



INVENTARIO NACIONAL DE GLACIARES

IANIGLA

CONICET

U.N. CUYO
GOBIERNO
DE MENDOZA



Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sustentable
Presidencia de la Nación

**Informe de la subcuenca
río Blanco Superior
Cuenca del río Jáchal**

**Provincias de San Juan,
Catamarca y La Rioja**

Glaciares del Monte Pissis (Foto: P. Pitte)

**MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE
PRESIDENCIA DE LA NACIÓN**

**Autoridad Nacional de Aplicación – Ley 26.639 – Régimen de Presupuestos
Mínimos para la Preservación de los Glaciares y del Ambiente Periglacial**

Presidente de la Nación: Ing. Mauricio Macri

Ministro de Ambiente y Desarrollo Sustentable: Rabino Sergio Bergman

Unidad de Coordinación General: Dra. Patricia Holzman

Secretario de Política Ambiental en Recursos Naturales: Lic. Diego Moreno

Director Nacional de Gestión Ambiental del Agua y los Ecosistemas Acuáticos: Dr. Javier García Espil

Coordinador de Gestión Ambiental del Agua: Dr. Leandro García Silva

Responsable Programa Protección de Glaciares y Ambiente Periglacial: M.Sc. María Laila Jover

**IANIGLA – CONICET
Inventario Nacional de Glaciares (ING)**

Director del IANIGLA: Dr. Fidel Roig

Coordinador del ING: Ing. Gustavo Costa

Director técnico: Dr. Pierre Pitte

Profesionales: Téc. Mariano Castro, Lic. Laura Zalazar y Lic. Lidia Ferri Hidalgo

Colaboradores: Lic. Ivanna Percker Marcosig

Mayo 2018

La presente publicación se ajusta a la cartografía oficial establecida por el Poder Ejecutivo Nacional a través del Instituto Geográfico Nacional por Ley 22963 y ha sido aprobada por Expte. EX – 2017 – 15187490 – APN – DGA#IGN, de fecha 02 de agosto de 2017

ÍNDICE

1.	Introducción	1
2.	Antecedentes	5
3.	Definiciones a los fines del Inventario	8
4.	Materiales y métodos	10
4.1.	Delimitación de cuencas hidrográficas a partir de modelos de elevación	11
4.2.	Selección de imágenes satelitales y georreferenciación	11
4.3.	Delimitación del hielo descubierto	14
4.4.	Delimitación de glaciares de escombros y glaciares cubiertos.....	15
4.5.	Base de datos del Inventario	15
4.6.	Control de campo.....	16
5.	Resultados	17
5.1.	Subcuenca río Blanco Superior, cuenca del río Jáchal	17
5.2.	Control de campo	21
6.	Bibliografía.....	22
7.	Anexos.....	25
7.1.	Imágenes utilizadas en el inventario de glaciares de la subcuenca del río Blanco Superior	25
7.2.	Control de campo	27
7.2.1.	Objetivos	27
7.2.2.	Resultados	27
7.3.	Descripción de la base de datos	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Balance de masa acumulado de 3 glaciares en la cuenca del río Jáchal (Cabrera y Leiva 2012; Cabrera y Leiva 2012).....	6
Figura 2: Retroceso de 4 glaciares en la cuenca del río Jáchal (Pitte <i>et al.</i> 2009; Pitte 2014)...	6
Figura 3: Mapa de ubicación de las subcuencas del río Jáchal.	10
Figura 4: Diagrama de flujo de la metodología.....	13
Figura 5: Digitalización manual de hielo descubierto a) Sector del Monte Pissis en una escena ALOS-AVNIR 2. b) Detalle del glaciar noroeste con la digitalización inicial. c) Mapa de inventario con la clasificación del hielo descubierto e información topográfica.	14
Figura 6: Mapa del inventario de glaciares.	18
Figura 7: Distribución de los cuerpos de hielo inventariados, subcuenca del río Blanco Superior.	19
Figura 8: Distribución del número y superficie de los cuerpos de hielo inventariados por áreas clasificadas en 8 categorías, subcuenca del río Blanco Superior.	20
Figura 9: Orientación de los glaciares.....	20
Figura 10: Hipsometría de los glaciares.	21

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Imágenes satelitales utilizadas como base para el Inventario de la subcuenca del río Blanco (ver anexo 7.1. para mayor información).....	12
Tabla 2: Área de los glaciares.	19
Tabla 3: Altura máxima y mínima por tipo de geoforma.....	21

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

ALOS: Advanced Land Observing Satellite

ASTER: Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer

ENVI: Environment for Visualizing Images

GC: Glaciar cubierto

GD: Glaciar descubierto

GDEM: Global Digital Elevation Map

GEA: Glaciar de escombros activo

GE: Glaciar de escombros

GEF: Glaciar de escombros fósil

GEI: Glaciar de escombros inactivo

GD: Glaciar descubierto

GLIMS: Global Land Ice Measurements from Space

H media: Altura media de la geoforma

IANIGLA: Instituto Argentino de Nivología Glaciología y Ciencias Ambientales

ID: Código Identificador

ING: Inventario Nacional de Glaciares

LANDSAT: Programa de satélites de observación terrestre

Lat: Latitud

Long: Longitud

MDE: Modelo Digital de Elevación

MN: Manchón de nieve

NASA: National Aeronautics and Space Administration (Estados Unidos)

PRISM: Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping

SRTM: Shuttle Radar Topography Mission

SSRH: Subsecretaría de Recursos Hídricos de Argentina

USGS: United States Geological Survey

UTM: Universal Transverse Mercator

WGMS: World Glacier Monitoring Service

1. Introducción

Argentina es uno de los pocos países del mundo que cuenta con varios miles de kilómetros cuadrados de glaciares y permafrost de montaña rico en hielo en su territorio. Según cálculos aproximados, Sudamérica tendría cerca de 25.500 km² cubiertos por glaciares, con un 15% del área total ubicada en Argentina (Williams y Ferrigno 1999; WGMS-UNEP 2007). Nuestro país ocupa el segundo lugar después de Chile, que contiene el 75% del área total de glaciares sudamericanos. Estos porcentajes colocan tanto a Chile como a la Argentina en una posición privilegiada con respecto a otros países, pero también les otorgan un mayor grado de responsabilidad para el estudio, monitoreo y protección de los glaciares en esta región del planeta. Sin embargo, a pesar de la gran extensión de hielo que existe en nuestro país y su clara importancia socio-económica, geopolítica, ambiental y científico-académica, el conocimiento actual sobre los glaciares y el ambiente periglacial en la Argentina es muy limitado. Si bien en las últimas décadas se ha avanzado significativamente en el estudio de nuestros cuerpos de hielo, aún hoy sólo un puñado de sitios han sido analizados en detalle, y en la actualidad no existe información sobre la ubicación, área total, significancia hidrológica o la historia reciente de los glaciares y geoformas periglaciales (también llamadas crioformas) a lo largo de vastas porciones de la Cordillera de los Andes.

Entre otros atributos, los cuerpos de hielo constituyen componentes cruciales del sistema hidrológico de montaña y son reconocidos como “reservas estratégicas” de agua para las zonas bajas adyacentes y gran parte de la diagonal árida del país. Si bien la nieve que se acumula cada invierno en la Cordillera de los Andes constituye la principal fuente de agua para los ríos del oeste argentino, en años “secos” o con baja precipitación nival, los glaciares y las partes que se descongelan de las crioformas tienen una contribución muy importante al caudal de los ríos andinos ya que aportan volúmenes significativos de agua de deshielo a la escorrentía ayudando a minimizar los impactos de las sequías en las actividades socio-económicas de los oasis de regadío. Por ello, la información detallada sobre el número, área y distribución espacial de los cuerpos de hielo no sólo brinda una estimación de las reservas hídricas en estado sólido existentes en las diferentes cuencas andinas, sino también información básica para conocer la capacidad reguladora de dichos cuerpos sobre los caudales de nuestros ríos en condiciones climáticas extremas.

Los glaciares de Argentina constituyen además elementos emblemáticos del paisaje andino, realzando la belleza de los principales atractivos turísticos y generando ingresos significativos para la economía nacional. El ejemplo más claro lo constituye el glaciar Perito Moreno, en el Parque Nacional Los Glaciares, provincia de Santa Cruz, que atrae a cientos de miles de turistas cada año. Los glaciares que rodean a la localidad de El Chaltén (glaciar Torre, Piedras Blancas, y de los Tres, entre otros) también constituyen importantes atractivos turísticos dentro del mismo Parque Nacional, y realzan las imponentes vistas del cerro Torre y Monte Fitz Roy o Chaltén. Otros glaciares muy visitados son los glaciares del Monte Tronador en el Parque Nacional Nahuel Huapi, provincia de Río Negro. El más conocido es tal vez el Ventisquero Negro, un glaciar cubierto por detritos al cual se puede acceder en vehículo

durante todo el año. En la provincia de Mendoza, los glaciares colgantes de la pared sur del Cerro Aconcagua y los glaciares Horcones Superior, Horcones Inferior y de los Polacos son los glaciares más conocidos. Miles de visitantes llegan cada año al Parque Provincial Aconcagua para escalar o simplemente admirar estas imponentes moles de roca y hielo.

Los cuerpos de hielo cordilleranos también constituyen excelentes laboratorios naturales para estudios científicos. Además de muchos estudios de índole hidrológica y geológica que pueden desarrollarse utilizando estos laboratorios naturales, los glaciares ocupan un lugar destacado a nivel mundial como indicadores de cambios climáticos pasados y presentes. En efecto, el rápido retroceso de los glaciares en los Andes y otras regiones montañosas del mundo es generalmente considerado como uno de los signos más claros del calentamiento que ha experimentado el planeta en las últimas décadas.

Por otra parte, los cambios relativamente rápidos en los cuerpos de hielo pueden ocasionar eventos potencialmente catastróficos para las poblaciones humanas e infraestructura ubicadas aguas abajo. En la provincia de Mendoza, el evento más conocido ocurrió entre 1933 y 1934 cuando el Glaciar Grande del Nevado del Plomo (ubicado en la subcuenca del río Tupungato) avanzó repentinamente y atravesó el valle del río del Plomo provocando el endicamiento del río y la formación de un lago de aproximadamente 3 km de largo. El 10 de enero de 1934 la presión del agua rompió el dique natural de hielo y originó un aluvión de agua, hielo y rocas que se desplazó por el valle del río del Plomo y continuó por los valles de los ríos Tupungato y Mendoza provocando graves destrozos (el famoso Hotel Cacheuta, por ejemplo, quedó completamente destruido) e incluso víctimas fatales. En 1984 el glaciar avanzó nuevamente y formó un lago de 2,8 km de longitud que afortunadamente drenó en forma gradual a través de una abertura formada en el dique de hielo. En 2007 el mismo glaciar experimentó un nuevo avance que atravesó el valle del río del Plomo pero no formó ningún lago debido a la presencia de un túnel subglacial.

Considerando los servicios ambientales que nos brindan, su alto grado de vulnerabilidad y los riesgos asociados a sus variaciones, los glaciares y geoformas periglaciales son generalmente concebidos como elementos muy valiosos del paisaje que deben ser estudiados, monitoreados y protegidos para poder conocerlos y preservarlos.

Dada la importancia que tienen los glaciares y las crioformas ricas en hielo como recurso hídrico para nuestro país, resulta imperioso desarrollar planes y estrategias de estudio y monitoreo de estas masas de hielo que permitan responder a preguntas básicas pero extremadamente relevantes como: ¿Cuántos cuerpos de hielo hay en nuestro país? ¿Qué volumen equivalente en agua tienen? ¿Qué cantidad de agua están aportando a las cuencas de nuestros ríos? ¿Qué cambios han experimentado en el pasado y qué podría esperarse en respuesta a los distintos escenarios de cambios climáticos propuestos para el siglo XXI? ¿Cómo se verían alterados por las distintas actividades humanas que se desarrollen en sus cercanías?

Conscientes de la importancia nacional y regional de los cuerpos de hielo en nuestra Cordillera, entre junio y octubre de 2010 las Honorables Cámaras de Diputados y Senadores de Argentina convirtieron en Ley un Proyecto de “Presupuestos Mínimos para la Preservación

de los Glaciares y el Ambiente Periglacial”, que contempla entre otras medidas, la creación de un Inventario Nacional de Glaciares. El 28 de Octubre de 2010 fue promulgada la Ley 26.639 de “Presupuestos Mínimos para la Preservación de los Glaciares y del Ambiente Periglacial”, la cual establece:

*ARTÍCULO 1º — Objeto. La presente ley establece los presupuestos mínimos para la protección de los glaciares y del ambiente periglacial con el objeto de preservarlos como **reservas estratégicas de recursos hídricos** para el consumo humano; para la agricultura y como proveedores de agua para la recarga de cuencas hidrográficas; para la protección de la biodiversidad; como fuente de información científica y como atractivo turístico. Los glaciares constituyen bienes de carácter público.*

ARTÍCULO 2º — Definición. A los efectos de la presente ley, se entiende por glaciar toda masa de hielo perenne estable o que fluye lentamente, con o sin agua intersticial, formado por la recrystalización de nieve, ubicado en diferentes ecosistemas, cualquiera sea su forma, dimensión y estado de conservación. Son parte constituyente de cada glaciar el material detrítico rocoso y los cursos internos y superficiales de agua.

Asimismo, se entiende por ambiente periglacial en la alta montaña, al área con suelos congelados que actúa como regulador del recurso hídrico. En la media y baja montaña al área que funciona como regulador de recursos hídricos con suelos saturados en hielo.

*ARTÍCULO 3º — Inventario. Créase el Inventario Nacional de Glaciares, donde se **individualizarán todos los glaciares y geoformas periglaciares que actúan como reservas hídricas existentes en el territorio nacional** con toda la información necesaria para su adecuada protección, control y monitoreo.*

ARTÍCULO 4º — Información registrada. El Inventario Nacional de Glaciares deberá contener la información de los glaciares y del ambiente periglacial por cuenca hidrográfica, ubicación, superficie y clasificación morfológica de los glaciares y del ambiente periglacial. Este inventario deberá actualizarse con una periodicidad no mayor de CINCO (5) años, verificando los cambios en superficie de los glaciares y del ambiente periglacial, su estado de avance o retroceso y otros factores que sean relevantes para su conservación.

*ARTÍCULO 5º — Realización del Inventario. El inventario y monitoreo del estado de los glaciares y del ambiente periglacial **será realizado y de responsabilidad del Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA)** con la coordinación de la autoridad nacional de aplicación de la presente ley.*

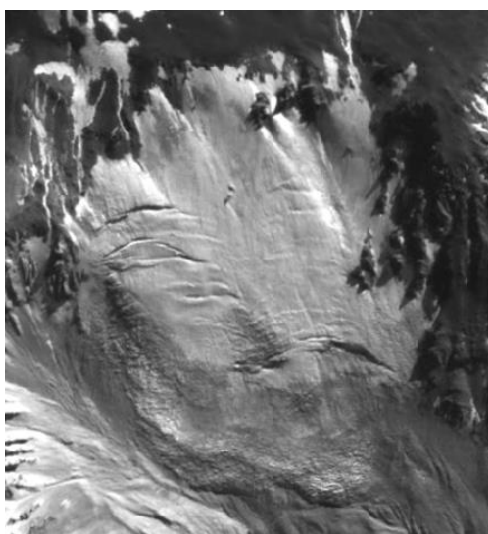
Se dará intervención al Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto cuando se trate de zonas fronterizas pendientes de demarcación del límite internacional previo al registro del inventario.

