

Distribución altitudinal de diferentes tipos de glaciares de escombros y crioformas periglaciales. Cuenca del Río Frío, San Juan, Argentina.

Forte, Ana Paula₁ y Villarroel, Cristian Daniel₂

₁ CONICET y CIGEOBIO, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Universidad Nacional de San Juan. San Juan, Argentina.

₂ CONICET y Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. UNSJ.

Mail: anapau.forte@gmail.com

RESUMEN

La Cordillera en los Andes Centrales Argentinos posee un amplio desarrollo de geofomas del ambiente periglacial, entre las que se destacan los glaciares de escombros. En el presente trabajo se ha realizado un análisis de la distribución altitudinal de las 105 crioformas presentes en la cuenca cordillerana del río Frío, en el departamento de Calingasta, provincia de San Juan, Argentina. Para el análisis hipsométrico, se realizó un inventario de diferentes tipos de glaciares de escombros y crioformas menores, esta información ha sido vinculada y analizada en conjunto con modelos digitales de elevación para obtener la cota mínima, máxima y media de cada una de las unidades mapeadas. La disposición de altitudes medias de las crioformas se encuentra entre los 4233 y 3624 msnm. Presentando la mayor densidad de glaciares de escombros activos alrededor de los 4000 msnm, con una altura media mínima de 3850 msnm. y la máxima de 4107 msnm. Mientras que los glaciares de escombros inactivos poseen una altitud media promedio de 3950 msnm. Las crioformas menores poseen un mayor rango altitudinal, presentando la mayor densidad en la cota 3800, siendo las geofomas más desarrolladas en zonas de menores altitudes, en conjunto con los glaciares de escombros inactivos.

INTRODUCCION

El presente trabajo muestra la distribución altitudinal en la que se encuentran las diferentes tipos de glaciares de escombros y geofomas asociadas al ambiente periglacial presentes en la Cuenca del Río Frío, de la Cordillera Frontal, Calingasta, Argentina. La zona de estudio está limitada por la divisoria de agua de la subcuenca del río Frío. Dicho curso hídrico, drena hacia el río Salinas, que es un importante afluente del río Blanco, el que a su vez, alimenta el río Los Patos, el afluente más importante del río San Juan. La zona limita hacia el noreste, una conspicua divisoria de aguas a 4.200 m.s.n.m., con las nacientes de la cuenca del río Castaño. Es importante mencionar que el proyecto minero Los Azules, se encuentra dentro de esta subcuenca. La zona corresponde al Departamento de Calingasta, sector centro-oeste de la provincia de San Juan, Argentina. Las coordenadas geográficas de referencia son: 70°18'23" O y 70°11'44" O de longitud y 31°2'27" S hasta los 31°11'23" S de latitud (Figura 1).

La zona se encuentra en el ámbito de la provincia geológica de Cordillera Frontal argentina. Los resultados generales obtenidos en los procesos de relevamiento, inventario y caracterización de las geofomas asociadas al ambiente periglacial presente en la subcuenca del río Frío han sido estudiados en el trabajo final de Licenciatura en

Ciencias Geológicas de Forte (2014) y los trabajos Forte et al. (2012); Forte (2012); Forte et al. (2013); Forte y Villarroel (2013); Forte, (2014) y Forte et al. (2014).

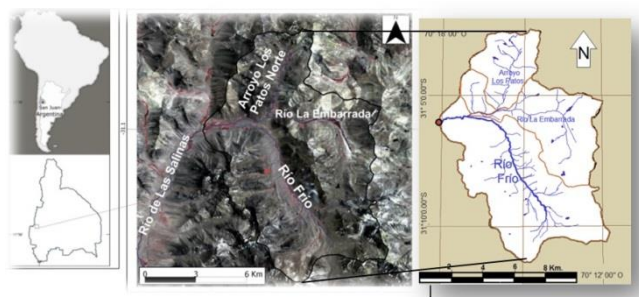


Figura 1: Zona de estudio.

Cuenca del río Frío, Calingasta, San Juan, Argentina. Coordenada del punto de cierre: 31° 6'3" S y 70°18'25" O

La investigación se enmarca en el Proyecto: "Inventario de Glaciares de la Cuenca del Río San Juan", 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. La finalidad del proyecto es brindar información para la recientemente sancionada Ley Nacional 26639 de Presupuestos Mínimos para la Preservación de Glaciares y Ambiente Periglacial en la República Argentina.

