

ESTUDIOS GEOMORFOLÓGICOS Y GEOFÍSICOS REALIZADOS EN EL GLACIAR DE ESCOMBROS ACTIVO EL AMARILLO. SUBCUENCA DEL RÍO FRÍO, CORDILLERA FRONTAL, SAN JUAN, ARGENTINA

Ana P. Forte¹, Silvio H. Peralta¹ y Arturo Güell²

¹INGEO. Departamento de Geología. Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Universidad Nacional de San Juan; anapau.forte@gmail.com

²Departamento de Geofísica y Astronomía. F. C. E. F. y N. Universidad Nacional de San Juan.

El presente trabajo describe la metodología y los resultados obtenidos en la caracterización geomorfológica y geofísica de un glaciar de escombros criogénico, denominado El Amarillo. El mismo se encuentra enmarcado en el Proyecto: "Inventario de Glaciares de la Cuenca del río San Juan", realizado a través de un Convenio entre el Gobierno de la Provincia de San Juan y la Facultad de Ciencia Exactas, Físicas y Naturales, de la Universidad Nacional de San Juan. El proyecto persigue los fines de brindar información clave en el marco de la recientemente sancionada Ley Nacional 26639 de Régimen de Presupuestos Mínimos para la Preservación de Glaciares y Ambiente Periglacial en la República Argentina.

La zona de estudio se encuentra en el ámbito de la unidad morfoestructural de Cordillera Frontal, departamento Calingasta, provincia de San Juan, Argentina. En la zona predomina un ambiente periglacial, no hay presencia de glaciares descubiertos, ni cubiertos, pero si hay una gran cantidad de glaciares de escombros y otras crioformas vinculadas a este ambiente. El glaciar de escombros El Amarillo se encuentra a los 31° 9'40"S y 70°12'40" O, emplazado en el sistema de drenaje de la subcuenca del río Frío, formando parte del sistema hidrográfico de la subcuenca del río Blanco, cuenca del Río San Juan (Figura 1). De acuerdo con la clasificación genética, se trata de un glaciar de escombros criogénico (Wahrhaftig Y Cox 1959, Haeberli 1985, Barsch 1996), es decir originado en un ambiente periglacial adaptado a condiciones climáticas áridas.

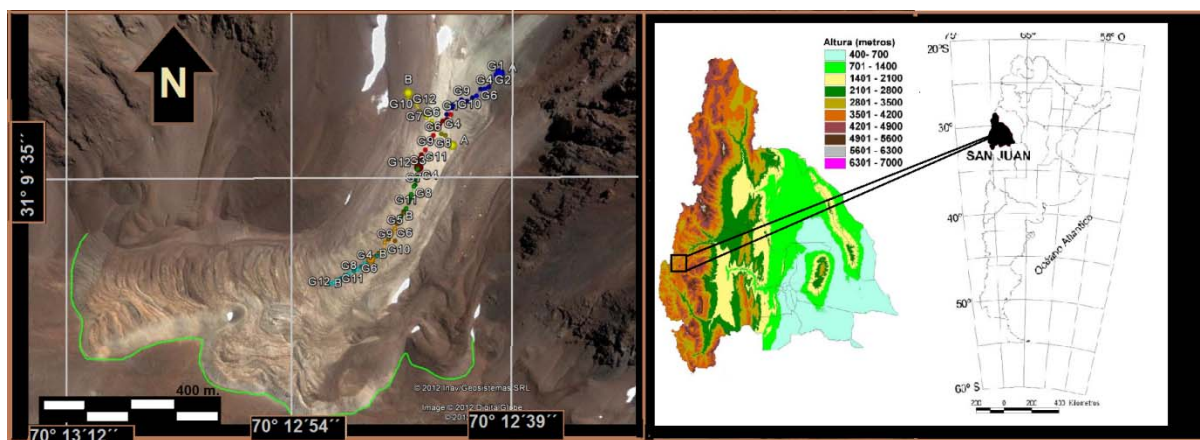


Figura 1: Glaciar de escombros activo El Amarillo. Forma parte de la subcuenca del río Frío, cuenca río San Juan. Las coordenadas centrales del cuerpo son 31° 9'40" de latitud Sur y 70°12'40" de longitud Oeste. En la imagen satelital puede observarse la traza de los 6 tendidos geofísicos, que fueron estudiados en la realización de la tomografía sísmica.

El glaciar de escombros posee una superficie de 0,441 km², y un perímetro de 3,9 km, se encuentra emplazado en un antiguo circo glacial, y se lo clasifica de acuerdo con la clasificación internacional de cuerpos de hielo de GLIMS (*Global Land Ice Measurements from Space*) como un glaciar de escombros espatulado. Presenta una cota máxima en la zona de raíz de 4280 msnm y 3870 msnm es la altura mínima alcanzada en el pie del talud. La distancia longitudinal es de 1,10 km. y su ancho máximo es de 950 m. La orientación media del cuerpo presenta una exposición sur – suroeste. La digitalización de la crioforma ha sido realizada de modo manual, a partir de diferentes visualizaciones en imágenes de alta resolución espacial, provenientes de tres satélites diferentes: LANDSAT, TERRA y CBERS 2B. Estas últimas (*China Brasil Earth Resources Satellite*) han sido muy importantes en las observaciones de detalle, ya que tienen 2,7 m de resolución espacial, al igual que imágenes de *Google Earth*. La imagen de base (*Aster*) ha sido georreferenciada en base a la imagen *Landsat 5*, sensor TM.