El IANIGLA por disposición transitoria (Artículo 15) de la Ley 26.639, creó el documento “Inventario Nacional de Glaciares y Ambiente Periglacial: Fundamentos y Cronograma de Ejecución” (IANIGLA 2010), en donde se desarrolla la estrategia para la realización del Inventario Nacional de Glaciares. La misma cuenta con tres niveles, de menor a mayor detalle de información. El objetivo del nivel 1 es el Inventario Nacional de Glaciares propiamente

dicho, es decir la identificación y caracterización de todos los glaciares y crioformas del ambiente periglacial que actúan como reservas hídricas estratégicas en la República Argentina. El nivel 2 tiene como objetivo conocer la variación temporal de los glaciares y crioformas a lo largo del país. Mientras que el objetivo del nivel 3 es establecer los factores ambientales que regulan el comportamiento y determinar la significancia hidrológica de estos cuerpos de hielo a la escorrentía andina.

En el presente informe se describen los resultados del inventario de glaciares de la subcuenca del río Blanco Superior, que forma parte de la cuenca del río Jáchal ubicada en la provincia de San Juan, Catamarca y La Rioja. En el mismo se identifican, mapean y caracterizan todos los glaciares, manchones de nieve perennes y glaciares de escombros que actúan como reservas estratégicas de agua en estado sólido, atendiendo a las definiciones de la Ley 26.639, el documento “Inventario Nacional de Glaciares y Ambiente Periglacial; Fundamentos y Cronograma de Ejecución”, y el decreto 207/2011 de reglamentación de la citada Ley.

El trabajo de identificación de glaciares en la subcuenca del río Blanco Superior fue elaborado en noviembre de 2014 y aprobado según resolución N°RESOL-2017-801-APN-MAD del 15 de noviembre de 2017. Este trabajo se realizó siguiendo lineamientos internacionales adaptados a condiciones locales y regionales. La metodología utilizada ha sido desarrollada por el IANIGLA (ver sección 4. Materiales y métodos) y sirve de base para el Inventario Nacional de Glaciares en Argentina.



Pequeño glaciar de circo, de 0,6 km², al sur del Cerro del Potro, en las nacientes del río Blanco (ID G696250O284101S, imagen ALOS-PRISM 28 abril 2009).

2. Antecedentes

Existen pocos estudios específicos de glaciares en la cuenca del río Jáchal, aunque desde 2005 se han publicado distintos trabajos incluyendo dos inventarios.

El primer estudio detallado se realizó para las subcuencas Los Amarillos, Turbio, Canito y Potrerillos en la subcuenca del río de la Palca (Espizua *et al.* 2006). Luego se publicaron inventarios preliminares de las zonas del Cerro del Potro (Perucca y Esper Angillieri 2008) y Nevado de Colangüil (Esper Angillieri 2009), donde se documentó la presencia de glaciares, manchones de nieve y glaciares de escombros por encima de los 3.500 msnm.

En 2010 la Secretaría de Estado de Minería de la Provincia de San Juan encargó al Instituto de Geología de la Universidad Nacional de San Juan (INGEO-UNSJ) la realización del inventario de glaciares de la provincia, en el que se mapeó únicamente el hielo descubierto (INGEO-UNSJ 2010). Tres años más tarde el gobierno provincial encargó la realización de un nuevo inventario a la UNSJ. En esta oportunidad el territorio fue dividido en dos sectores. La cuenca del río San Juan fue relevada por el INGENIO-UNSJ, mientras que la cuenca del río Jáchal fue relevada por el Instituto de Investigaciones Hidráulicas (IDIH-UNSJ). La zona inventariada incluyó únicamente los glaciares de la provincia de San Juan, es decir que, en la cuenca del río Jáchal se excluyó la parte de la cuenca ubicada en las Provincias de La Rioja y Catamarca (IDIH-UNSJ 2013).

Por otra parte, en la cuenca del río Jáchal se están realizando estudios de balance de masa en los glaciares: los Amarillos, Brown superior y Conconta norte (Cabrera y Leiva 2012; Cabrera y Leiva 2012). El objetivo de estas mediciones es conocer la variación de la masa (cantidad de hielo) de un glaciar a lo largo del tiempo. El balance de masa permite estudiar la relación entre el comportamiento de los glaciares y el clima, así como cuantificar la contribución hidrológica de los glaciares a la escorrentía regional. El método clásico, llamado glaciológico, consiste en realizar mediciones de campo en la superficie del glaciar. Para ello se mide la acumulación de nieve al final del invierno y el derretimiento de nieve y hielo al final del verano. Los resultados se expresan en mm de agua equivalente, es decir como una variación promedio en toda la superficie del glaciar. Los glaciares estudiados en la cuenca del Jáchal han tenido balances de masa anuales persistentemente negativos, con pérdidas totales de entre -3,5 y -6,2 m de agua equivalente para el período 2007-2012 (Figura 1) (Cabrera y Leiva 2012; Cabrera y Leiva 2012).

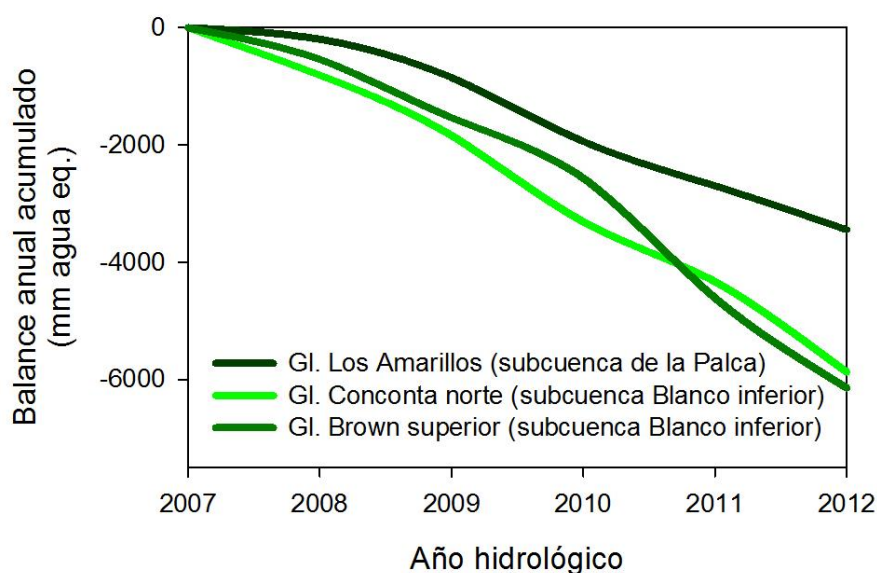


Figura 1: Balance de masa acumulado de 3 glaciares en la cuenca del río Jáchal (Cabrera y Leiva 2012; Cabrera y Leiva 2012).

Las variaciones recientes de superficie y largo de algunos glaciares del sector, también han sido estudiadas. La posición del frente de los glaciares ha retrocedido entre 50 y 350 m (Figura 2) y se observó una pérdida de área superior al 30% para el período 1959-2010 (Pitte *et al.* 2009; Pitte 2014).

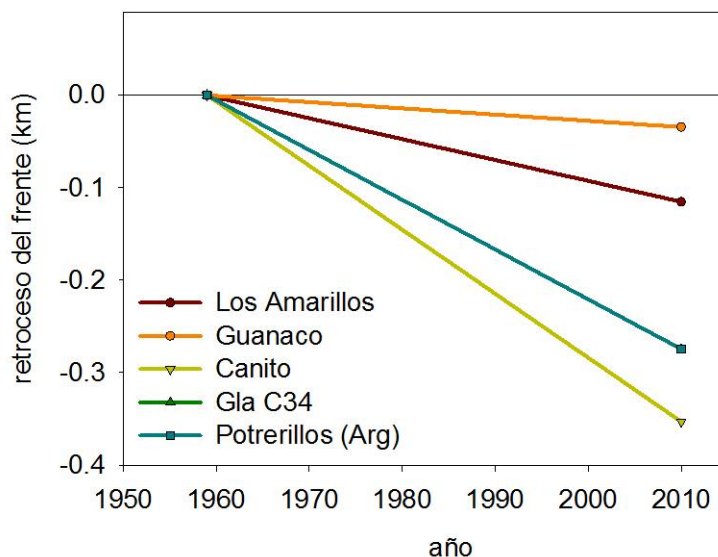
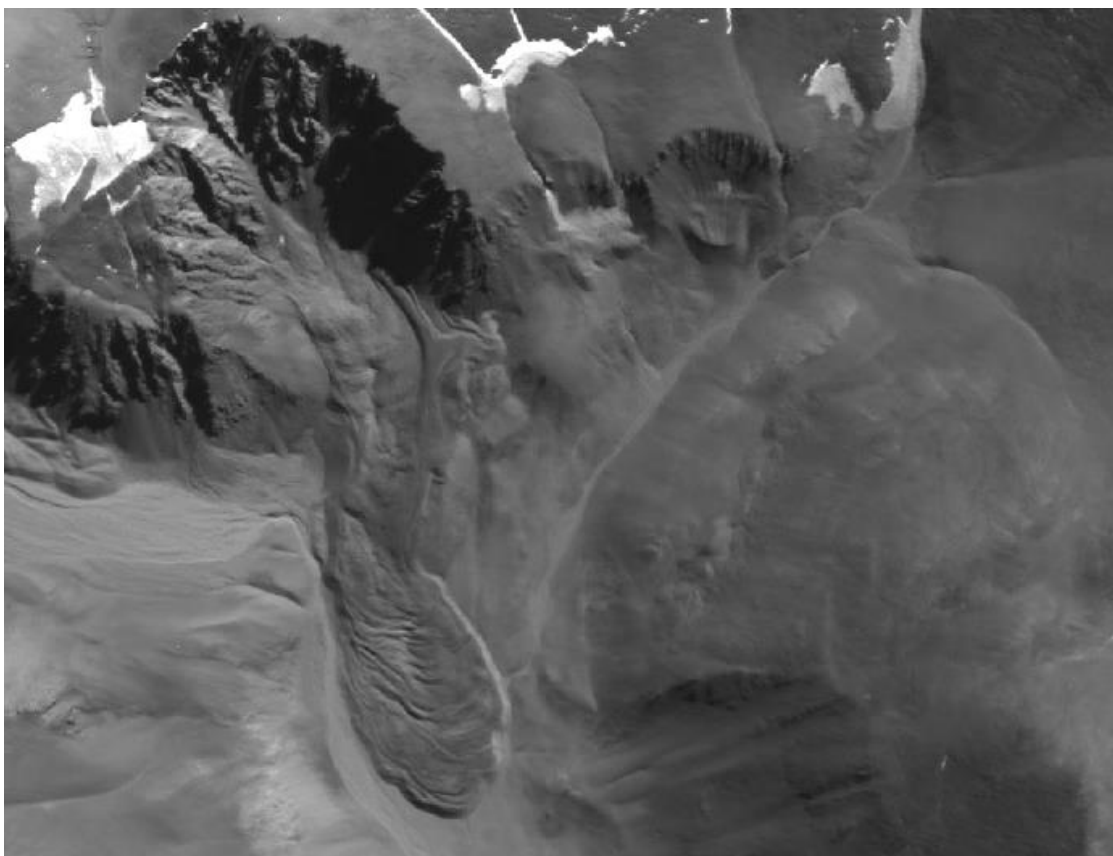


Figura 2: Retroceso de 4 glaciares en la cuenca del río Jáchal (Pitte *et al.* 2009; Pitte 2014).



Glaciar de escombros de origen glaciar de 0,49 km², al norte del Cerro del Potro (ID G695453O283590S, imagen ALOS-PRISM 28/04/2009).

3. Definiciones a los fines del Inventario

A los fines específicos y operativos del Inventario Nacional de Glaciares, el IANIGLA propuso en el documento: “**Inventario Nacional de Glaciares y Ambiente Periglacial: Fundamentos y Cronograma de Ejecución**”, (http://www.glaciaresargentinos.gob.ar/wp-content/uploads/legales/fundamentos_cronograma_ejecucion.pdf IANIGLA 2010) definiciones específicas y un tamaño mínimo de los cuerpos de hielo a inventariar dentro del ambiente glacial y periglacial de Argentina. El objetivo de estas definiciones es aclarar las características básicas de los diferentes cuerpos identificados en las imágenes satelitales y los procesos que las originan, para que puedan ser reconocidos por los técnicos sin lugar a ambigüedades. Estos criterios han sido empleados en los inventarios de cuerpos de hielo para la subcuenca del río Blanco Superior.

Las reservas hídricas estratégicas en estado sólido, en el territorio de la República Argentina, se pueden agrupar en dos grandes grupos: glaciares (descubiertos y cubiertos) y glaciares de escombros. Estos grandes grupos contienen, tanto en volumen como en superficie cubierta, las mayores reservas hídricas en estado sólido de la cordillera. No existe en la actualidad información precisa sobre la relevancia hidrológica de otras crioformas presentes en la Cordillera de los Andes, pero se estima que la misma es significativamente inferior comparada con los glaciares (descubiertos y cubiertos) y los glaciares de escombros. Por ello se ha propuesto estudiar, a través de las investigaciones relacionadas con el Nivel 3 del Inventario Nacional de Glaciares, el aporte de los suelos congelados y otras crioformas al caudal de los ríos andinos. En el caso de establecerse que la contribución hidrológica de otras crioformas sea relevante, las mismas serán incluidas en futuros inventarios.

Si bien las definiciones que aquí se presentan son más amplias que otras utilizadas para estudios específicos, las mismas concuerdan por un lado con los lineamientos generales del *World Glacier Monitoring Service* (WGMS) y de la *International Permafrost Association* (IPA), y además cumplen con la propiedad principal que debe tener un cuerpo de hielo para ser incluido en el Inventario, su condición de reserva de agua en estado sólido. Es, respetando estos dos conceptos, que se proponen las siguientes definiciones:

Glaciar (descubierto y cubierto): cuerpo de hielo permanente generado sobre la superficie terrestre a partir de la compactación y recristalización de la nieve, con o sin cobertura detrítica significativa, que sea visible por períodos de al menos 2 años, con evidencias de movimiento por gravedad (grietas, ojivas, morenas medias) o no (*) y de un área mayor o igual que 0,01 km² (una hectárea).

