

INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASAS, PELIGROS GEOLÓGICOS Y SIMULACIÓN DE ALUVIONES EN LA CORDILLERA BLANCA, ANCASH – PERÚ.

P. Valderrama^{1,2}, G. Araujo³, S. Dueñas¹, C. Silva¹, L. Fidel¹

¹Instituto Geológico Minero Metalúrgico (INGEMMET), ²Laboratorio Magmas y Volcanes, Universidad Blaise Pascal – Francia, ³Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC)

Introducción

La Cordillera Blanca, ubicada en la región Ancash en los Andes de Perú (Figura 1), representa la acumulación de glaciares tropicales más grande del planeta. A sus pies se desarrollan ciudades con poblaciones superiores a los 100 mil habitantes que junto con la alta recurrencia de eventos desastrosos hacen necesario un estudio que permita conocer las características de los peligros geológicos que esta experimenta y ha experimentado en el período geológico reciente. La Cordillera Blanca es sin lugar a dudas una de las zonas con mayor presencia y actividad de movimientos en masa, marcada por grandes movimientos en masas, algunos recurrente se en el tiempo como los flujos de detritos de origen glaciar (aluviones), deslizamientos, erosiones superficiales, cárcavas, caídas y avalanchas de rocas, flujos de detritos y movimientos complejos. En un contexto detallado, realizar un inventario y una evaluación de dichos peligros, así como generar escenarios de futuros eventos para conocer las áreas o zonas de mayor peligro, fueron las metas que se trazaron al iniciar el proyecto denominado “Estudio de peligros geológicos por procesos glaciares” dentro de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).

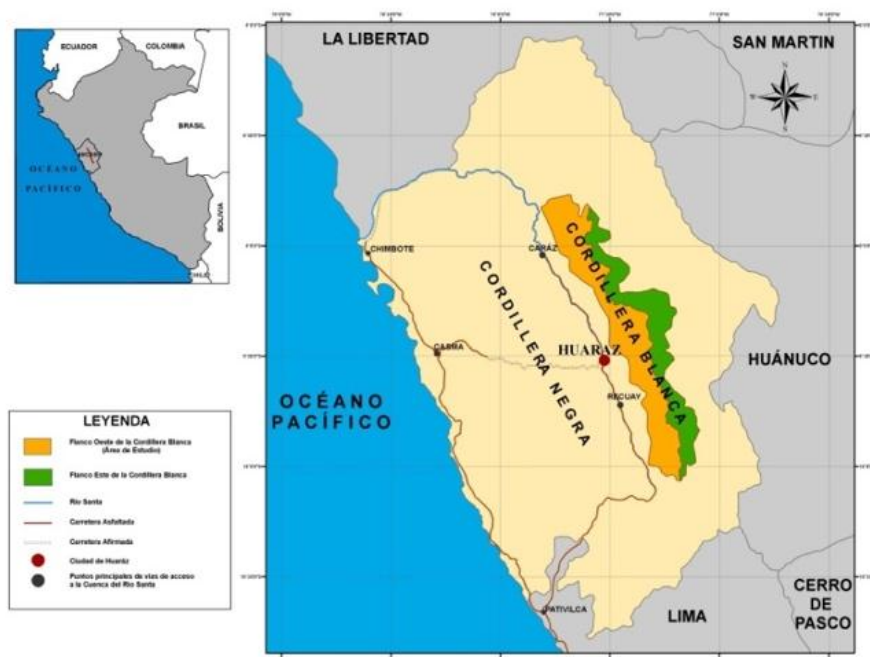


Figura 1: Ubicación de la Cordillera Blanca. El área verde señala la extensión total de la masa glaciar, mientras que el área naranja muestra los glaciares que corresponden a la cuenca del río Santa.

Contexto Geológico

Geológicamente la cordillera Blanca se ha clasificado en dos grandes unidades: Depósitos rocosos y depósitos inconsolidados. El substrato rocoso comprende principalmente el Batolito de la Cordillera

Blanca con menor presencia de formaciones de rocas volcánicas y sedimentarias que afloran al norte de la cuenca del río Santa; básicamente están conformados por tobas de coloración clara, formando parte de la secuencia del Grupo Calipuy (Paleógeno y Neógeno) que afloran en el cuadrángulo de Carhuaz en los alrededores de la ciudad de Caráz. Estas formaciones son susceptibles a la ocurrencia de caída de rocas. Los afloramientos de rocas sedimentarias se agrupan cercanos a las ciudades de Carhuaz y Yungay y al sur de la Cordillera Blanca (sectores de Recuay y Catac), en los cuales se tiene agrupaciones rocosas de areniscas, calizas y varias secciones de depósitos evaporíticos (yesos, sal, etc.) mayormente de edad Cretácica. Los depósitos Inconsolidados corresponden a la acumulación de todos los depósitos de movimientos en masas y depósitos fluviales en la zona, en todos ellos se desarrollan las principales ciudades del “Callejón de Huaylas”.

