# GEOLOGÍA Y GEODINÁMICA EN LA QUEBRADA RUNTUMAYO-NEVADO VERÓNICA (CUSCO): ALUD Y FLUJO DE DETRITOS DEL 12 DE OCTUBRE DEL 2005

José Cárdenas[1] Víctor Carlotto[2], Patricio Valderrama[2], Lionel Fídel[2] & Daniel Tintaya[2]

[1]CONVENIO INGEMMET-UNSAAC cardenasroque@gmail.com
[2]INGEMMET, Av. Canadá 1470 San Borja, Lima pvalderrama@ingemmet.gob.pe

## INTRODUCCIÓN

Un alud o avalancha producto de un desprendimiento de hielo y rocas del nevado Verónica o Wakaywillque ocurrió el día 12 de octubre del 2005. Esta avalancha se convirtió, aguas abajo, en la quebrada Runtumayo en un flujo de detritos (aluvión) que al llegar al río Vilcanota represó parcialmente sus aguas y afectó unos 400 metros de la línea del ferrocarril. Igualmente, afectó terrenos agrícolas, sistemas de riego y agua potable, felizmente, no se registraron víctimas en el incidente. Esta noticia llamó la atención nacional e internacional debido al bloqueo de la línea férrea y por lo tanto de los turistas que viajaban a Machu Picchu. En vista de estas circunstancias, geólogos de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco y del INGEMMET con la participación de Defensa Civil, realizaron una evaluación del fenómeno, cuyos resultados son presentados en este trabajo.

## MARCO GEOLÓGICO

Desde el punto de vista fisiográfico la zona de estudio se ubica en plena Cordillera Oriental de los Andes del Sur del Perú. La cordillera aquí es atravesada en dirección sureste a noroeste por el río Vilcanota o Urubamba formando el valle o cañón del mismo nombre. En efecto, ambas márgenes forman laderas muy empinadas y se coronan con los nevados Verónica en la margen derecha y Salkantay en la margen izquierda.

El nevado Verónica denominado también Wakaywillque tiene una altura de 5893 msnm, mientras la quebrada Runtumayo desemboca en el río Vilcanota en la cota de 2730 msnm, haciendo un desnivel aproximado de 3000 metros. Además el nevado Verónica tiene una longitud aproximada de 10 km. en dirección aproximada este-oeste y ancho de 2 km. Aquí se han desarrollado glaciares de montaña cuya altura mínima de nieves es en promedio los 4600 msnm. Este nevado se caracteriza por tener una topografía muy agreste con pendientes altas a muy altas que pasan los 40 grados, que lo hace propenso a desarrollar aludes.

La quebrada Runtumayo tiene una dirección noreste-suroeste, es de origen glaciar, nace de los deshielos del nevado Verónica; tiene una forma en "V" por la erosión glaciar y posterior aluvial. Tiene una longitud de 6.5 km, una pendiente promedio de 20%. En su cauce, desde los 4500 hasta los 2900 msnm se aprecia material morrénico producto de glaciares antiguos, aunque, los más inferiores pueden ser material redepositado por acción de agua (fluvioglaciar).

En la desembocadura del Runtumayo al Vilcanota se ha formado un cono o abanico aluvial típico (Fig. 1) producto de varios flujos aluviónicos desde épocas históricas antiguas. Está compuesto por gravas y grandes bloques de roca en una matriz areno limo arcillosa. Es posible que muchos aluviones que formaron el cono estuvieran relacionados con aludes. La altura del cono aluvial va desde 3000 a 2930 msnm y tiene un relieve algo plano con poca pendiente. Es sobre este cono que se sitúan las comunidades de Palomar y Tiaparo donde se desarrollan labores de agricultura y ganadería.

El río Vilcanota se caracteriza por tener un piso de valle con un ancho promedio de 800 m, formado por conos aluviales como el Runtumayo o terrazas fluviales producto de los depósitos del río

Vilcanota. Este valle por su riqueza agrícola y arqueológica es conocido con el nombre de Valle Sagrado de los Incas.

El mapa geológico (Carlotto et al., 1996; Mapa 1) para la zona de estudio nos muestra la Formación Ollantaytambo (Cámbrico-Ordovícico), compuesta principalmente por pizarras, esquistos, cuarcitas y niveles volcánicos. Luego tenemos a la Formación Verónica (Ordovícico) de conglomerados y finalmente la Formación San José (Ordovícico) formada por pizarras y cuarcitas. Dentro los depósitos cuaternarios resaltan los morrénicos formados por el avance y retroceso del nevado Verónica y los depósitos aluviales que han formados conos como el de Runtumayo. Este último, está construido por 4 eventos aluvionales incluyendo el formado el 12 de octubre del 2005 (Cárdenas et al., 2005; Fig. 2).