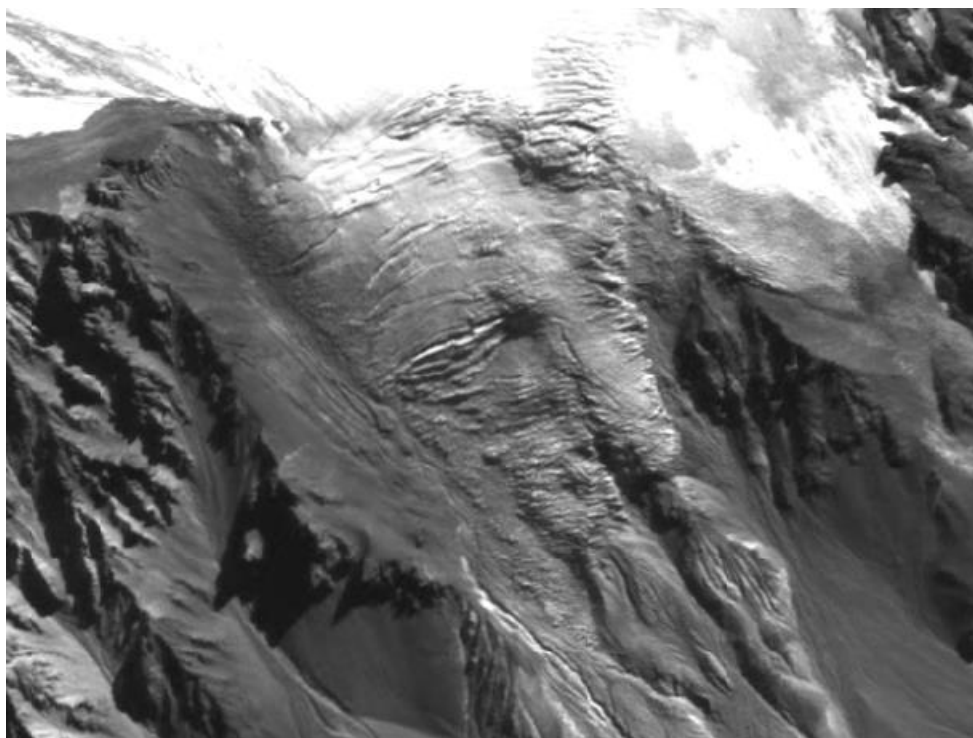
(*): Dentro de esta definición de glaciar se incluyen a los **manchones de nieve permanentes / glaciaretas** que, como no tienen evidencia de movimiento, en general no se consideran glaciares. Sin embargo, dado que los manchones de nieve permanentes / glaciaretas son reservas significativas de agua en estado sólido, se han incluido en el inventario.

Glaciar de escombros: cuerpo de detrito congelado y hielo, con evidencias de movimiento por acción de la gravedad y deformación plástica del *permafrost*, cuyo origen está relacionado

con los procesos criogénicos asociados con suelo permanentemente congelado y con hielo subterráneo o con el hielo proveniente de glaciares descubiertos y cubiertos, y de un área mayor o igual que 0,01 km² (una hectárea). Los glaciares de escombros dependen fuertemente del aporte de detritos, nieve y hielo.

Los glaciares de escombros se pueden clasificar por su grado de actividad en **activos**, **inactivos** y **fósiles** (Haerberli 1985; Ikeda 2004). Los glaciares de escombros activos presentan frentes abruptos ($>35^\circ$) con lineamientos de flujo, crestas y surcos longitudinales y transversales bien definidos. Una vez que dejan de moverse se llaman inactivos y aparecen como geoformas colapsadas con menor pendiente en el frente ($<35^\circ$), también puede aparecer cierta cobertura vegetal. El cuerpo de sedimentos que permanece una vez que el hielo se ha derretido se llama glaciar de escombros fósil (Barsch 1978; Trombotto 2002; Brenning 2005). Esta última categoría no ha sido incluida en el inventario por no tener importancia hidrológica.

Glaciar cubierto con glaciar de escombros: en los Andes Centrales existen numerosos casos en los que un sector de hielo cubierto por detritos se transforma gradualmente en un glaciar de escombros. En general es muy difícil identificar y determinar la posición del límite entre el hielo cubierto (ambiente glaciar) y el glaciar de escombros glacigénico (ambiente periglacial) en base a sensores remotos, en particular si no se cuenta con información adicional proveniente de estudios detallados de campo. Por ello, en las tareas de inventario se ha utilizado una categoría nueva denominada glaciar cubierto con glaciar de escombros que incluye las porciones de hielo cubierto junto con el glaciar de escombros que se desarrolla a sus costados o en su porción terminal.



Cascada de hielo en el frente del glaciar del Potro (sector Argentino), en las nacientes del río Blanco (ID G696113O283946S, imagen ALOS-PRISM 28 abril 2009).

4. Materiales y métodos

La ejecución del Inventario Nacional de Glaciares sigue las normativas internacionales establecidas por el *World Glacier Monitoring Service* (Müller *et al.* 1977; WGMS 2012) y las normativas del Programa *Global Land Ice Measurements from Space* (Raup *et al.* 2007; Racoviteanu *et al.* 2009).

El presente informe corresponde al Inventario Nacional de Glaciares de la subcuenca río Blanco Superior que forma parte de la cuenca del río Jáchal. La cuenca del río Jáchal ocupa una superficie de unos 24.790 km² y, para el inventario de glaciares, se han considerado las siguientes subcuencas o sectores (Figura 3):

- **Subcuenca río Blanco Superior (10.330 km²)**
- **Subcuenca río de la Palca (5.640 km²)**
- **Sector río Blanco Inferior (8.820 km²)**

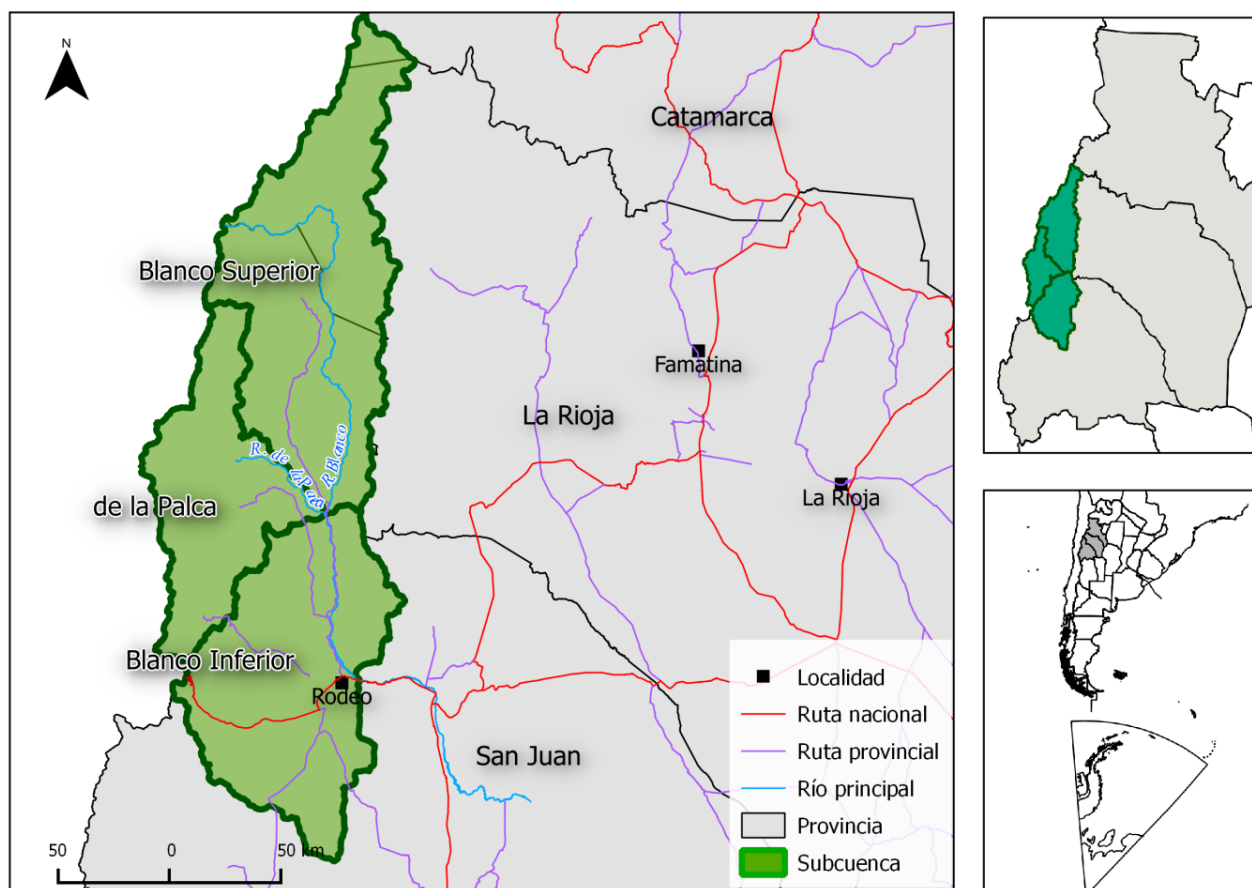


Figura 3: Mapa de ubicación de las subcuencas del río Jáchal.

4.1. Delimitación de cuencas hidrográficas a partir de modelos de elevación

La delimitación de cuencas hidrográficas se realizó con información proveniente del modelo digital de elevación (MDE) *Shuttle Radar Topography Mission ver. 4* (SRTM v.4), que tiene una cobertura cuasi-global y está disponible en forma libre (<http://earthexplorer.usgs.gov/>). El SRTM fue generado a partir de datos obtenidos con un radar de apertura sintética, banda C, montado en un transbordador, que realizó las observaciones durante 15 días en febrero del año 2000. La resolución espacial nominal de 3" por 3" representa un píxel de 90 m y se encuentra organizado en subescenas de 5° de latitud por 5° de longitud. El error horizontal es de unos 20 m y el error vertical es de unos 9 m (Farr *et al.* 2007).

El procesamiento del SRTM fue realizado en el módulo GRASS del programa libre QGIS (<http://www.qgis.org/>), en el que se delimitaron las cuencas y subcuencas. Cuando se observó un ajuste deficiente entre el MDE y la imagen de base, se procedió a editar y corregir manualmente la subcuencas en base a la imagen, que tiene una mayor resolución espacial. La edición manual de las cuencas fue realizada empleando el programa libre KOSMO (<http://www.opengis.es/>).

En el sector limítrofe entre Argentina y Chile, la cuenca fue adaptada de acuerdo al límite acordado por ambos países según datos del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

4.2. Selección de imágenes satelitales y georreferenciación

El inventario se realizó con 3 imágenes ASTER-VNIR del año 2009 y 1 imagen ALOS-AVNIR 2 del año 2010 (Tabla 1). Como apoyo se utilizaron otras imágenes: ALOS-PRISM y LANDSAT-TM y las imágenes disponibles en el aplicativo Bing. Las imágenes LANDSAT se emplearon como base de georreferenciación ya que han sido procesadas por la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) de manera uniforme a escala global (Tucker *et al.* 2004). Las imágenes de mayor resolución espacial fueron utilizadas para identificar glaciares de escombros y para distinguir glaciares de manchones de nieve.

Las escenas ASTER fueron obtenidas de la base de datos Earthexplorer (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) mediante un convenio del IANIGLA-CONICET con el programa GLIMS. Las imágenes ALOS (AVNIR y PRISM) fueron provistas por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE). Las escenas LANDSAT fueron obtenidas gratuitamente del USGS/*Earth Resources Observation and Science* (EROS).

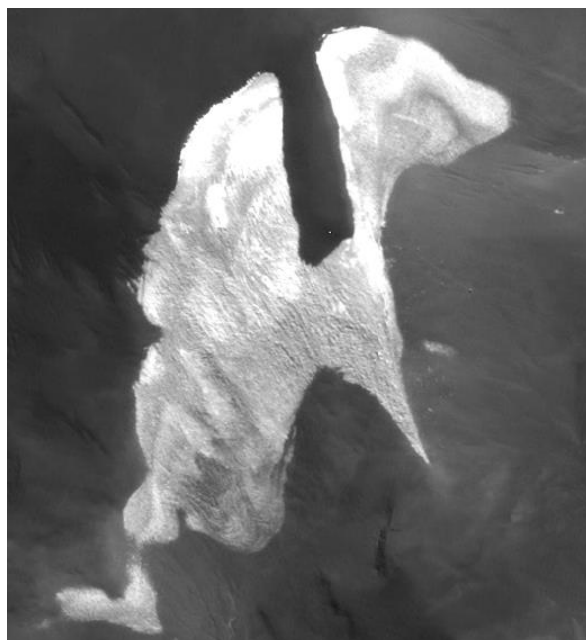
En la selección de imágenes se buscaron las escenas disponibles coincidentes con el fin del año de balance de masa, que en la zona de la cuenca del río Jáchal, corresponde los meses Febrero-Abril. Se priorizaron las escenas con la menor presencia de nieve estacional y con la menor cobertura de nubes posible, ya que ambos factores dificultan la identificación de los glaciares y manchones de nieve perennes.

Tabla 1: Imágenes satelitales utilizadas como base para el Inventario de la subcuenca del río Blanco Superior.

Satélite/sensor	ID imagen	Fecha
ASTER-VNIR	00302042009145040	04 febrero 2009
ASTER-VNIR	00302042009145049	04 febrero 2009
ASTER-VNIR	00304182009144436	18 abril 2009
ALOS-AVNIR	ALAV2A224864160	14 abril 2010

En este trabajo las coordenadas están referidas al sistema de referencia global WGS84, y el sistema de proyección elegido es el UTM (Universal Transversal Mercator). Este sistema de referencia y proyección es utilizado internacionalmente, lo que permitirá comparar los resultados obtenidos en el presente trabajo con información de otros países. Las superficies están expresadas en kilómetros cuadrados y como superficies proyectadas en un plano horizontal, mientras que las altitudes están expresadas en metros sobre el nivel medio del mar (msnm).

Con respecto a la georreferenciación, se empleó como base un mosaico de imágenes LANDSAT del 12 de febrero de 2009. Las distintas etapas de la metodología utilizada se indican en el diagrama de flujo de la Figura 4.



Manchón de nieve de forma irregular, de 0,46 km², en las nacientes del río Salado (ID G689042O277588S, imagen ALOS-PRISM 14/04/2010).

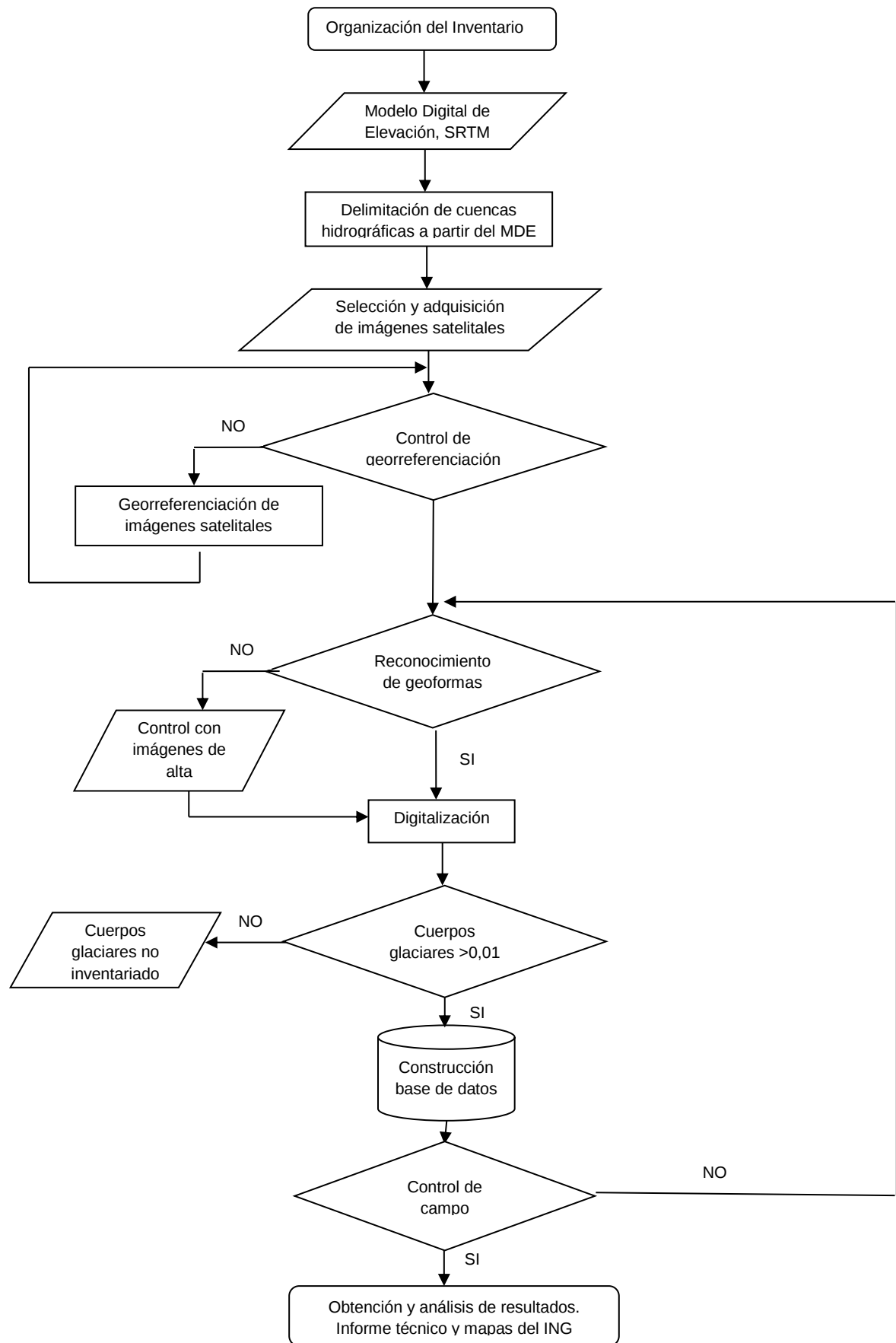


Figura 4: Diagrama de flujo de la metodología.