Contexto Geomorfológico

Se han diferenciado unidades de abanicos proluviales y aluvionales en el que se emplazan las ciudades más importantes de la cuenca del río Santa como Huaraz, de una área aproximada de 3.74 Km² con una altura promedio de 3060 msnm; el distrito de Marcará ubicado sobre un abanico aluvial de 1,74 Km² a 2730 msnm; Carhuaz, en un abanico aluvial de 4.29 km² a 2680 msnm; las ciudades de Yungay (la antigua) y Ranrahirca ubicadas sobre grandes abanicos aluviales de una área aproximada de 11.5 km² y la ciudad de Caráz en un abanico aluvial de 14.5 Km².

Otra unidad geomorfológica corresponde a los depósitos coluviales producto de la caída de detritos y rocas se ubican a lo largo de todos los valles glaciares algunos asociados a movimientos en masas recientes.

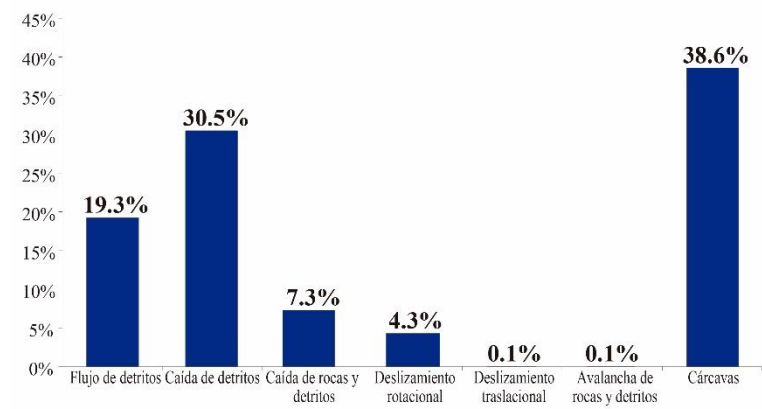
Finalmente, la unidad de depósitos morrénicos que cuentan la historia evolutiva de la Cordillera Blanca con una amplia variedad de formas ubicados desde los 3500 a los 6000 msnm.

Movimientos en masa

La actividad de los glaciares de la Cordillera Blanca son los principales activadores de numerosos movimientos en masa menores, así como los grandes aluviones que afectaron la zona desde tiempos antiguos hasta los más recientes: Huascarán 1962 – 1970 (Evans et al. 2009), Huaraz 1941 (Silva et al. 2010) Chavín, 1945 (Hermanns et al. 2012) y Laguna 513 en el 2010 (Valderrama and Vilca, 2012).

El cartografiado de los movimientos en masa en el flanco oeste de la Cordillera Blanca, se realizó de manera detallada en cada valle glaciar y post glaciar, contabilizando un total de 1631 eventos, siendo los más numerosos las erosiones superficiales (cárcavas) seguidos por las caídas de detritos, ver Cuadro 1.

MOVIMIENTOS EN MASA EN EL FLANCO OESTE DE LA CORDILLERA BLANCA



Cuadro 1: Estadística general del inventario de movimientos en masa en la Cordillera Blanca, se aprecia la clara predominancia de cárcavas seguido de las caídas de detritos.

Caso ejemplo: Movimientos en masa en el sector Huaraz

Este sector está compuesto por cinco valles glaciares: Llaca (el de menor extensión. 4,45 Km), Cojup (11,7 km; históricamente el que más afectó a la ciudad de Huaraz), Quilcayhuanca (10,3 Km de largo) y Shallap (5,7 Km de largo) forman la cuenca del río Quilcay, que es fuente de agua para la ciudad, una quebrada glaciar (Altuac) dos valles fluvio-glaciares (Quilcay y quebrada Pariac) los cuales se prolongan en valles fluviales hasta su confluencia con el río Santa. Si bien es cierto, la quebrada Pariac no afecta directamente a la ciudad de Huaraz, al estar ubicada inmediatamente al sur y aguas arriba respecto al río Santa, cualquier evento que ocurra en la zona (un represamiento por avalancha, por deslizamiento o un aluvión en la parte glaciar) descendía hasta el río Santa y podría afectar directamente la parte baja de la ciudad de Huaraz.

