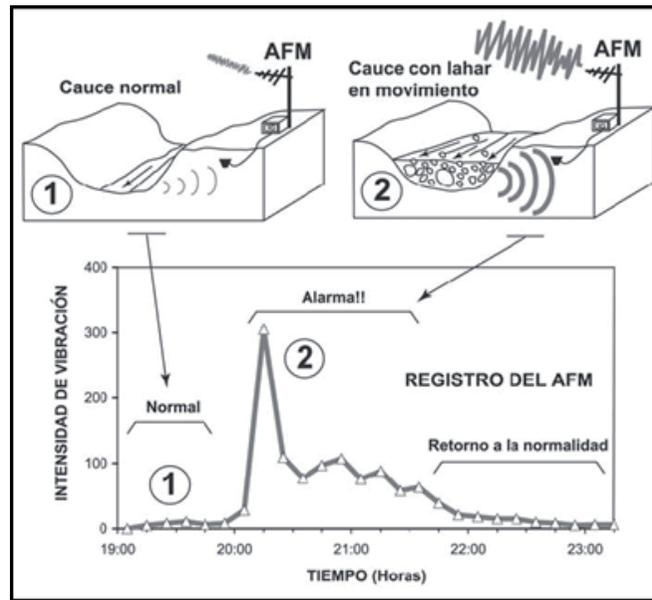


Figura 5: Esquema del funcionamiento de un detector de lahares AFM cuando descende un lahar por el cauce (Tomado de Andrade et al, 2005).

La vibración del suelo producida por el tránsito de los lahares generan ruido sísmico en un rango predominante de frecuencias, lo cual permite discriminar las señales producidas por estos flujos de otras señales o ruidos producidos por otras fuentes como por ejemplo fuertes lluvias o relámpagos.

## REFERENCIAS

Andrade, D., Hall, M., Mothes, P., Troncoso, L., Eissen, J. P., Samaniego, P., Egred, J., Ramón, P., Rivero, D., Yepes, H. (2005). Los peligros volcánicos asociados con el Cotopaxi. Quito: Corporación Editora Nacional.

Andrade, D., Ramón, P., Mothes, P., Hall, M.L., Samaniego, P., Enriquez, W., Vaca, M., Ramos, C., Yepes, H., Lockhart, A., Marso, J., Ewert, J. (2006). Lahar Early Warning Systems based on Acoustic Flow Monitors in Ecuador. Cities on Volcanoes 4. Quito-Ecuador.

Mothes, P., Vallance, J. (2015). Lahars at Cotopaxi and Tungurahua Volcanoes, Ecuador: Highlights from Stratigraphy and Observational Records and Related Downstream Hazards. En: Volcanic Hazards, Risks, and Disasters. Elsevier, pp. 141-168.

Pierson, T., Wood, N., Driedger, C., (2014). Reducing risk from lahar hazards: concepts, case studies, and roles for scientists. Journal of Applied Volcanology, 3:16, 25pp.

Vallance, J.W. (2005). Volcanic debris flows. En: Jakob, M., Hungr, O. (Eds.), Debris Flow Hazards and Related Phenomena. Praxis-Springer, Berlin and Heidelberg, pp. 247-274.

Vallance, J.W., Iverson, R. (2015). Lahars and their deposits. En: Sigurdsson, H., Houghton, B.F., McNutt, S.R., Rymer, H., Stix, J. (Eds.), Encyclopedia of Volcanoes. Academic Press, London, pp. 649-664.

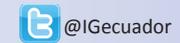
# LAHARES (FLUJOS DE LODO)



## DEFINICIÓN, LAHARES PRIMARIOS Y SECUNDARIOS, TIPOS DE FLUJO, COMPORTAMIENTO, AFECTACIÓN Y MONITOREO DE LA AMENAZA.

Stefanie Almeida, Daniel Sierra, Daniel Andrade  
2017

## INSTITUTO GEOFÍSICO ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL



SISMOS ECUADOR

Ladrón de Guevara E11-253, Aptdo 2759.  
Casilla 17-01-2759  
Telef: (593-2) 2225-655; 2507-144; 2507-150 ext 631  
Fax: (593-2) 2567-847  
Quito - Ecuador  
www.igepn.edu.ec

## ¿QUÉ ES UN LAHAR?

Los lahares son mezclas de agua con una alta concentración de sedimentos y escombros de rocas volcánicas los cuales se desplazan pendiente abajo en los volcanes, influenciados por la gravedad (Waitt, 2013; Vallance & Iverson, 2015).

Debido a su naturaleza son muy erosivos, generalmente se desplazan por los drenajes a grandes velocidades (incluso mayores a 70 km/h), y pueden alcanzar grandes distancias (hasta cientos de kilómetros) lejos de su fuente.

## ORIGEN DE LOS LAHARES

Los lahares pueden generarse de diversas formas, sin embargo cada caso requiere:



**Una fuente adecuada de agua:** agua almacenada en el subsuelo, hielo y nieve derretidos rápidamente, agua subglacial, lagos de cráter o lagos adyacentes, agua de las lluvias e incluso agua del sistema hidrotermal o freático del volcán.



**Abundante material no consolidado:** fragmentos de rocas volcánicas provenientes generalmente de la ocurrencia de erupciones explosivas. Los flujos y/o caídas piroclásticas depositan abundantes escombros que pueden ser fácilmente removidos.



**Pendientes acentuadas:** muy comunes en los conos volcánicos, favorecen el descenso de estos flujos por influencia de la gravedad.



**Un mecanismo desencadenante:** erupciones, sismos, inestabilidad de los edificios y/o fuertes lluvias. Colapsos sectoriales pueden evolucionar y transformarse en lahares.