4.3. Delimitación del hielo descubierto

La digitalización de los cuerpos de hielo se realizó de forma manual debido a que la cuenca de estudio no posee grandes cantidades de glaciares descubiertos y los mismos se caracterizan por ser de pequeñas dimensiones. La identificación manual (Figura 5) es un método robusto y sencillo (Stokes et al. 2007), se utilizó el programa QGIS empleando las imágenes de base citadas en Tabla 1.

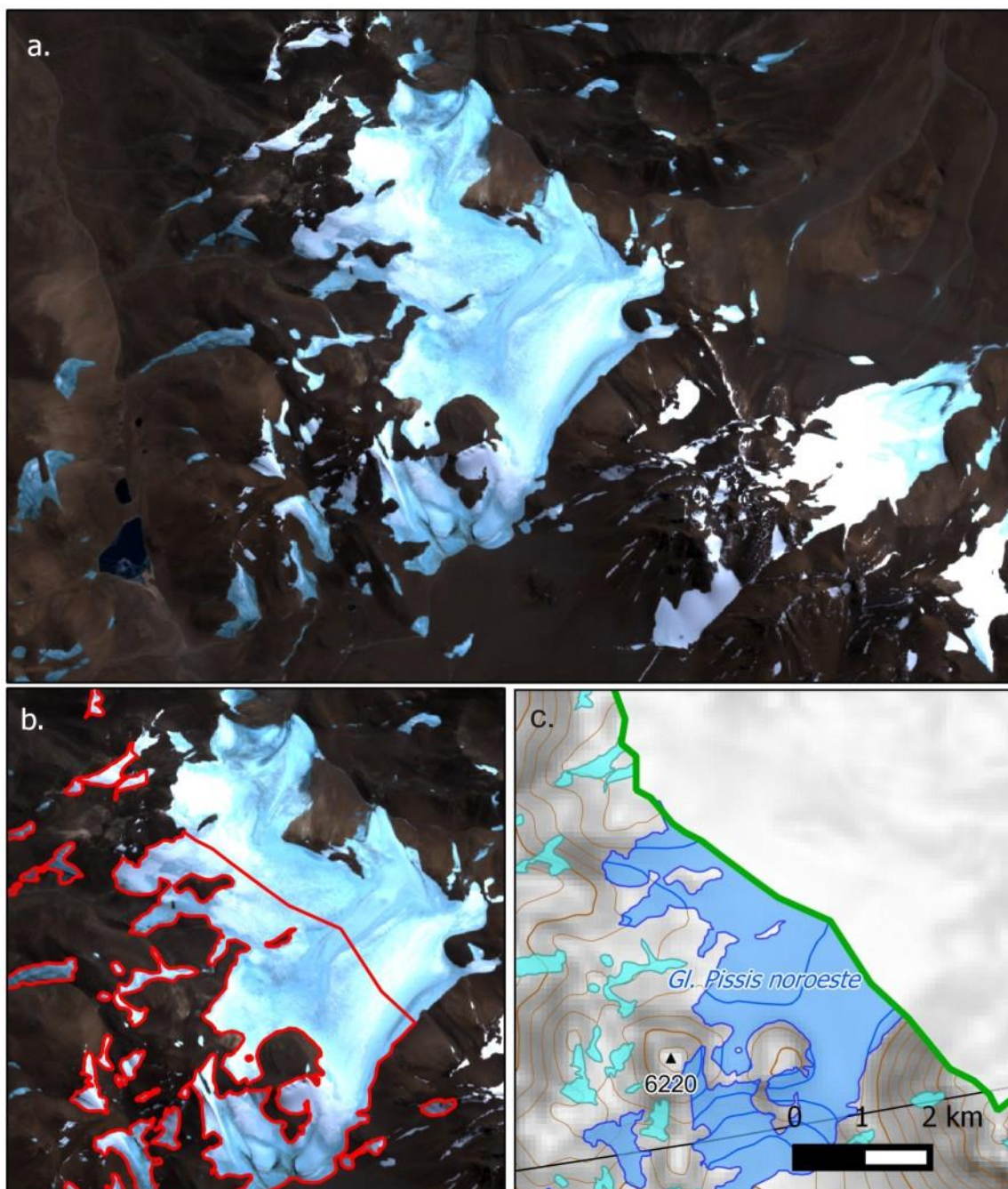


Figura 5: Digitalización manual de hielo descubierto a) Sector del Monte Pissis en una escena ALOS-AVNIR 2. b) Detalle del glaciar noroeste con la digitalización inicial. c) Mapa de inventario con la clasificación del hielo descubierto e información topográfica.

4.4. Delimitación de glaciares de escombros y glaciares cubiertos

En el caso del mapeo para glaciares cubiertos de detrito y glaciares de escombros, la digitalización manual sigue siendo la metodología más utilizada a nivel internacional (Stokes et al. 2007). En ese sentido, las imágenes de alta resolución espacial son las herramientas más indicadas para delimitar estos cuerpos de hielo. Por este motivo se utilizaron imágenes satelitales de alta resolución espacial PRISM (ALOS), que permiten detectar la textura de estas geoformas. La digitalización de los glaciares, al igual que la edición de las subcuencas, fue realizada con el programa QGIS.

4.5. Base de datos del Inventario

La base de datos del Inventario Nacional de Glaciares incluye la identificación de cada una de las unidades, su clasificación morfológica, y parámetros morfométricos: área, largo, altura máxima, media y mínima, orientación, pendiente y largo total (ver Anexo 7.3. Descripción de la base de datos). La base de datos también se construyó con el programa QGIS.

Para clasificar los glaciares se usaron las normativas internacionales en uso (principalmente del WGMS y GLIMS) con adaptaciones debido a las particularidades de los cuerpos de hielo en los Andes Centrales de Argentina. En esta zona, los glaciares de escombros representan un recurso hídrico de gran importancia. Las clasificaciones internacionales fueron ampliadas para incorporar este tipo de glaciares y sus características.

La clasificación morfológica se basa en la forma y características propias de los cuerpos de hielo. Basándonos en GLIMS las formas primarias son:

0. Incierto
1. Sábana de hielo continental
2. Campo de hielo
3. Calota de hielo
4. De descarga
5. De valle
6. De montaña
7. Glaciarete y/o manchón de nieve permanente
8. Barrera de hielo
9. Glaciar de escombros
10. Corriente de hielo

Más detalles sobre la clasificación de los cuerpos de hielo se encuentran en la página web http://www.glims.org/MapsAndDocs/assets/GLIMS_Glacier-Classification-Manual_V1_2005-02-10.pdf

Según GLIMS un glaciar o masa de hielo perenne identificado por un único ID (código identificador), consiste en un cuerpo de hielo y nieve que se observa al final de la estación de ablación o en el caso de los glaciares tropicales cuando no hay nieve transitoria. Esto incluye como mínimo todos los tributarios y masas de hielo que contribuyen a la alimentación del glaciar principal, además de las partes cubiertas de detrito. Según estos lineamientos quedan excluidos los afloramientos rocosos y nunataks. Ver definición en:

http://www.glims.org/MapsAndDocs/assets/GLIMS_Analysis_Tutorial_a4.pdf.

El código internacional **ID_GLIMS** de un glaciar es generado a partir de las coordenadas geográficas de un punto ubicado en el interior del mismo. Cuando las longitudes corresponden al Oeste, las mismas son convertidas al Este mediante la adición de 360 grados ($-69.232+360 = 290.768$). De esta manera se facilita el acceso de la información del inventario a un nivel internacional de referencia.

Hay que aclarar que en algunos casos las geoformas glaciarias descritas en este informe, pueden estar compuestas por secciones de más de un tipo de glaciar (por ejemplo descubierto, cubierto y de escombros) formando parte de una sola unidad glaciar, con un único ID. Por esta razón el número de glaciares no coincide estrictamente con el número de polígonos de hielo observados en el mapa.

Por tanto, el ID de un glaciar es un código de carácter único que representa a cada uno de los glaciares inventariados. Para ello hemos definido un código **ID_local** que consiste en las coordenadas geográficas de un punto ubicado en el interior de cada geoforma (similar al ID_GLIMS salvo que en el caso del ID_local la longitud está referida al Oeste). Las coordenadas son expresadas en grados decimales de longitud Oeste y latitud Sur.

La información de posición de cada geoforma viene dada por un código de cuenca, que provee información sobre la provincia, la cuenca y sub-cuencas donde se encuentra el cuerpo de hielo inventariado.

4.6. Control de campo

Los glaciares argentinos se ubican a lo largo de la Cordillera de los Andes, en lugares inaccesibles, a gran altura y en zonas carentes de infraestructura vial, por lo que aun hoy encontramos zonas montañosas inexploradas. Las campañas del nivel 1 del ING tienen como objetivo relevar y documentar la presencia y el estado de glaciares, particularmente de aquellos para los que no existe o se tiene muy poca información. Además de obtener información en forma directa se busca generar un banco fotográfico que servirá para dar a conocer y monitorear un gran número de glaciares.

5. Resultados

5.1. Subcuenca río Blanco Superior, cuenca del río Jáchal

La subcuenca Blanco Superior, con punto de cierre en la confluencia con el río de la Palca (2.200 msnm), abarca 10.330 km². Desde el punto de cierre hacia el noroeste la subcuenca se extiende hasta la Sierra de la Punilla, que es el límite entre las provincias de San Juan hacia el oeste y La Rioja hacia el este. La sierra tiene alturas máximas de 4.500 a 4.900 msnm. Más al norte, la subcuenca se extiende hasta los cerros La Falda (4.829 msnm), Fandango (5.612 msnm), Veladero (6.436 msnm), Bonete Grande (5.943 msnm) y el Monte Pissis (6.882 msnm), que es el mayor macizo de toda la subcuenca. Los primeros manchones de nieve se observan al norte del cerro Fandango, por encima de los 5.150 msnm. Entre el cerro Veladero y el Monte Pissis se ubica el glaciar más extenso (gl. Pissis noroeste 18,38 km², de los cuales 8,82 km² drenan a la cuenca del río Blanco Superior) y el mayor número de manchones de nieve perennes de la subcuenca. Desde el Monte Pissis la cuenca se extiende hacia el noroeste hasta el Hito XV-5 Portezuelo de arroyo Pampa (4.788 msnm). Desde ese punto, la cuenca sigue el límite internacional unos 160 km hacia el sur, hasta el Paso del Rincón de la Flecha (4.741 msnm). En este tramo, varios cerros superan los 5.000 msnm: Come Caballos (5.211 msnm), Colorado (5.171 msnm) y el Co. del Potro (5.871 msnm), cuyo glaciar principal es el segundo más extenso, con 8,3 km², de los cuales 4 km² drenan en la subcuenca estudiada. En el Paso del Rincón de la Flecha, la subcuenca se separa del límite internacional y se dirige hacia el sudeste, siguiendo la Cordillera de San Guillermo, hasta el punto de cierre.

La subcuenca Blanco Superior del río Jáchal se extiende por tres provincias: San Juan, La Rioja y Catamarca. En la provincia de San Juan abarca 5.800 km² (57% de la subcuenca) e incluye el mayor número de glaciares de escombros así como algunos manchones de nieve. El límite entre las provincias de San Juan y La Rioja pasa entre el Co. Chaparro (4.013 msnm) y el Co. del Potro. En la provincia de La Rioja la subcuenca abarca 4.130 km² (40%). El límite entre las provincias de La Rioja y Catamarca es una poligonal entre el Monte Pissis y el Co. Vidal Gormaz (5.470 msnm), es decir que unos 320 km² (3%) de la subcuenca estudiada se ubican en la provincia de Catamarca, incluyendo el glaciar Pissis noroeste de 18,5 km², de los que 9,8 km² drenan a la subcuenca Blanco Superior (ver Figura 6).

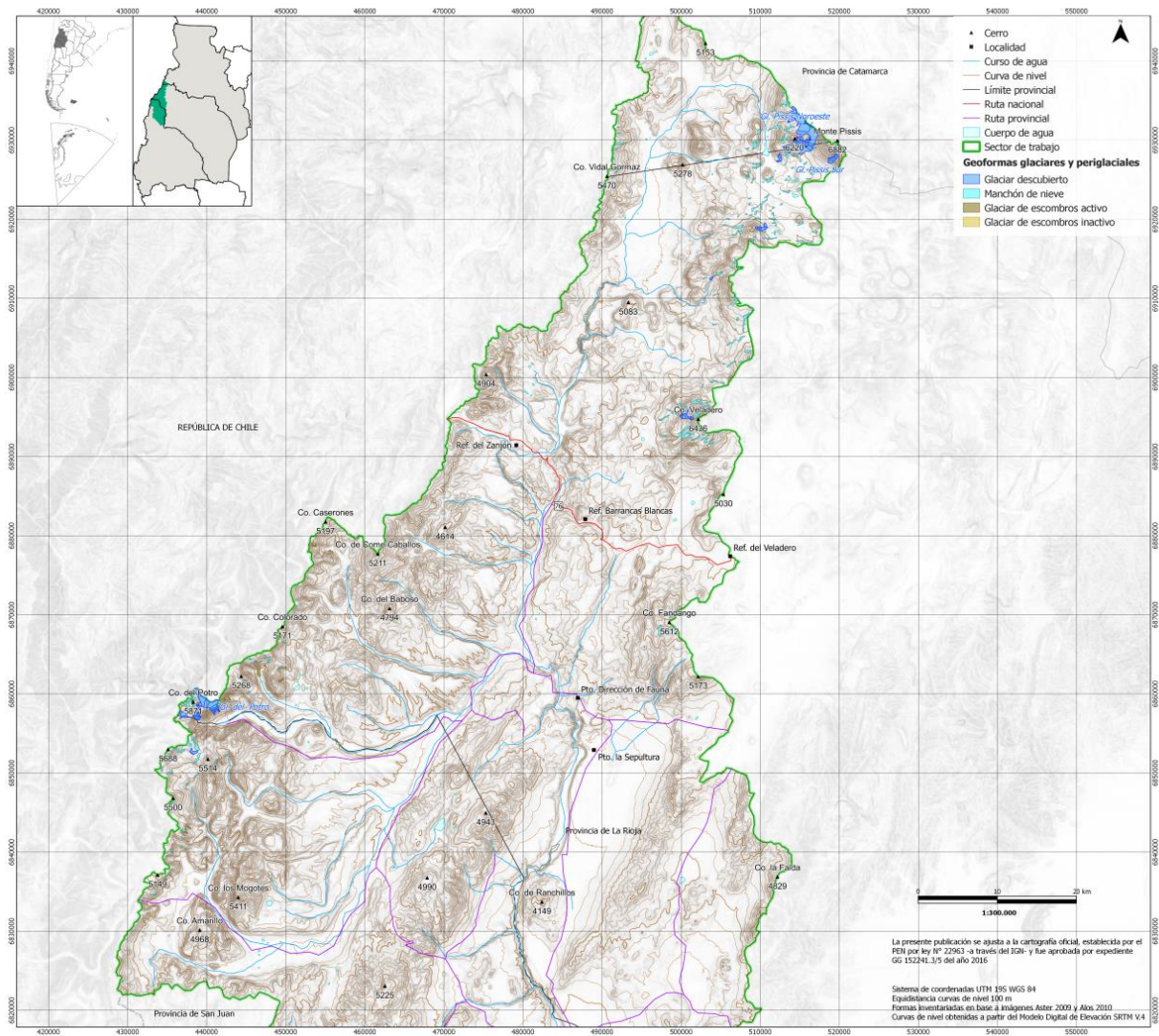


Figura 6: Mapa del inventario de glaciares.