Porcentualmente, los movimientos en masa en el sector Huaraz se presentan de la siguiente manera: 41% cárcavas, 34% caída de detritos, 15% flujos de detritos, 7% deslizamientos, 3% caída de rocas y detritos. Ver Figura 2.

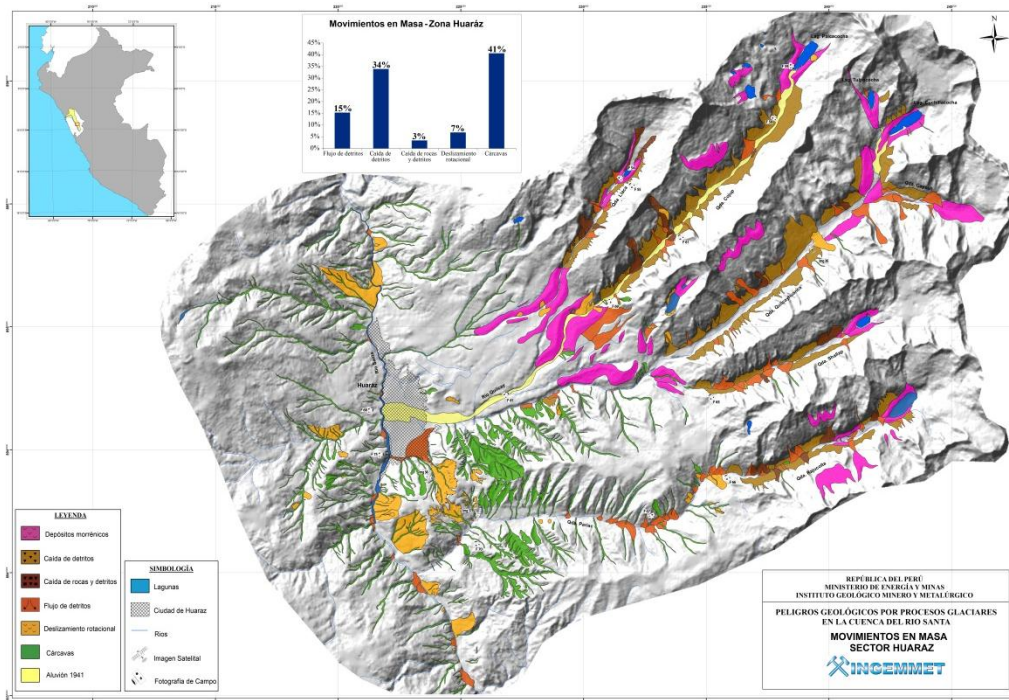


Figura 2: Cartografiado y distribución porcentual y de los movimientos en masa del sector Huaraz

Simulación numérica de aluviones

El movimiento de un fluido tan complejo como el que forma un flujo de detritos, no puede representarse por medio de métodos que se aplican comúnmente para fluidos como el agua. Esto se debe a que la alta concentración de materia sólida en estos fluidos hace que se comporten como un fluido no-newtoniano, en el cual es necesario que actúe un esfuerzo superior a un esfuerzo crítico dado para que el fluido se ponga en movimiento. Por lo tanto, para poder reproducir la mecánica de un flujo de detritos se utiliza métodos de modelización, siendo uno de los más precisos la modelación numérica, en este caso mediante el software FLO 2D que simula flujos no-newtonianos. Este modelo permite simular flujos en topografías complejas tales como áreas urbanizadas, planicies de inundación, quebradas y fondos de valles.

Se generaron simulaciones para los valles glaciares más importantes que afecten alguna ciudad o centro poblado; para ello se utilizaron imágenes satélites de alta resolución SPOT 5 proporcionadas por el Proyecto FORDECI, cartas topográficas para la elaboración del mapa geomorfológico y modelo de elevación digital de terreno (MDT) con una precisión de hasta 2,5 metros. Los resultados muestran polígonos de colores cubriendo las áreas inundables y de afectación. El color rojo muestra zonas donde el flujo tendrá más de 2 m de altura siendo zonas donde ocurrirá un daño importante, el color naranja muestra zonas donde el flujo tendrá una altura entre 1-2 m, estas zonas sufrirán daños de mediana intensidad, mientras que las zonas de color amarillo muestran donde el flujo tendrá una altura menor a 1 m, estas zonas sufrirá daños menores y serán rápidamente recuperadas (Figura 3).