METODOLOGÍA Y MATERIALES

La zona de estudios no presenta desarrollo de ambiente glacial, sin embargo presenta un amplio desarrollo de ambiente periglacial, por lo que el inventario incluye glaciares de escombros y prótalus. La elaboración del inventario: mapeo, descripción y elaboración de base de datos se realizó en consideración de las bases establecidas por el IANIGLA (Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales), que es la institución del CONICET, a cargo de la coordinación del inventario a nivel nacional de glaciares y geoformas del ambiente periglacial protegidas por la ley nacional de Presupuestos Mínimos para la Protección de Glaciares en la República Argentina (Castro et al., 2012).

La metodología utilizada para el mapeo y digitalización de las geoformas se basa en la observación de imágenes satelitales y diversos estudios en terreno para la posterior digitalización manual de las geoformas en un proyecto SIG. Para la digitalización y edición de capas vectoriales, se utilizó el programa Kosmo 2.01 y Quantum QGIS 2.10. La clasificación de glaciares de escombros ha sido basada en la actividad de los mismos. Si bien no se han efectuado estudios sobre la dinámica actual de los glaciares de escombros en la zona con métodos geodésicos y/o topográficos, la clasificación se ha basado en rasgos geomorfológicos de los glaciares de escombros y en resultados obtenidos a partir de la estimación del espesor de la capa activa a partir de la utilización de métodos geofísicos: SEV y Tomografía Sísmica en tres glaciares de escombros de diferentes características presentes en la cuenca (Forte *et al.*, 2012; Forte *et al.*, 2013; Forte, 2014 y Forte *et al.*, 2014). Las geoformas se clasificaron en cuatro categorías: glaciares activos (GEa); glaciares inactivos (GEi); Glaciares de escombros probablemente fósiles (GEpf). Considerándose que los glaciares de escombros están activos cuando su talud o frente posee una pendiente mayor a 35° y presentan en rasgos de movimiento por procesos preglaciales y gravitatorios. Mientras que los glaciares de escombros inactivos presentan evidencias de movimiento en el pasado. Los glaciares de escombros probablemente fósiles no fueron considerados para los resultados estadísticos de inventario por no tener la certeza si se trata de glaciares de escombros inactivos (de importancia hidrológica) o si consisten en glaciares de escombros fósiles, pero que se consideraron en el presente trabajo por la significancia areal que ocupan los mismos. Se inventariaron crioformas menores tales como Protalus, prótalus lobulados, Proto-Lobs, Protalus-ramparts o embriones de glaciares de escombros criogénicos (Pr). Simultáneo al mapeo de los diferentes cuerpos se realizaron tres campañas de campo destinadas a sectores específicos de la subcuenca del río Frío, con el fin de corroborar el mapeo realizado y realizar observaciones y estudios geomorfológicos y geofísicos en glaciares de escombros, que han sido fundamentales para la caracterización de los cuerpos mapeados (Forte et al., 2012, Forte et al., 2013 y

Forte et al., 2014) disminuyendo el error y dudas del inventario geodésico.

Para el inventario se utilizaron imágenes de los satelitales LANDSAT, TERRA y CBERS 2B. Las imágenes del satélite LANDSAT del sensor TM (30 m. RE) fueron la base de georreferenciación (Tucker et al. 2004). La imagen utilizada como imagen base es AST140TH_00302042009145133_20120814093638_13566, tomada en la fecha 02/04/2009, ASTER Level-1A ortorectificadas (15 m RE) del satélite TERRA. Dicha imagen fue usada para la delimitación de los cuerpos de hielo y el sistema hidrográfico, ya que tienen una buena resolución y ortorectificación (Fujisada et al., 2005). Los datos ASTER fueron obtenidos de NASA Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DAAC), USGS/Earth Resources Observation and Science (EROS) Center, Sioux Falls, South Dakota (http://lpdaac.usgs.gov/get_data) a través del Convenio entre el programa GLIMS y el IANIGLA. Las imágenes del sensor HRC (High-Resolution Panchromatic Camera) del satélite CBERS 2B (China Brasil Earth Resources Satellite), fueron muy importantes en la digitalización manual de glaciares de escombros y crioformas, ya que con sus 2,7 m. de resolución espacial, brindan una muy buena definición de imagen. Como soporte visual se utilizaron los programas geomáticos Google Earth y Nasa World Wind. La base de datos de los cuerpos criogénicos mapeados se realizó en dos sistemas de Información Geográfica: Kosmo 2.01 y GV SIG. La base de datos tiene como objetivo compilar y relacionar todos los resultados y características de cada cuerpo de hielo, incluyendo información básica (coordenadas, nombre de cuerpos, sistema hidrográfico, provincia, etc.); descripciones cualitativas (clasificación geomorfológica, observaciones, etc.) y diversos parámetros físicos para cada cuerpo mapeado(área, altura máxima, media y mínima, orientación media y pendiente media). La cota máxima, media y mínima de cada cuerpo fue obtenida a partir de cálculos realizados con el archivo vectorial de geoformas y un Modelo Digital de Elevación (MDE), previamente pre-procesado (Fig. 2).