El glaciar El Amarillo es considerado como activo, ya que presenta un talud frontal con alto ángulo, en el terreno se han medido sectores con 43° de pendiente. En la superficie presenta un importante desarrollo de estructuras compresivas de arcos y depresiones cuya convexidad indica la dirección de flujo. El trabajo de campo consistió



en el reconocimiento, localización y caracterización de estructuras físicas del glaciar de escombros y un registro fotográfico complementario georeferenciado. Se identificaron estructuras de ordenamiento de gelifractos y suelos, como cinturones de gravas. Sin embargo, en las zonas de menor cota se reconocieron estructuras de termokarst, indicando reducción del hielo interno en ciertos sectores, probablemente debido a un desequilibrio térmico del glaciar de escombros con el medio en el que se emplaza. Toda la información ha sido mapeada y cargada en la base de datos de un proyecto SIG de la zona.

El método geofísico de tomografía sísmica, basado en sísmica de refracción, ha sido utilizado para complementar la caracterización del glaciar de escombros a partir de una estimación de espesores de capa activa y de la capa rica en hielo, en subsuelo. Se realizaron 6 tendidos sísmicos, 5 en dirección longitudinal y uno transversal al cuerpo. Cada tendido posee 120 metros de longitud, en los que se utilizaron doce geófonos ubicados a lo largo de la traza con una distancia de separación prefijada de diez metros, estimándose una profundidad de investigación de 40 metros. Se complementó con levantamiento topográfico, a lo largo de cada traza.

Los resultados de la tomografía sísmica en el glaciar, indican que bajo su superficie, los materiales no consolidados que lo conforman (gelifractos, depósitos aluvionales y morénicos, principalmente), estarían saturados de hielo intersticial, ya que se han detectado anomalías (positivas) en las velocidades de las ondas sísmicas, con valores entre 1.000 y 2.800 m/s (Trombotto *et al.*, 1999). El espesor de la capa de hielo es variable a lo largo de la traza del perfil, con un promedio de 15 metros, alcanzando un máximo de 35 metros de espesor. Cada glaciar de escombros posee una particular configuración interna entre detrito y hielo, por lo que, aún, no se ha desarrollado un modelo que caracterice la distribución interna del hielo (Haeberli 1990, Giardino *et al.* 1987, Harris 2004). De acuerdo con Milana y Güell 2008, en un mismo glaciar de escombros, podrían hallarse zonas en las que el hielo se dispone en forma intersticial entre los detritos y zonas de lentes de hielo masivo, las cuales podrían haberse depositado en épocas de precipitaciones níveas abundantes. Al respecto hay hipótesis que sugieren que el hielo masivo se forma por la percolación de agua, que se segrega en el interior del mismo, atraída por fuerzas moleculares del agua. Cuando esta se congela, forma los lentes masivos (Giardino *et al.* 1987, Haeberli 1990). En la capa superior las velocidades sísmicas son del orden de 450 m/s promedio, variando entre 400 y 750 m/s desde la superficie. Esta capa ha sido considerada como la capa activa del glaciar de escombros, el modelo de velocidades de ondas sísmicas muestra que tiene un espesor entre 1,5 y 5 metros, el mayor espesor detectado coincide con la presencia de estructuras de colapso en superficie.

Las estructuras y geoformas presentes en la superficie del glaciar de escombros como cinturones de grabas y las estructuras compresivas de arcos y depresiones, y el alto ángulo de inclinación del talud frontal, en conjunto con los resultados de la tomografía sísmica, indicarían el desarrollo de procesos propios del ambiente periglacial en este sector. Sin embargo, en las menores cotas del glaciar de escombros, estos procesos se ven atenuados, y predominan estructuras de colapso (termokarst).

Barsch, D. 1996. Rock glaciers: Indicators for the present and former geocology in high mountain environment. Heidelberg: Springer Verlag. 331p.

Giardino, J.R., Shoroder, J.F. Y Viteck, J.D. 1987. Rock Glacier. Allen and Unwin, 335 p, London.

Haeberli, W. 1985. Creep of mountain permafrost: internal structure and flow alpine rock glaciers. Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zürich, 77: 1-142 p.

Haeberli, W. 1990. Pilot Analysis of permafrost cores from the active Rock Glacier Murtel I, Piz Corvatsch, Eastern Swiss Alps. Versuchsants Wasserbau Hydrol Glaziol ETH Zür Arbeitsh 9, 38 p.

Harris, C. 2004. The Nature and Dynamic of Mountain Permafrost: Paper from the PACE21 Special Issue, Permafrost and periglacial processes 3: 189-391.

Milana J. P. y Güell A. 2008. Diferencias Mecánicas e Hídricas del Permafrost en Glaciares de Rocas Glacigénicos y Criogénicos, obtenidas de datos sísmicos en El Tapado, Chile. Rev. Asoc. Geol. Argent., 63, 3: 310 – 325 p.

Trombotto, D., Buk, E. y Hernández, J. 1999. Rock glaciers in the Southern Central Andes (appr. 33° S.L.), Mendoza, Argentina: a review. Bamberger Geographische Schriften 19: 145-173, Selbstverlag des Faches Geographie an der Universität Bamberg, Alemania.

Wahrhaftig, C. y Cox, A. 1959. Rock glaciers in Alaska Range, Geological Society of America, Bulletin 70: 383-436.