Se han inventariado un total de 268 glaciares ($37,86 \text{ km}^2$), que ocupan el 0,4 % de la superficie de la subcuenca. Los glaciares descubiertos y manchones de nieve representan cada uno el 46% y 49% del área de las geoformas mapeadas. El número y la superficie total de los manchones de nieve es mucho más importante que en las regiones más al sur. Esto se debe, en parte, a las condiciones de aridez que previenen el desarrollo de glaciares medianos o grandes. Por otra parte, los glaciares de escombros representan tan solo el 5% del total (Tabla 2 y Figura 7). El amplio predominio del hielo descubierto marca una importante diferencia con los Andes Centrales, donde la relación entre hielo descubierto y cubierto es más equilibrada.

Tabla 2: Área de los glaciares.

Tipo de geoforma inventariada	Área (km ²)
Glaciar descubierto	17,46
Manchones de nieve/glaciaretos	18,69
Glaciar de escombros	1,71
Total	37,86

Superficie total cubierta por cuerpos de hielo: 37,86km²
Total de geoformas inventariadas: 268

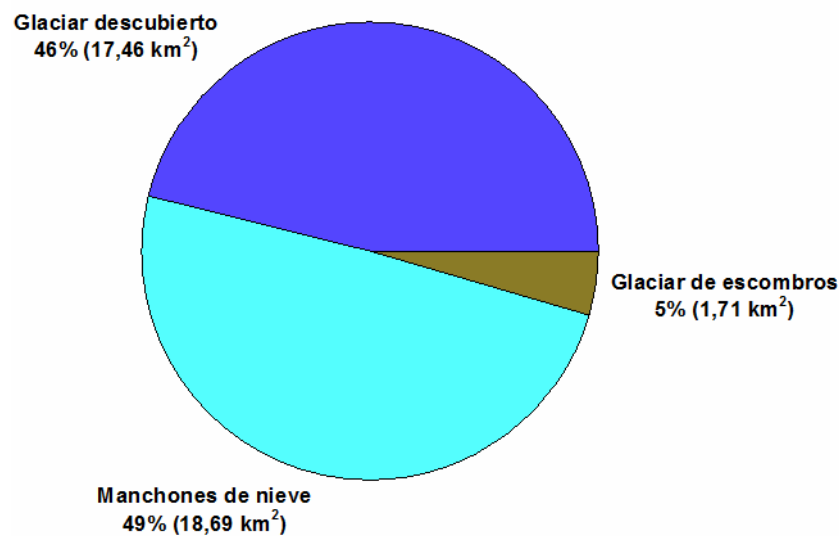


Figura 7: Distribución de los cuerpos de hielo inventariados, subcuenca del río Blanco Superior.

Los glaciares mayores a 0,5 km² (17 km²) representan 45% del área total inventariada, mientras que los más pequeños abarcan el 55% (Figura 8). Normalmente, se espera una distribución de tipo exponencial con proporciones cada vez mayores en las categorías de área más grande. No obstante, en este caso se destaca la categoría 0,1-0,5 km² que con 13 km² está muy encima de los ~4 km² esperables.

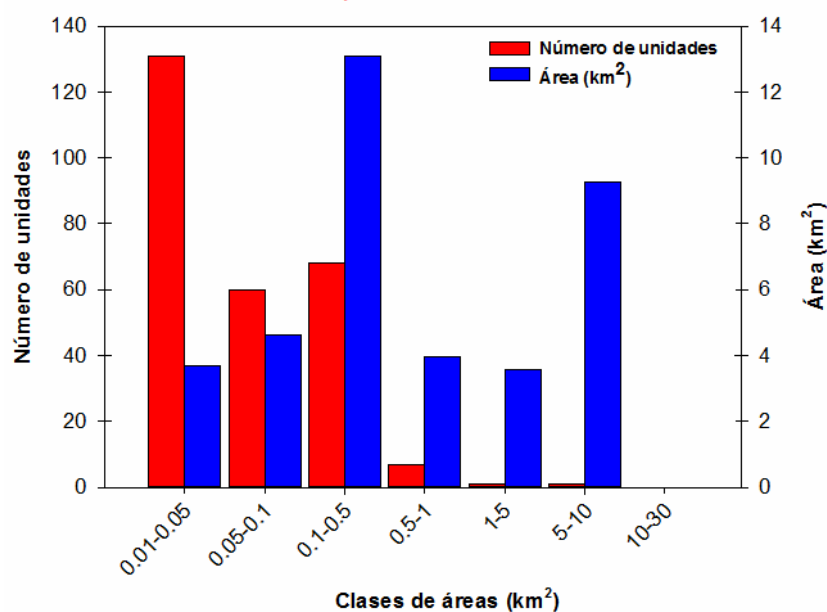


Figura 8: Distribución del número y superficie de los cuerpos de hielo inventariados por áreas clasificadas en 8 categorías, subcuenca del río Blanco Superior.

En los Andes Desérticos existe un fuerte control de la radiación solar, que inhibe el desarrollo de glaciares en las laderas cálidas (exposición norte). En la subcuenca del río Blanco Superior la exposición de los glaciares tiene una distribución dominante hacia el sureste (Figura 9). No obstante, se observa un máximo hacia el NE debido al glaciar Pissis noroeste que se desarrolla entre 6.100 y 5.700 msnm.

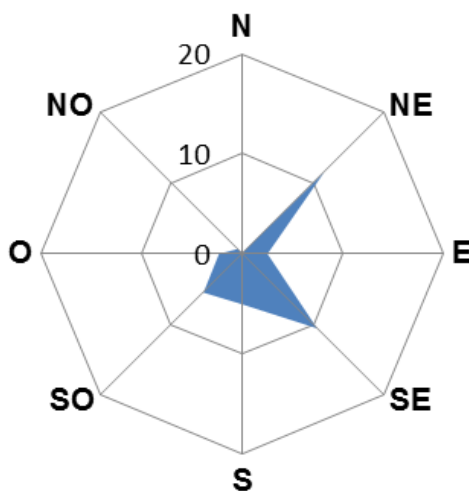


Figura 9: Orientación de los cuerpos de hielo inventariados en la subcuenca Blanco Superior.

Los glaciares y manchones de nieve (hielo descubierto) de la subcuenca se encuentran en alturas muy elevadas, con un 80% de su superficie encima de los 5.200 msnm (Figura 10). A esa altura la temperatura anual del aire es cercana a los -8°C. El rango altitudinal donde se encuentra el hielo descubierto (glaciares y manchones de nieve) es de 1.900 msnm. En cambio, los glaciares de escombros se desarrollan encima de los 4.200 msnm a temperaturas anuales menores a -1°C, en un rango altitudinal mucho más acotado, de 800 m (Tabla 3).

Tabla 3: Altura máxima y mínima por tipo de geoforma.

Tipo de glaciar	Altura mínima observada (msnm)	Altura máxima observada (msnm)
Glaciar descubierto	4.668	6.606
Manchones de nieve/glaciaretos	4.603	6.715
Glaciar de escombros	4.208	4.944

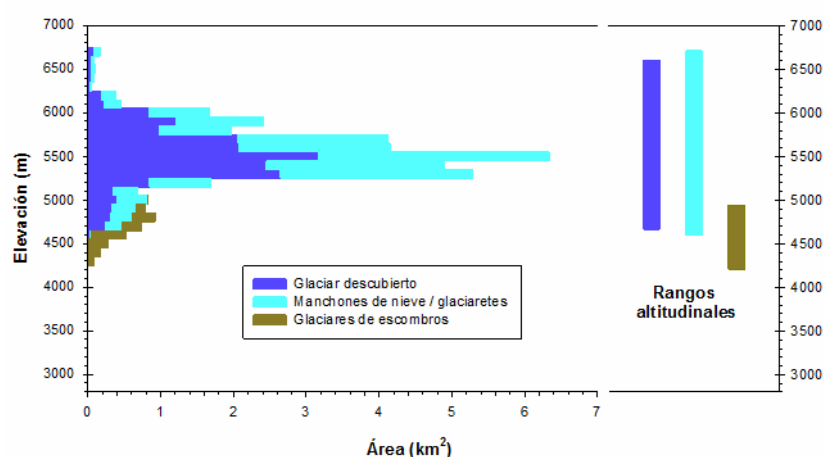


Figura 10: Hipsometría de los cuerpos de hielo en la subcuenca Blanco Superior.

5.2. Control de campo

Durante los meses de marzo y abril de 2017 se realizó el control de campo en la subcuenca del río Blanco superior. En total se observaron 81 geoformas, distribuidas por toda la subcuenca, se accedió por las rutas más accesibles y más representativas de la zona. Para mayor detalle ver Anexo 7.2.

6. Bibliografía

Barsch, D. 1978. Active rock glaciers as indicators for discontinuous alpine permafrost. An example from the Swiss Alps. Third International Conference on Permafrost, Edmonton, Canada. p. 348-353.

Benn, D.I. y Evans, D.J.A 1998. Glaciers and glaciation. London, Arnold.

Brenning, A. 2005. Geomorphological, hydrological and climatic significance of rock glaciers in the Andes of Central Chile (33°-35°S). Permafrost and Periglacial Processes 16. p. 231-240.

Cabrera, G. A. y J. C. Leiva. 2012. Monitoreo de glaciares Amarillo y Los Amarillos. Pascua-Lama, Chile-Argentina. 2011-2012. Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina. 42 pp.

Cabrera, G. A. y J. C. Leiva. 2012. Monitoreo de glaciares del paso de Conconta, Iglesia, San Juan, Argentina. 2011-2012. Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina. 61 pp.

Esper Angillieri, M. Y. 2009. A preliminary inventory of rock glaciers at 30°S latitude, Cordillera Frontal of San Juan, Argentina. Quaternary International 195. p. 151-157.

Espizúa, L.E. y Bengochea, J.D. 1990. Surge of Grande del Nevado Glacier (Mendoza, Argentina), in 1984: Its Evolution Through Satellite Images. Geografiska Annaler. 72A (3-4): p. 255-259.

Espizua, L. E., L. Ferri Hidalgo, H. Gargantini, et al. 2006. Ambiente y procesos glaciales y periglaciales en Lama-Veladero, San Juan, Argentina. IANIGLA-CONICET, Mendoza. 80 pp.

Ferri, L. y Espizúa, L.E. 2010. A new surge event of Grande del Nevado glacier, Mendoza. Internacional Glaciological Conference. Ice and Climate Change: A view from the South. Valdivia, Chile, 1- 3 February 2010. Abstract Book. Centro de Estudios Científicos: p. 37.

Farr, T. G., P. A. Rose, E. Caro, et al. 2007. The Shuttle Radar Topography Mission. Reviews of Geophysics 45. p. 33.

Haeberli, W. 1985. Creep of mountain permafrost: internal structure and flow of alpine rock glaciers. ETH, Zurich, Switzerland. 143 pp.

Helbling, R. 1919. Beitrage zur Topographischen Erschliessung der Cordilleras de los Andes zwischen Aconcagua und Tupungato: Sonderabdruck aus dem XXIII Jahresberitch des Akademischen Alpenclub. Zürich 1918.

IANIGLA-CONICET. 2010. Inventario Nacional de glaciares y ambiente periglacial. Fundamentos y cronograma de ejecución. IANIGLA-CONICET, Mendoza, Argentina. 87 pp.

IDIH-UNSJ. 2013. Inventario de glaciers cuenca del río Jáchal. Informe de avance 2. Instituto de Invenstigaciones Hidráulicas, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan, San Juan. 76 pp.

Ikeda, A. 2004. Rock glacier dynamics near the lower limit of mountain permafrost in the Swiss Alps. Doctor of Philosophy in Science, Doctoral Program in Geoscience, The University of Tsukuba. 119 pp.

INGEO-UNSJ. 2010. Relevamiento inicial de los glaciares de San Juan. Informe final. Instituto de Geología, Universidad Nacional de San Juan, San Juan, Argentina. 88 pp.

Leiva, J.C. 2006. Assessment Climate Change Impacts on the Water Resources at the Northern Oases of Mendoza Province, Argentina. En: Global Change in Mountain Regions. Price, M. (Ed.), Sapiens Publishing, Wiltshire, Gran Bretaña: p. 81-83.

Llorens, R. y Leiva, J.C. 1995. Glaciological Studies in the High Central Andes Through Digital Processing of Satellite Images. Mountain Research and Development, Vol. 15, No. 4, 1995: p. 323 - 330.

Müller, F., T. Caflisch y G. Müller. 1977. Instructions for compilation and assemblage of data for a World Glacier Inventory. TTS/WGI, Department of Geography, ETH, Zurich, Switzerland. 19 pp.

Perucca, L. y M. Y. Esper Angillieri. 2008. A preliminary inventory of periglacial landforms in the Andes of La Rioja and San Juan, Argentina, at about 281S. Quaternary International 190. p. 171-179.

Pitte, P. 2014. Fluctuaciones de los glaciares en los últimos 50 años en las cuencas Los Amarillos, Turbio, Canito y Potrerillos, San Juan, Argentina. PdD, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba. 238 pp.

Pitte, P., L. E. Espizua, L. Ferri Hidalgo y H. Gargantini. 2009. Recent changes in some glacier in the Desert Andes (29°20'S) and its relationship with climatic variations. PAGES 3rd Open Science Meeting: Retrospective views on our planet's future, Corvallis, USA. p. 86.

Racoviteanu, A. E., F. Paul, B. Raup, et al. 2009. Challenges and recommendations in mapping of glacier parameters from space: results of the 2008 Global LandIce Measurements from Space (GLIMS) workshop, Boulder, Colorado, USA. Annals of Glaciology 50 (53). p. 53-69.