La hipsometría nos muestra la relación que existe entre diferentes rangos altitudinales y el área que ocupan. Este procedimiento ha sido realizado con el software gvSIG. En primer lugar se separaron cada una de las categorías de los cuerpos de hielo (glaciar de escombros activo, inactivo, probablemente fósil o prótalus) en capas individuales, aplicando un filtro. Luego se exportaron por separado los polígonos de cada tipo de cuerpos de hielo. A continuación se recortó el DEM tomando como máscara cada una de las categorías (capas de polígonos exportadas). En ENVI se trabajó con el archivo raster del DEM recortados y se realizó un gráfico con una tabla de estadísticas en donde se obtuvo la cantidad de píxeles por rango de altura. Teniendo en cuenta el tamaño del píxel que estamos utilizando y la cantidad de píxeles se determinó el área.

El cálculo se realizó con la extensión Sextante en el Sistema de Información Geográfica Kosmo 2.01. El MDE utilizado fue ASTER GDEM 2 (Global Digital Elevation Model versión 2). El mismo está disponible desde octubre de 2011, con una resolución espacial de 30 m. y es de libre distribución. El gráfico final fue obtenido en el programa de graficación Sigma Plot.

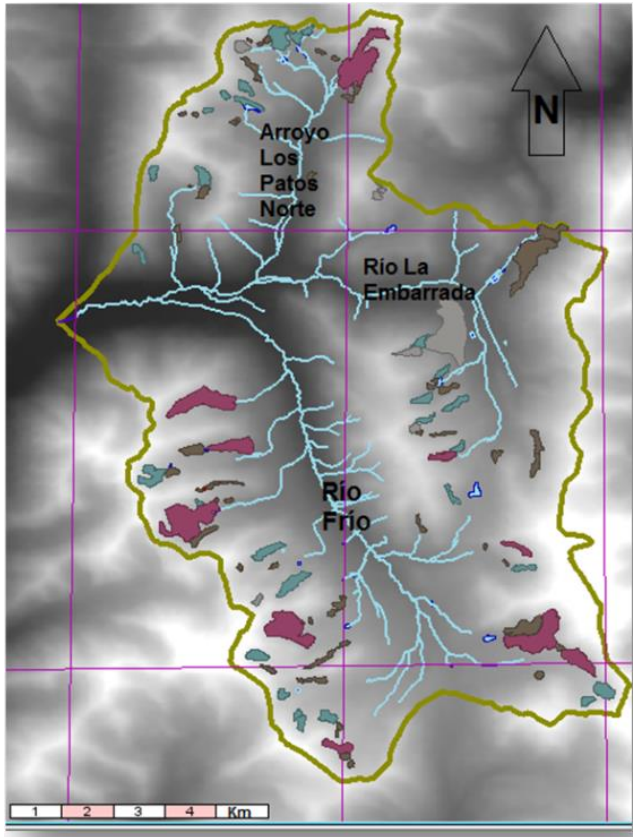


Figura 2: Subcuenca del río Frio. Se presentan las geomorfias mapeadas sobre el Modelo Digital de Elevación Aster GDEM, durante el proceso de cálculo de la altura máxima, media y mínima parciales, para cada geomorfia, las que en el gráfico, se muestran con un color característico para cada tipo de geomorfias

RESULTADO Y CONCLUSIONES

La Cuenca del río Frio se caracteriza por un amplio desarrollo de ambiente periglacial, en el que se inventariaron 105 geomorfias que cubren una superficie de 7,0948 Km², lo que representa el 6,83% del área total de la subcuenca (104 Km²). Se mapearon 10 glaciares de escombros activos, 29 glaciares de escombros inactivos, 7 glaciares de escombros probablemente fósiles y 59 protalus.

Las geomorfias periglaciales mapeadas en la Cuenca del río Frio presentan una disposición de altitudes medias entre los 4233 y 3624 m.s.n.m. (Fig. 3). Representando un rango altitudinal de aparición de geomorfias de 609 metros.