## LAHARES PRIMARIOS Y SECUNDARIOS

Los lahares pueden ser primarios o secundarios, de acuerdo a si su origen está relacionado directa o indirectamente a las erupciones volcánicas.

### Lahares Primarios (Syneruptivos)

Estos flujos se forman como consecuencia directa de una erupción volcánica. Se producen principalmente cuando durante un evento eruptivo el material incandescente causa el derretimiento rápido de grandes volúmenes de hielo y nieve de los glaciares que cubren algunos edificios volcánicos (Fig. 1).

Estos lahares pueden generarse también por ruptura o expulsión del agua de lagos cratericos durante las erupciones. La mezcla de agua y productos eruptivos forman lahares que fluyen pendiente abajo (Vallance, 2005; Vallance & Iverson, 2015).

Los lahares primarios tienden a ser muy voluminosos ( $10^7 - 10^9 \text{ m}^3$ ) y registran altas velocidades ( $>20 \text{ m/s}$ ) y descargas. Comúnmente sus caudales máximos están entre  $10^3 - 10^5 \text{ m}^3/\text{s}$  (Mothes y Vallance, 2015).

Estas características les otorgan la capacidad de fluir grandes distancias, incluso hasta cientos de kilómetros aguas abajo.

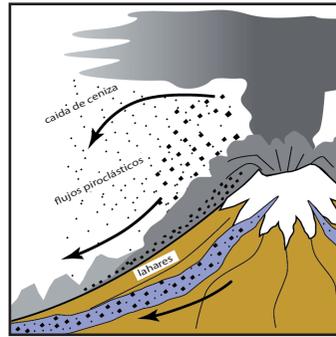


Figura 1: Modelo esquemático de la generación de lahares primarios durante una erupción explosiva que produce fusión del glaciar.

### Lahares Secundarios (Posteruptivos)

Incluyen principalmente lahares generados por lluvias. El material piroclástico no consolidado, depositado por erupciones previas, puede ser fácilmente removido por las lluvias (Fig. 2). En general son de menor magnitud comparados con los primarios, sin embargo, son más frecuentes durante periodos lluviosos.

Pueden aumentar en tamaño y recurrencia incluso semanas o meses después de la erupción primaria por lo que su nivel de amenaza es difícil de anticipar (Vallance & Iverson, 2015).

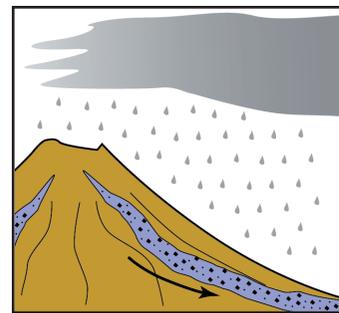


Figura 2: Modelo de generación de lahares secundarios por intensas lluvias que removilizan material piroclástico depositado previamente.

Los lahares secundarios también pueden producirse, con menos frecuencia, debido a rupturas de lagos o represamientos provocando la removilización de material volcanoclástico que se encuentra concentrado en las laderas de los volcanes y sus drenajes. Estos lahares suelen ser de mayor volumen que aquellos inducidos por lluvias.

## TIPOS DE FLUJO

El comportamiento de los lahares puede variar con el tiempo y distancia aguas abajo. Dependiendo del porcentaje de sedimento que incorporan pueden convertirse en flujos de escombros si contienen  $>60\%$  en volumen de sedimento o flujos hiperconcentrados con 20-60% en volumen de sedimento (Vallance & Iverson, 2015).

El comportamiento de los lahares no solo depende de la concentración de sedimento, sino también de otros factores como: la distribución de tamaño de sedimentos y la energía del flujo (grado de agitación).

**Los flujos de escombros:** su sorteo es muy pobre, con tamaños de partícula desde arcilla hasta grandes bloques (tamaños métricos), y se caracterizan por una mezcla muy uniforme de las fases sólida y líquida. **Su consistencia es similar a la del concreto húmedo** y su viscosidad es alta.

**Los flujos hiperconcentrados:** su sorteo es pobre, se caracterizan principalmente por la presencia de clastos de tamaño de arena (1/16-2 mm) a grava (2-64 mm). Los distingue una mezcla no uniforme de sedimentos y agua, con un contenido de agua mayor al de los flujos de escombros. **Su consistencia es similar a la de aceite de motor sucio** y no tienen la misma capacidad de cargar grandes bloques en suspensión como los flujos de escombros. Adicionalmente, son más turbulentos (Vallance, 2005).

## COMPORTAMIENTO DEL FLUJO

Los lahares pueden comprender uno o más tipos de flujo durante el mismo evento, evolucionando de fases de flujos de escombros a flujos hiperconcentrados e incluso a fases más acuosas en secuencia.

Su movimiento está controlado especialmente por la gravedad, la topografía del cauce y su volumen. Los lahares están normalmente confinados a los cauces de valles y quebradas, pero cuando sobrepasan su capacidad se desbordan e inundan las planicies adyacentes (Fig. 3) (Vallance, 2005).



Figura 3: Zona de deposición de lahares en la quebrada Yambo Rumi, al suroriente del Volcán Chimborazo.

Los lahares erosionan e incorporan sedimento principalmente al socavar pendientes fuertes, escarpes de terrazas laterales y por el arrastre de materiales de sus lechos. La erosión se produce con mayor intensidad en tramos empinados, en zonas con sedimentos clásticos no consolidados y en zonas con depósitos saturados, aumentando así su volumen (Vallance & Iverson, 2015)

En general, fases con mayor contenido de agua son típicamente más erosivas ya que son más turbulentas y agitadas que aquellas de flujos de escombros ricas en sedimentos. Sin embargo puede producirse erosión local durante cualquier fase de flujo.