Raup, B., A. E. Racoviteanu, S. J. Singh Khalsa, et al. 2007. The GLIMS geospatial glacier database: A new tool for studying glacier change. Global and Planetary Change 56. p. 101-110.

Stokes, C. R., V. Popovnin, A. Aleynikov, et al. 2007. Recent glacier retreat in the Caucasus Mountains, Russia, and associated increase in supraglacial debris cover and supra/proglacial lake development. Annals of Glaciology 46 (1). p. 195-203.

Trombotto, D. 2002. El ambiente criogénico actual y el paleopermafrost en el extremo austral de América del sur. En: IANIGLA, 30 años de investigación básica y aplicada en ciencias ambientales. D. Trombotto y R. Villalba (Ed.), IANIGLA-CONICET, Mendoza, Argentina: p. 65-69.

Tucker, C. J., D. M. Grant y J. D. Dystra. 2004. NASA's global orthorectified Landsat data set. Photogrametric Engineering & Remote Sensing 70 (3). p. 313-322.

UNEP. 2007. Global outlook for ice and snow. UNEP, Nairobi. 238 pp.

WGMS. 2012. Fluctuations of glaciers 2005-2010. Vol. X. ICSU (WDS), IUGG (IACS), UNEP, UNESCO, WMO, Zurich. 336 pp.

Williams, R. S. y J. G. Ferrigno, Eds. 1999. Satellite image atlas of glaciers of the world. South America. USGS Professional Paper. Denver, USA, 206 pp.

7. Anexos

7.1. Imágenes utilizadas en el inventario de glaciares de la subcuenca del río Blanco Superior

Las imágenes utilizadas en el inventario de la subcuenca del río Blanco Superior, cuenca del río Jáchal, se presentan en tablas, ordenadas por satélite, donde se detalla sus principales características y su función en el trabajo.

Las imágenes que se utilizaron como base del inventario fueron seleccionadas teniendo en cuenta aquéllas de fechas más recientes, con cobertura completa de la subcuenca, que tuvieran poca cobertura de nieve estacional (meses de ablación desde febrero a abril para estas latitudes) y ausencia de nubes. Se realizó una intensa labor de búsqueda en los catálogos pero la región es propensa a nevadas aisladas de verano que, debido a la gran altura de los cerros, suele permanecer por varios días o semanas. La nieve estacional afecta especialmente a la identificación y delimitación de manchones de nieve pequeños (Pitte 2014).

El resto de las imágenes se seleccionaron teniendo en cuenta diversos objetivos:

- Como base de georreferenciación, se emplearon imágenes del satélite Landsat.
- Para identificar manchones de nieve perenne se emplearon otras imágenes dentro del período de referencia 2005-2010. Otras imágenes de resolución media fueron empleadas como apoyo para comparar entre dos fechas del mismo año, para eliminar la posible presencia de nieve estacional*.
- Como ayuda para la interpretación y digitalización del hielo cubierto y glaciares de escombros, se emplearon imágenes de sensores de alta resolución como ALOS-PRISM y Bing.

Satélite: **LANDSAT 5**

Sensor: **TM** (Thematic Mapper)

Resolución espacial: 30 m

Proveedor: USGS <http://earthexplorer.usgs.gov/>

ID imagen	Fecha	Objetivo
LT05_L1TP_233079_20090212_20161027_01	12 febrero 2009	Base georreferenciación
LT05_L1TP_233080_20090212_20161027_01	12 febrero 2009	Base georreferenciación

Satélite: **Terra**

Sensor: **ASTER**

Resolución espacial: 15 m

Proveedor: USGS <http://glovis.usgs.gov/> y <http://earthexplorer.usgs.gov/>, por convenio del IANIGLA-CONICET a través del programa GLIMS.

ID imagen	Fecha	Objetivo
00302042009145031	04 febrero 2009	Apoyo inventario*
00302042009145040	04 febrero 2009	Base inventario
00302042009145049	04 febrero 2009	Base inventario
00302042009145058	04 febrero 2009	Apoyo inventario
00302092005144858	09 febrero 2005	Comparar manchones de nieve
00302092005144907	09 febrero 2005	Comparar manchones de nieve
00302092005144915	09 febrero 2005	Comparar manchones de nieve
00304182009144427	18 abril 2009	Apoyo inventario
00304182009144436	18 abril 2009	Base inventario
00304182009144445	18 abril 2009	Apoyo inventario
00304182009144454	18 abril 2009	Apoyo inventario

Satélite: **ALOS** (Advanced Land Observing Satellite)

Sensor: **AVNIR 2** (Advanced Visible-Near Infrared)

Resolución espacial: 10 m

Proveedor: CONAE y JAXA (Japón) a través del proyecto JICA-IANIGLA-CONICET “Desarrollo de un inventario de glaciares en los Andes Argentinos empleando imágenes ALOS de alta resolución” dirigido por el Dr Jinro Ukita (JICA) y el Dr. Mariano Masiokas (IANIGLA-CONICET).

ID imagen	Fecha	Objetivo
ALAV2A224864160	14 abril 2010	Base inventario

Satélite: **ALOS** (Advanced Land Observing Satellite)

Sensor: **PRISM** (Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping)

Resolución espacial: 2,5 m

Proveedor: CONAE y JAXA (Japón) a través del proyecto JICA-IANIGLA-CONICET “Desarrollo de un inventario de glaciares en los Andes Argentinos empleando imágenes ALOS de alta resolución” dirigido por el Dr Jinro Ukita (JICA) y el Dr. Mariano Masiokas (IANIGLA-CONICET).

ID imagen	Fecha	Objetivo
ALPSMN173664170	28 abril 2010	Apoyo para delimitación de hielo cubierto y glaciares de escombros
ALPSMN173664175	28 abril 2010	Apoyo para delimitación de hielo cubierto y glaciares de escombros

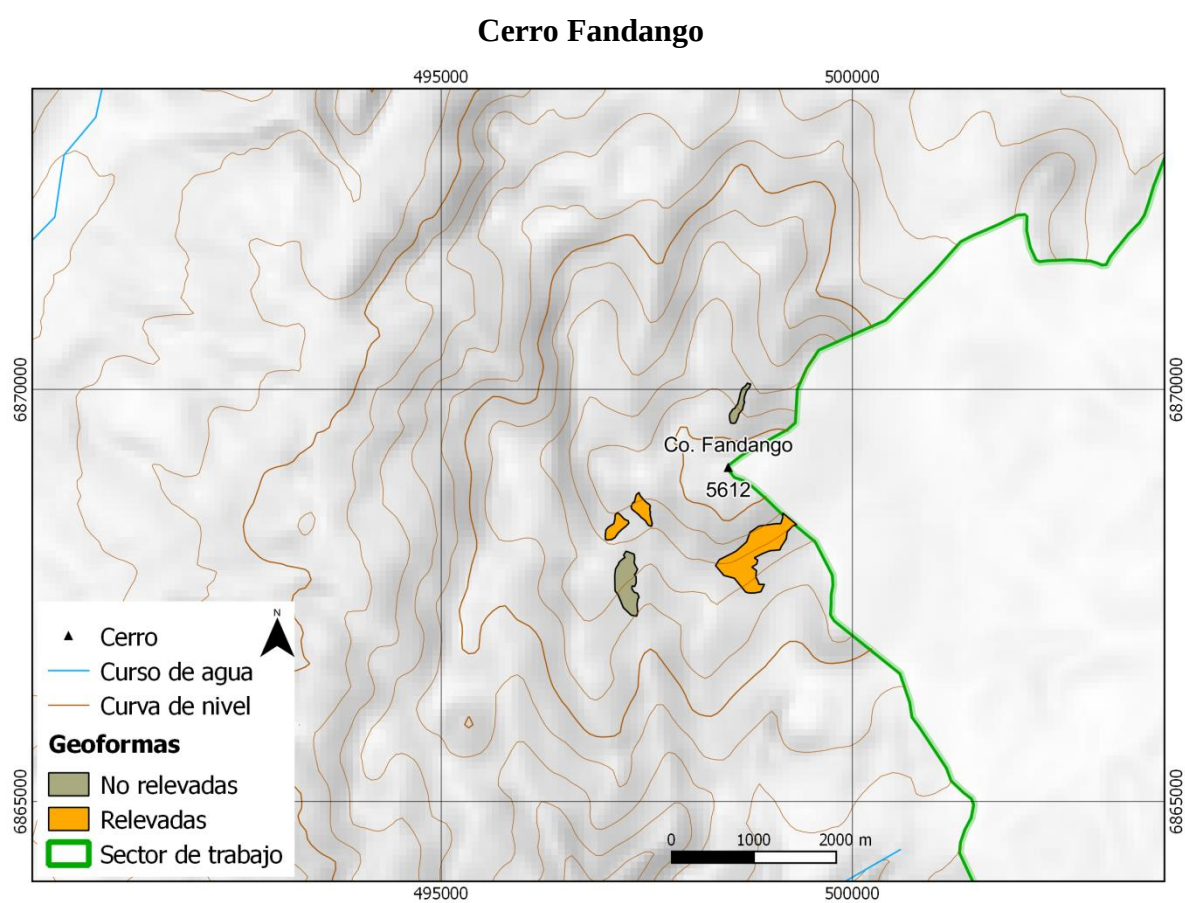
7.2. Control de campo

7.2.1. Objetivos

Los objetivos de la campaña fueron:

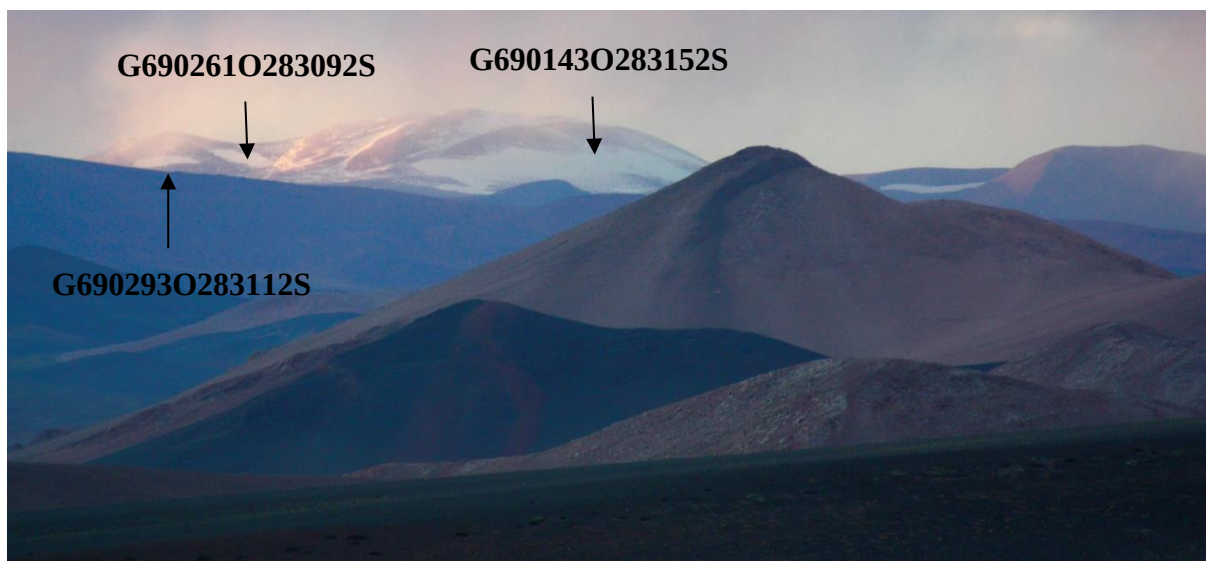
- Identificar en el campo las geoformas inventariadas en gabinete a través de imágenes satelitales
- Tomar fotografías de las diferentes geoformas
- Tomar puntos y tracks con navegador GPS
- Verificar el estado de los sensores meteorológicos del IANIGLA e identificar posibles sitios para instalar aforos en la quebrada de Agua Negra.

7.2.2. Resultados

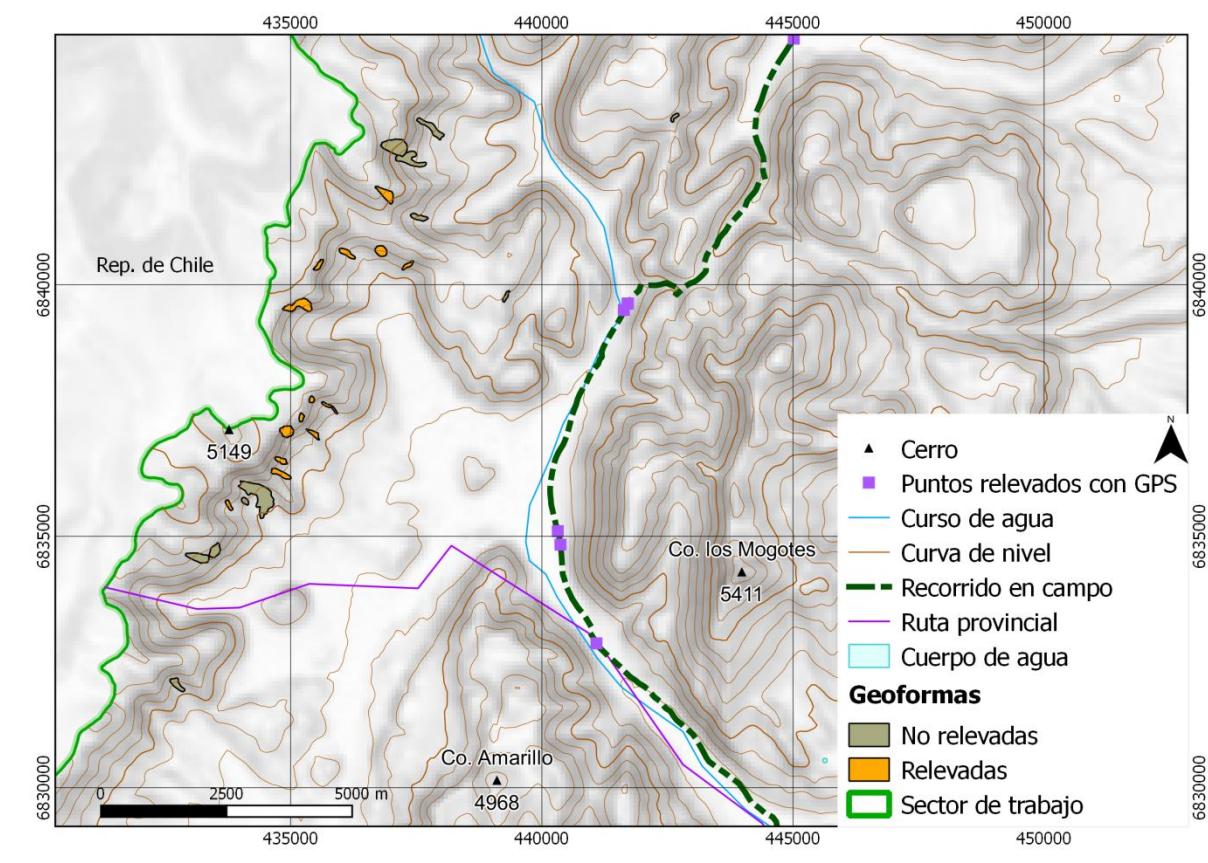


Geoformas G690143O283152S, G690261O283092S y G690293O283112S

Estas tres geoformas se localizan en el centro este de la subcuenca Blanco superior, se observaron en la distancia, pero se aprecia la presencia de estos tres manchones de nieve permanentes.