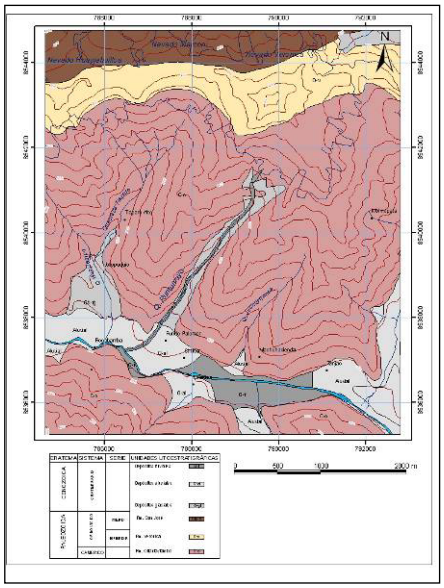

**Fig. 1.** Mapa Geológico de la zona de estudio. Tomado y modificado de Carlotto et al. (1996)

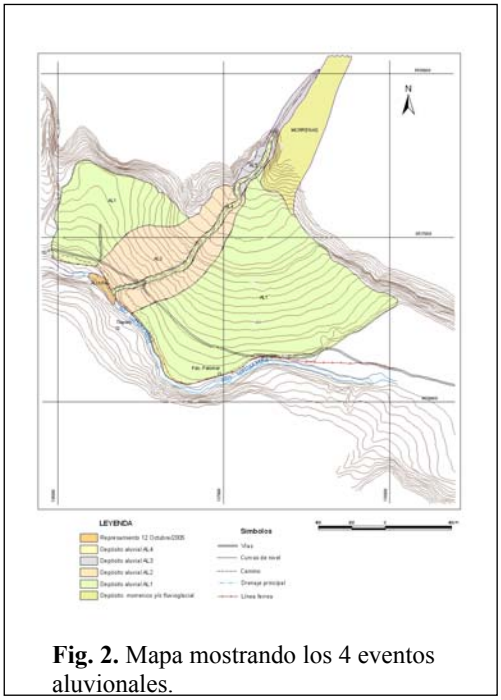

**Fig. 2.** Mapa mostrando los 4 eventos aluvionales.

## GEODINÁMICA EXTERNA

El 12 de octubre del 2005, aproximadamente a las 22 horas, ocurrió un alud en la parte alta del nevado Verónica y con dirección hacia la quebrada Runtumayo. El desarrollo del alud y flujo de detritos ha permitido definir tres zonas (salida, trayecto, y de depósito) principales del recorrido (Cárdenas et al., 2005; Fig. 3 y Foto 1).

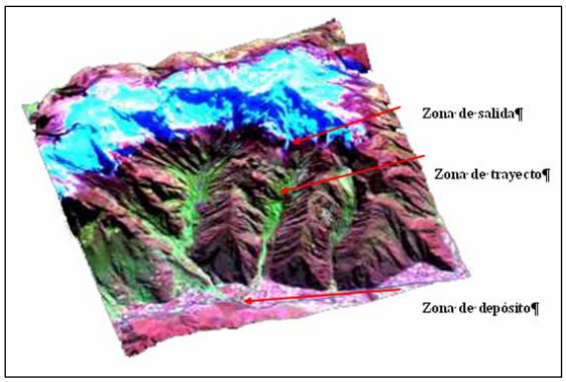


**Fig. 3.** Imagen de elevación digital de la quebrada

**Foto 1.** Vista aérea mostrando parte de la zona de trayecto, y la zona de depósito con represamiento parcial del río Vilcanota.

La z**ona de salida** es donde la nieve inestable empieza a moverse por aceleración significativa de la masa de nieve. Se localiza a más de 4300 msnm, y corresponde a una topografía muy abrupta con pendiente de más de 20 grados. La imagen satelital Landsat J033-2544 del año 2001, muestra para esta zona una pequeña lengua o restos de glaciar (Fig. 4), que posiblemente sea la que se desprendió y origino el aluvión del 12 de octubre (Foto 2).

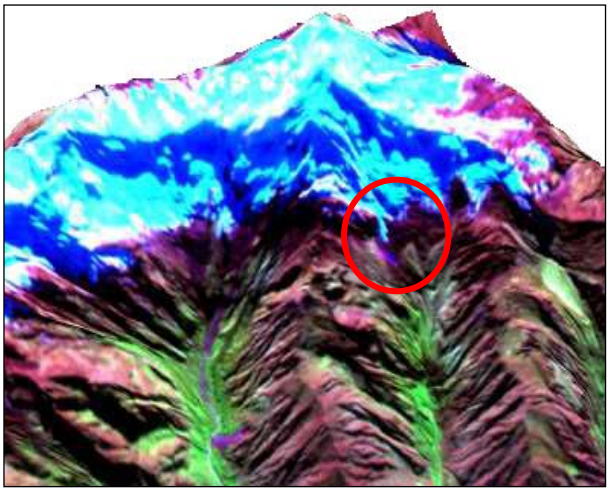

**Fig. 4.** En la imagen satelital de elevación digital del año 2001, se muestra en círculo rojo una pequeña lengua glaciar.