Como puede apreciarse en la Tabla N° 1 Los glaciares de escombros activos poseen una altitud media promedio de 3999 m.s.n.m. La altura media mínima de estas geomorfias es de 3850 m.s.n.m. y la máxima de 4107 m.s.n.m. Poseen el menor rango de distribución altitudinal con 257 m. Los glaciares de escombros inactivos poseen una altitud media promedio de 3957,5 m.s.n.m. La altura media mínima de estas geomorfias es de 3682 m.s.n.m. y la máxima de 4233 m.s.n.m. Con un rango de distribución altitudinal de 511 m. Los glaciares de escombros probablemente fósiles poseen una altitud media promedio de 3966 m.s.n.m. La altura media mínima de estas geomorfias es de 3729 m.s.n.m. y la máxima de 4186 m.s.n.m. Con un rango de distribución altitudinal de 457 m. Los prótalus Rampart poseen una altitud media promedio de 3944 m.s.n.m. La altura media mínima de estas geomorfias es de 3624 m.s.n.m. y la máxima de 4211 m.s.n.m. Poseen el menor rango de distribución altitudinal con 587 m.

Tabla N° 1: Máximas y mínimas cotas medias de los diferentes tipos de Geomorfias.

Tipo de Geomorfia	Altura Mín.	Altura Máx.
Glaciar de escombros activo	3850	4107
Glaciar de escombros inactivo	3682	4233
Glaciar de escombros probablemente fósil	3729	4186
Protalus Rampart	3624	4211

La mayor área de glaciares de escombros se localiza alrededor de los 4000 msnm, con un rango que va desde los 3624 msnm hasta los 4233 msnm. Hay que aclarar que las geoformas pueden llegar a menores altitudes, pero se han realizado los cálculos a partir de las alturas medias de cada geoforma. Las bajas altitudes, en general, están relacionadas con prótalus rampart, glaciares de escombros inactivos y algunos probablemente fósiles.

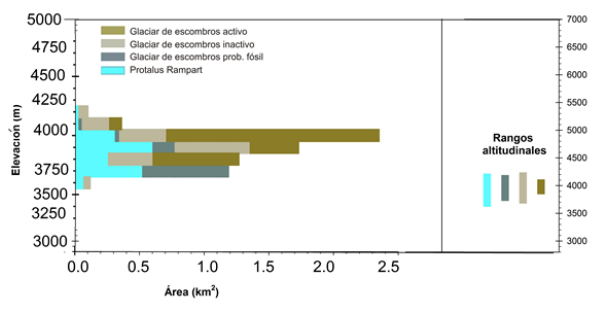


Figura 3: Hipsometría de alturas medias de los cuerpos de hielo en la subcuenca del río Frío.

BIBLIOGRAFÍA

- Castro, M., Delgado, S., Ferrari Hidalgo L., Zalazar L., Falaschid D., Lenzano G., Masiokas M., Pitte P., Ruíz L. 2012. "Manual para la realización del Inventario Nacional de Glaciares y Ambiente periglacial" IANIGLA-CONICET.
- Forte, A., Peralta, S. y Güell, A. 2012. Caracterización geomorfológica de litoglaciares ubicados en las nacientes del Arroyo Los Patos Nortes. Calingasta. San Juan. Argentina". V Congreso de Geomorfología y Cuaternario. Río Cuarto, Córdoba, Argentina.
- Forte, A. 2012. Geomorfología Periglacial en las nacientes del Arroyo Los Patos Norte. Calingasta, San Juan, Argentina". Londres, Catamarca, Argentina. VI Congreso de estudiantes de Geología (CADEG)
- Forte A., Güell A. y Villarroel C. 2013 Tomografía sísmica en glaciares de escombros en las nacientes del arroyo Los Patos Norte. Calingasta, San Juan, Argentina. Boll. Geof. Teor. Appl., 25, 263-265. ISSN 0006-6729
- Forte, A. y Villarroel C. 2013. Metodología Usada para el Inventario de Glaciares y geoformas del Ambiente Periglacial en la Subcuenca del río Frío, Cordillera Frontal, Argentina. Segundo Encuentro de jóvenes investigadores.
- Forte, A. P. 2014. Inventario de Glaciares y Geoformas del Ambiente Periglacial en la subcuenca del río Frío. Cordillera Frontal. Provincia de San Juan. Argentina. Trabajo Final de Licenciatura en Ciencias Geológicas (INEDITA). FCFN. Universidad Nacional de San Juan. Argentina.
- Forte, A. P., Peralta, Silvio H. y Güell, A. 2014. Estudios geomorfológicos y geofísicos realizados en el glaciar de escombros activo El Amarillo. Subcuenca del río Frío, Cordillera Frontal, San Juan, Argentina. XIX Congreso Geológico Argentino.
- Fujisada, H., Bailey, G. B., Kelly, G. G., Hara, S., y Abrams, M. J. 2005. ASTER DEM performance, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 43, 2707-2714.
- Tucker, C.J. 2004. NASA's global orthorectified Landsat data set. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing 70(3): 313-322.