Sur cerro del Potro



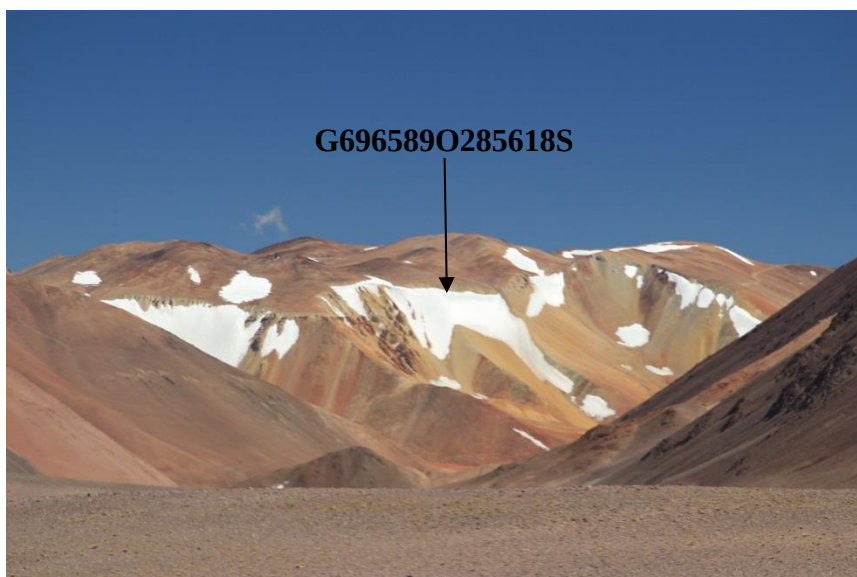
Geoforma G696620O285685S

Manchón de nieve permanente, se ubica en la parte alta de una cornisa, alrededor de esta geoforma aparecen otros manchones de nieve estacional.



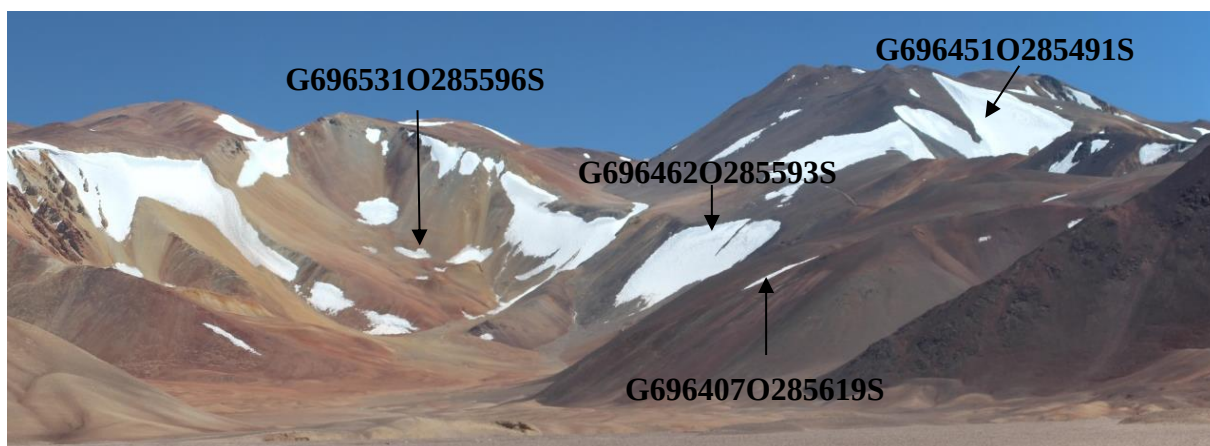
Geoforma G696589O285618S

En la foto de abajo se observa el manchón de nieve G696589O285618S, alrededor de dicha geoforma se divisan otros manchones de nieve, que al tratarse de manchones de nieve estacionales no han sido inventariados en nuestro trabajo.



Geoformas G696531O285596S, G696462O285593S y G696407O285619S y G696451O285491S

Se observa la geoforma G696531O285596S que corresponde a un glaciar de escombros inactivo. El talud del glaciar se ve de un color más rojizo. Las otras dos geoformas son manchones de nieve, están marcados con las flechas para distinguirlos de los manchones de nieve estacionales.

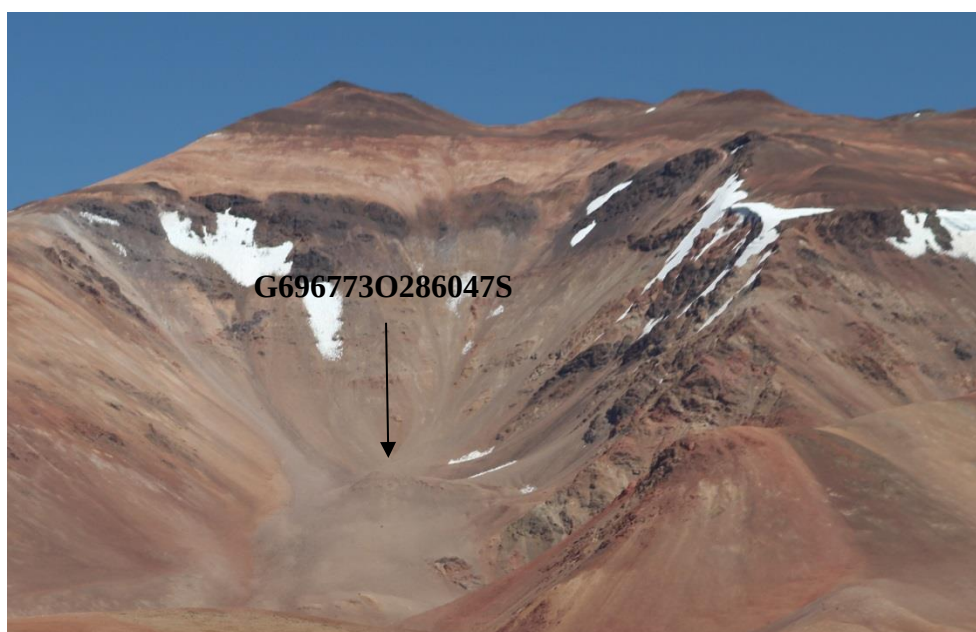


En la foto de abajo se ha delimitado el contorno del glaciar de escombros inactivo G696531O285596S. Se observa su superficie colapsada y un talud suavizado, muestra que no tiene actividad, pero aún conserva hielo en su interior.



Geoforma G696773O286047S

Se observa la geoforma G696773O286047S, se trata de un pequeño glaciar de escombros activo de origen criogénico, se observa un talud prominente. Inicialmente no estaba mapeado, pero se agregó luego de ser observado en el terreno.



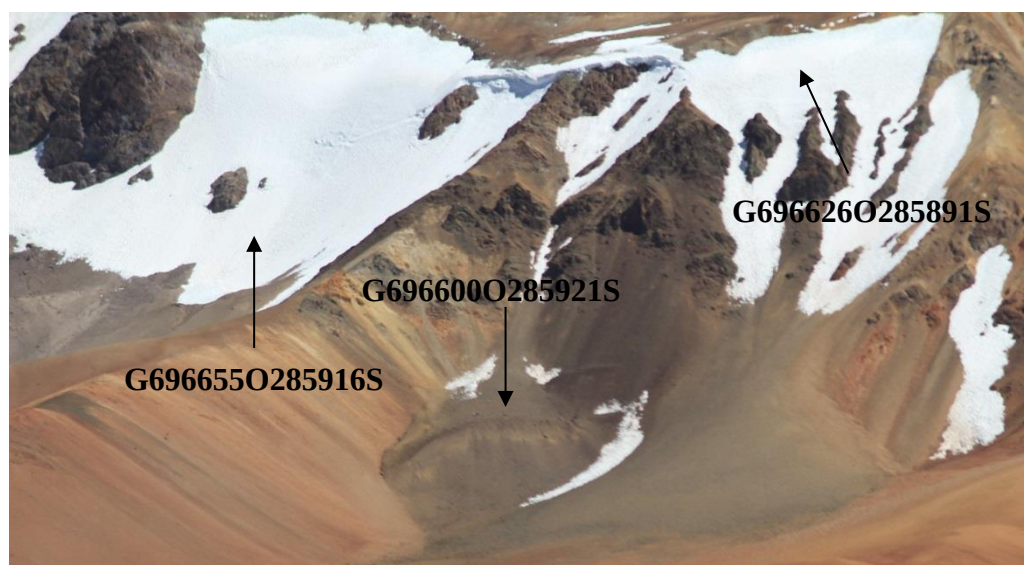
Geoformas G696668O285992S y G696666O285967S

Se trata de dos glaciares de escombros activos de origen criogénico. En el glaciar G696668O285992S se observan sus raíces de alimentación, por donde cae el detrito y nieve. Tiene forma de lengua bien definida y se ve un talud importante. A la derecha de este glaciar, se observa otro glaciar de escombros que no estaba mapeado, pero se incluyó en el inventario después de observarlo en el terreno. También ha sido clasificado como activo y con forma de lengua.



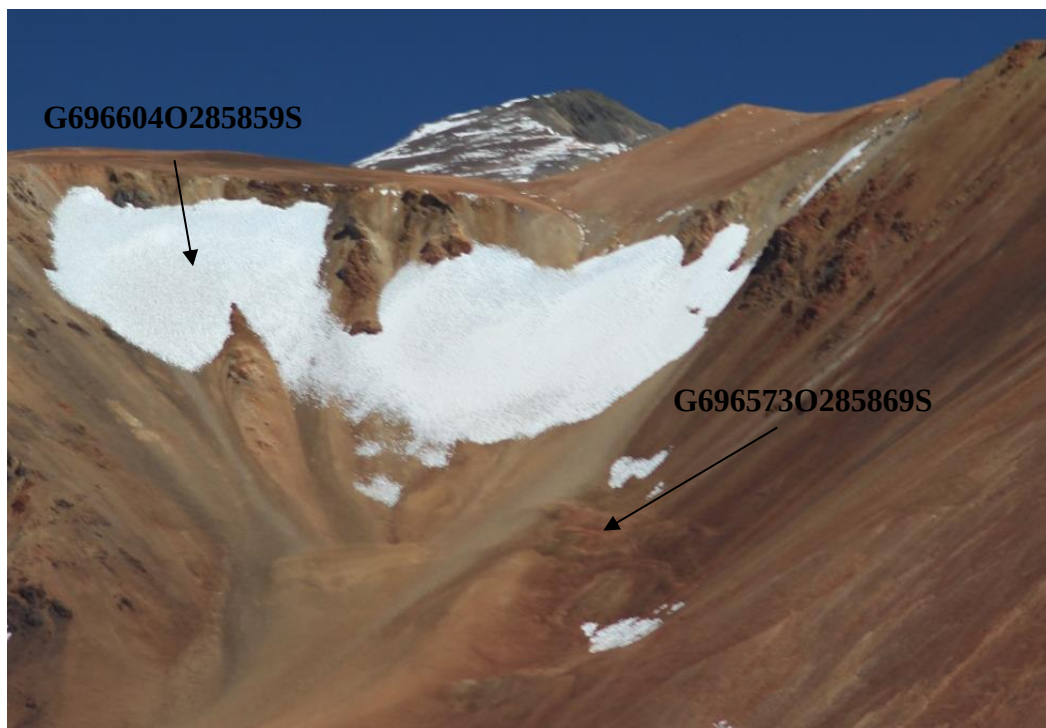
Geoformas G696655O285916S, G696600O285921S y G696626O285891S

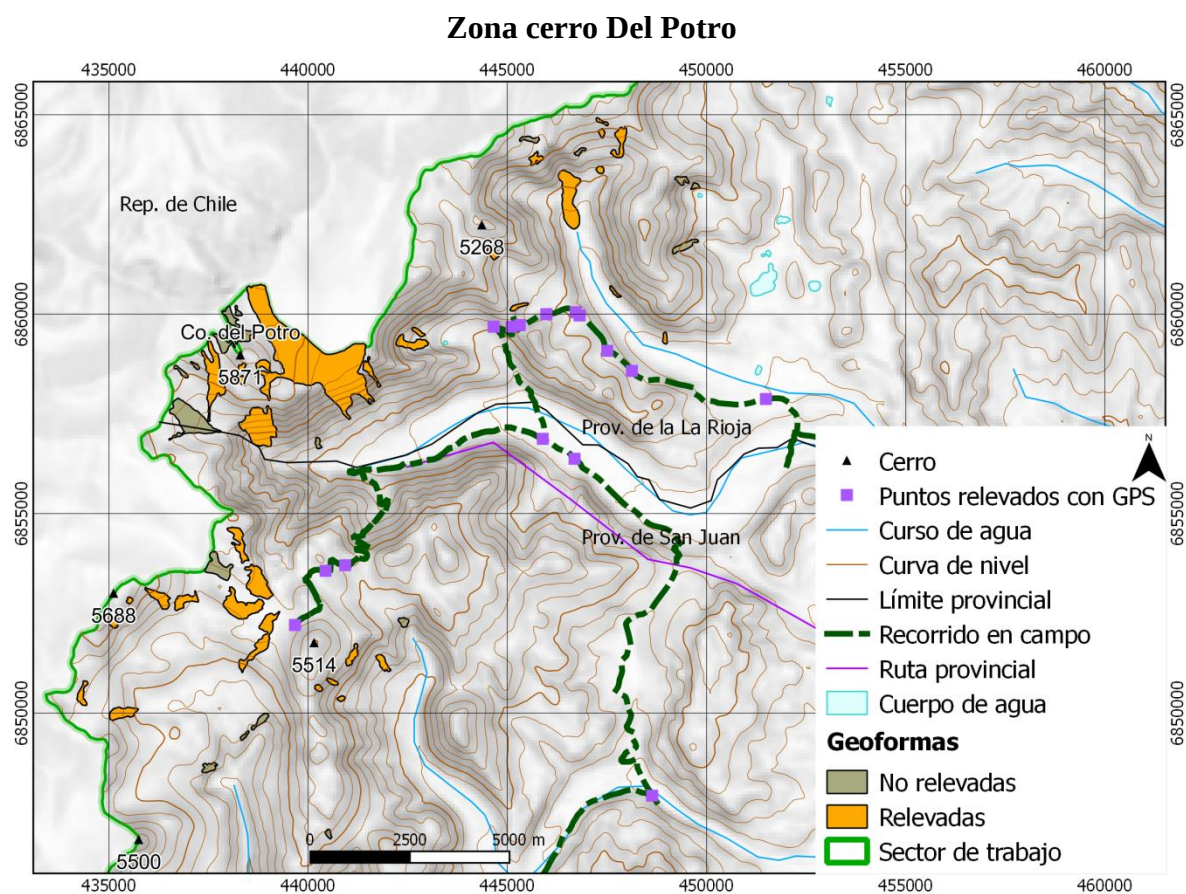
En esta foto se observan dos manchones de nieve permanentes y un glaciar de escombros. Además se observa algo de nieve estacional. El glaciar de escombros es de tipo activo y de origen criogénico. Se observa la capa activa del glaciar y el talud donde predomina el material más fino. También se observan las diversas raíces que alimentan al glaciar.