**Foto 2.** Vista aérea mostrando la zona de arranque del alud del 12 de octubre.

La z**ona de trayecto** se conecta con la zona de salida y deposito, pendiente arriba y abajo respectivamente. La masa del alud, que ahora se comporta como flujo de agua, lodo y detritos (aluvión), alcanza su máximo valor. En esta zona se producen las incorporaciones y/o pérdidas de nieve, así como de material sólido. Corresponde en gran parte a la quebrada Runtumayo desde los 4300 hasta los 2720 msnm donde es la confluencia con el río Vilcanota. La pendiente es muy variada, así desde los 4300 a los 3500 msnm tiene una pendiente fuerte de 23º, de 3500 a los 3000 msnm pendiente baja de 15º y de los 3000 a 2720 msnm es de solo 10º (Foto 3).

La z**ona de depósito** es el área donde la desaceleración es rápida, el flujo se deposita y se detiene. En este caso, el alud transformado en flujo de detritos se desaceleró por la baja pendiente y se depositó originando un represamiento parcial de las aguas del Vilcanota (Fotos 1, y 4), originando la destrucción de parte de la línea férrea y la inundación de otra parte. El dique de represamiento tiene las medidas aproximadas siguientes: altura de 6 metros, ancho de 40 metros y una longitud de 200 metros, lo que hace un aproximado de 48,000 $m^3$ de material depositado.

**Foto 3.** Zona de trayecto mostrando áreas con erosión y desborde del flujo de detritos.

**Foto 4.** Represamiento parcial del río Vilcanota por efecto del flujo de detritos del 12 de octubre.

## CAUSAS

Se ha considerado la existencia de una pequeña laguna que se desembalsó por el alud. Sin embargo, nosotros no pudimos ver la laguna. Incluso sin este elemento, el alud al bajar con mucha fuerza por la ladera erosionaba e incorporaba depósitos de morrenas, transformándose en un flujo de detritos. Los fenómenos de aludes son normales en zonas de retroceso glaciar.

Los detonantes que desencadenaron el alud hay que buscarlas en la ruptura del equilibrio, mecánico o térmico (deshielo), entre las fuerzas que favorecen el movimiento como es el peso de la nieve y las que se le oponen como son la cohesión interna de la nieve, las fuerzas de rozamiento, las fuerzas de anclaje, etc. Las causas y situaciones en las que se rompe el equilibrio son muy variables y por tanto se pueden dar muchos tipos de avalanchas.

En este caso, es muy posible que el detonante sean las variaciones extremas de temperatura, al ser muy sensible a los efectos térmicos. Estos son frecuentes en vertientes fuertes. Además ha debido influir la forma muy agreste de la topografía donde la nieve posiblemente no se ha adherido a la capa inferior y ha descendido deslizándose por una rotura de su equilibrio, por una causa mecánica o térmica. En efecto, durante esta época del año donde normalmente la temperatura aumenta, días antes del alud se produjo un friaje y en la zona nevó, produciendo acumulaciones de nieve que pudo romperse dando lugar a un alud.

Como vemos las causas no están determinadas exactamente pero una combinación de varios factores pudo desencadenar el alud (Cárdenas et al., 2005). Sin embargo, no hay que olvidar que el calentamiento global es la que está produciendo el retroceso rápido de los glaciares. Un estudio de imágenes satélites del 2001 y fotos aéreas de 1963 del Verónica concluye que hay un retroceso fuerte de decenas de metro de altitud (Cárdenas et al., 2005). Nevados cercanos como el Salkantay o el Chicón muestran los mismos efectos de retroceso y además con aludes y aluviones asociados, poniendo en riesgo la infraestructura y las poblaciones.

## CONCLUSIONES

El alud y flujo de detritos del 12 de octubre del 2003, es un fenómeno de origen geológico climático que tiene que ver con el retroceso del nevado Verónica. Si bien este fenómeno es de pequeñas dimensiones, sin embargo, es un llamado de atención para prevenir en otras quebradas adyacentes o relacionadas con nevados cercanos como el Salkantay o Chicón, este ultimo que puede afectar a la ciudad de Urubamba.

Una evaluación detallada del nevado Verónica no solo a la altura de Runtumayo sino también de las otras quebradas que nacen en esta montaña es de suma importancia para descartar o confirmar la presencia de grandes peligros geológicos futuros. La realización de estudios glaciológicos y de peligros geológicos es de gran importancia a nivel de la Cordillera de Vilcabamba y Valle del Vilcanota.

## REFERENCIAS

Cárdenas, J.; Carlotto, V.; Valderrama P., Castillo, L., Fídel, L., Tintaya. D., (2005) Geología, Geodinámica y peligros en la quebrada Runtumayo (Cusco): Avalancha y aluvión del 12 de Octubre del 2005. Informe Técnico INGEMMET. 38p. Lima-Perú.

Carlotto, V.; Gil, W.; Cárdenas, J.; Chávez, R.; & Vallenas, V. (1996). Geología de los cuadrángulos de Urubamba y Calca-Boletín Nº 65 Serie A: Carta Geológica Nacional. (Hojas 27r y 27s). INGEMMET. Lima-Perú.