El flujo simulado, con origen en la laguna 513 (Figura 3a), mantiene el cauce original de la quebrada, con ciertos desbordes localizados de tipo *run up*, principalmente debido a formas preexistente en la topografía del fondo de la quebrada. El flujo muestra muchas zonas donde toma alturas mayores a dos metros principalmente en la parte alta y media de la quebrada. El flujo simulado tiene un comportamiento muy similar al aluvión ocurrido el 1 de abril del 2010 (Valderrama and Vilca 2012).

El flujo simulado, con origen en la laguna Parón (Figura 3b), conserva el cauce original de la quebrada; así mismo, se aprecian algunos desbordes, tipo *run up*, debido a formas preexistente en la topografía del fondo de la quebrada. El flujo muestra muchas zonas donde toma alturas mayores a dos metros principalmente en la parte alta y media de la quebrada.

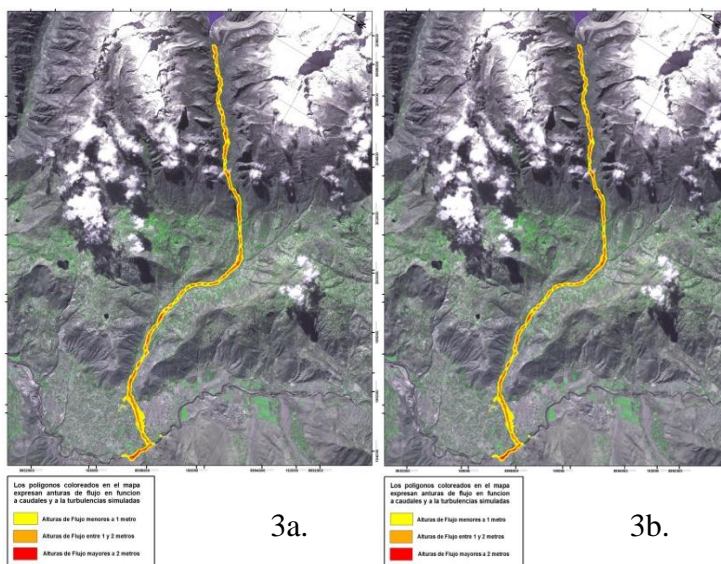


Figura 3: 3a: Simulación de un aluvión con origen en la laguna 513 con alturas de lodo hasta 2m, afectando áreas cercanas al río Chucchun, en la campiña de Carhuaz. 3b: Simulación de flujo con origen en la laguna Parón, el flujo afectaría levemente la ciudad de Caraz con desbordes localizados principalmente en las zonas más bajas y planas del cauce del río. (Imagen 3.b)

CONCLUSIONES

- En la Cordillera Blanca, se ha inventariado 1631 movimientos en masa, de los cuales el 38,6% corresponde a erosiones superficiales tipo cárcavas, el 30,5% son caídas de detritos y depósitos de talud, el 19,3% corresponden a flujos de detritos principalmente de origen glaciar, el 7,3% son caídas de rocas y detritos y el 4,5% restante corresponden a deslizamientos.
- De las simulaciones FLO2D para las distintas ciudades localizadas en el Callejón de Huaylas se puede determinar que de ocurrir un aluvión de origen glaciar, las principales ciudades no serían seriamente dañadas (como ocurrió en el pasado), esto debido a las obras de seguridad realizadas en las principales lagunas glaciares que mantienen los niveles de sus aguas seguras. Sin embargo,

la formación de nuevas lagunas y depósitos glaciares inestables, el poco mantenimiento y construcción de nuevas obras de seguridad y el rápido derretimiento glaciar podrían cambiar estos escenarios.

REFERENCIAS

- Evans SG, Bishop NF, Fidel L, et al (2009) A re-examination of the mechanism and human impact of catastrophic mass flows originating on Nevado Huascarán, Cordillera Blanca, Peru in 1962 and 1970. *Eng Geol* 108:96–118. doi: 10.1016/j.enggeo.2009.06.020
- Hermanns RL, Valderrama P, Fauqué L, et al (2012) Landslides in the Andes and the need to communicate on an interandean level on landslide mapping and research. *69:321–327*.
- Silva R, Valderrama P, Pari W, Dueñas S (2010) Prospección geofísica y evaluación de peligros geológicos en los depósitos morrénicos de la Laguna Palcacocha, Cordillera Blanca, Ancash. In: XV Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos. pp 1066–1070
- Valderrama P, Vilca O (2012) Dinámica e implicancias del aluvión de la Laguna 513, Cordillera Blanca, Ancash, Perú. *Rev la Asoc Geológica Argentina* 69:1–7.