Geoformas G696573O285869S y G696604O285859S

Se observa un manchón de nieve que no estaba mapeado por lo que se incluyó en el inventario ya que alcanza el área mínima y es un manchón de nieve perenne, el cual no fue incluido originalmente por omisión. A la derecha se ve un glaciar de escombros inactivo, de origen criogénico. En su superficie se observan surcos y crestas típicas de estas geoformas, pero ya algo colapsados, lo que indica su falta de actividad.





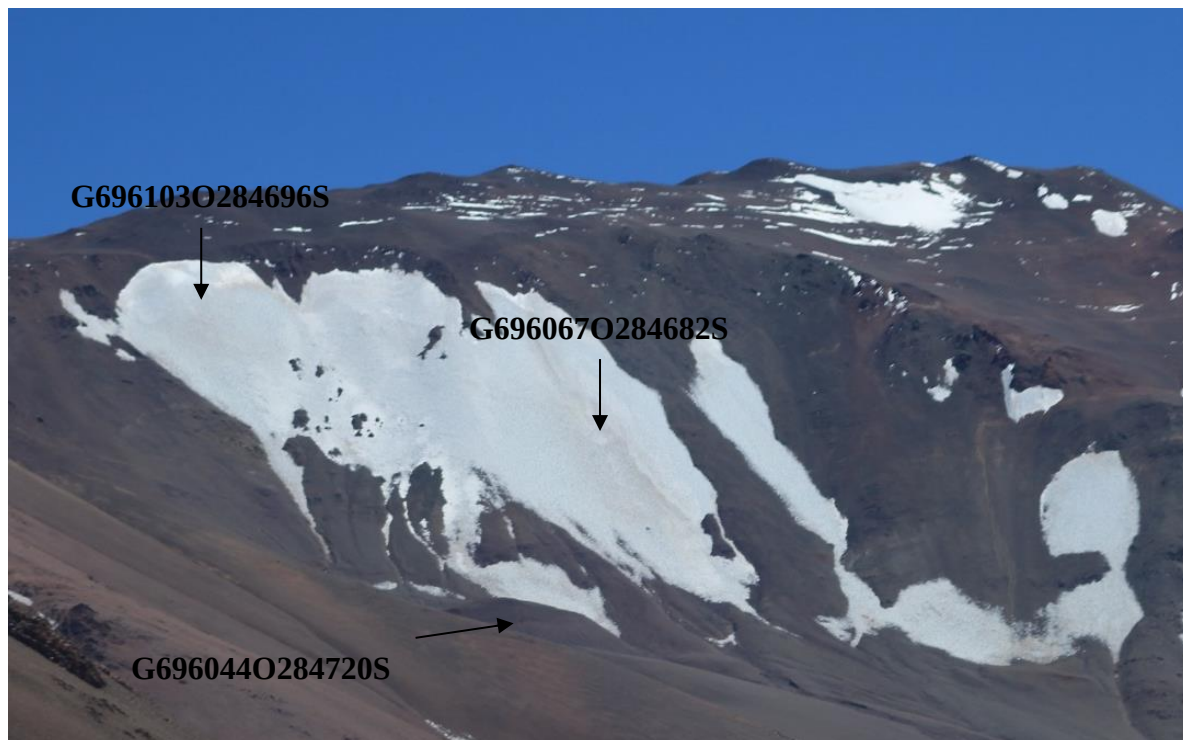
Geoformas G695937O284640S y G696013O284621S

Se observa un glaciar de escombros activo, de origen criogénico y un manchón de nieve perenne.



Geoformas G696067O284682S, G696103O284696S y G696044O284720S

Estos manchones de nieve en la fotografía se observan como una sola unidad, esto es debido a que están cubiertos por nieve estacional, pero en el mapeo de gabinete son dos unidades independientes. El glaciar de escombros es de origen criogénico e inactivo. Se observa el perfil del glaciar, con un talud que presenta una pendiente inferior a los 30° de inclinación.



Geoforma G696113O283947S y G695966O283979S

Panorámica en la que se observa el glaciar del Potro. En la parte de la izquierda se observan algunos manchones de nieve estacional.



Detalle del Glaciar del Potro. Se trata de un glaciar de montaña de cuenca simple. No presenta cobertura detrítica y tiene forma de glaciar colgante.

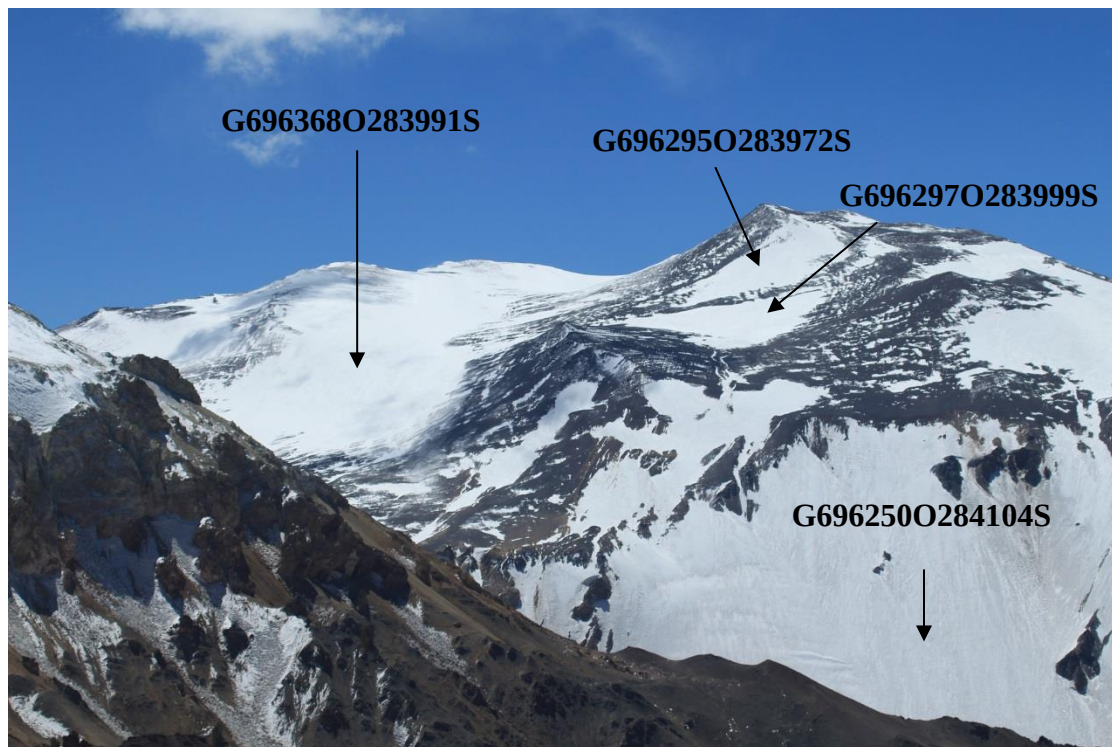


La geoforma G695966O283979S es un manchón de nieve perenne que está al lado del glaciar del Potro. Se observan las grietas del glaciar en su frente.



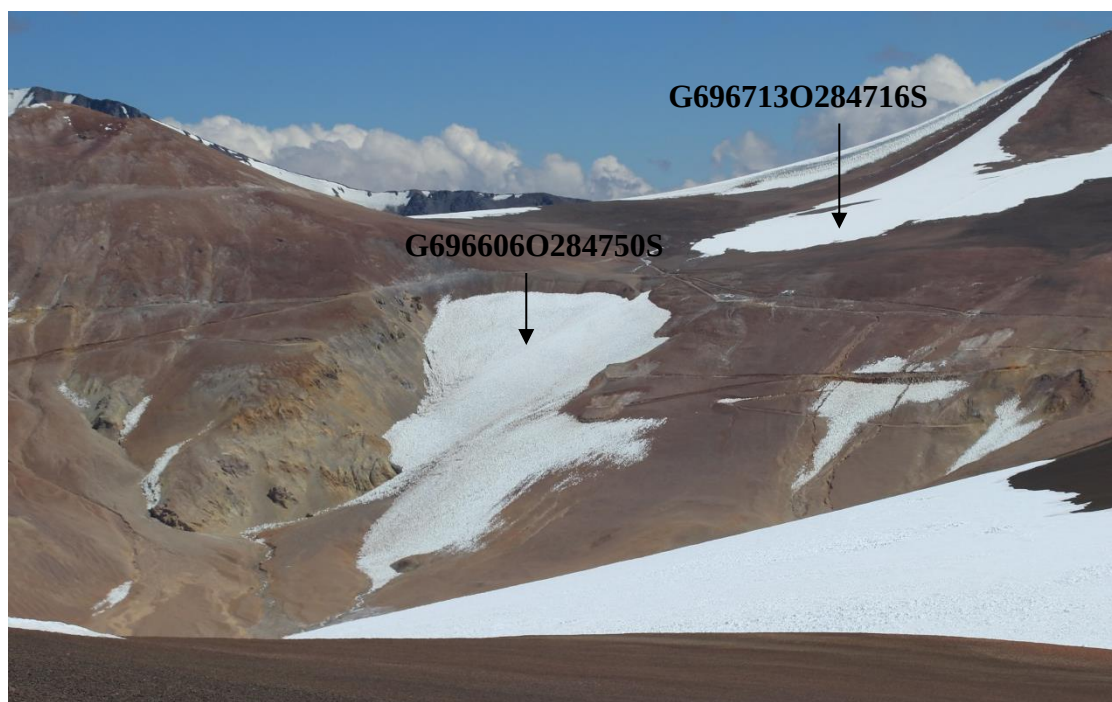
Geoformas G696250O284104S, G696367O283991S, G696295O283972S y G696297O283999S

La geoforma G696250O284104S es un glaciar de montaña, con forma de circo. Las otras tres geoformas son manchones de nieve perennes. Alrededor de todas las geoformas se observa algo de nieve estacional.



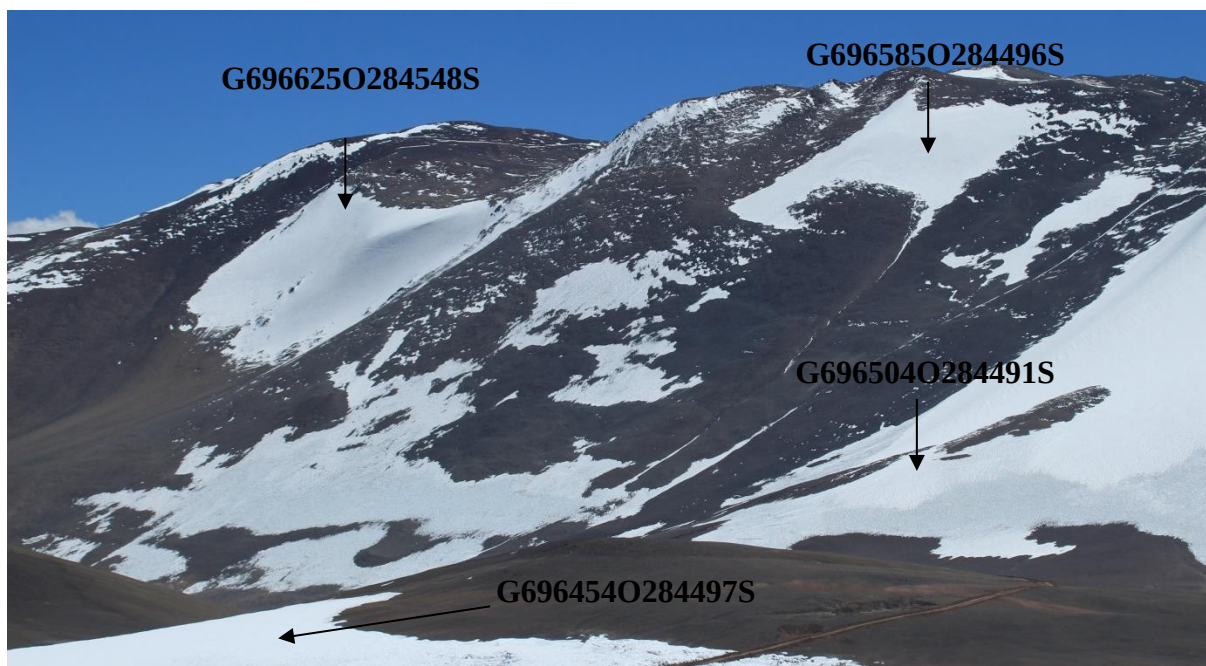
Geoformas G696606O284750S y G696713O284716S

Se observan dos manchones de nieve permanente.



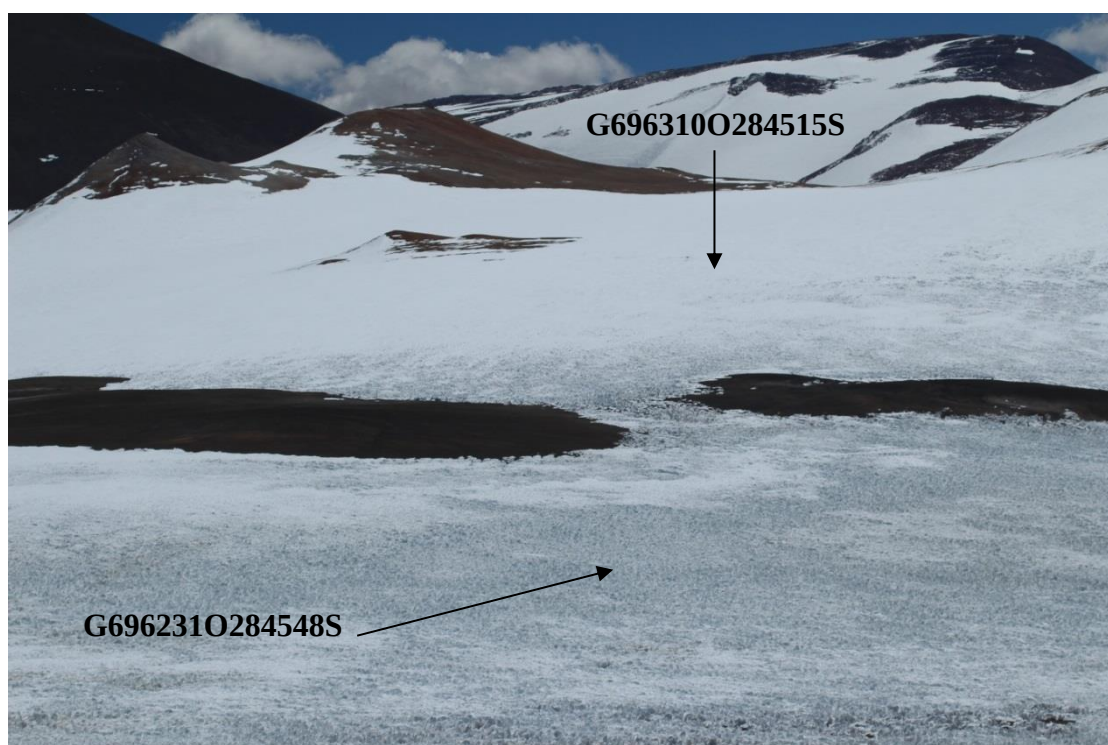
Geoformas G696625O284548S, G696585O284496S, G696504O284491S y G696454O284497S

Estas cuatro geoformas son manchones de nieve perennes, señalizados mediante flechas para identificar y separar de la nieve estacional presente.



Geoformas G696231O284548S y G696310O284515S

La geoforma G696310O284515S es un glaciar descubierto de montaña, con forma de nicho. Está unido al manchón de nieve perenne G696231O284548S por un canal de nieve estacional, pero en la imagen de base se han mapeado como unidades independientes.



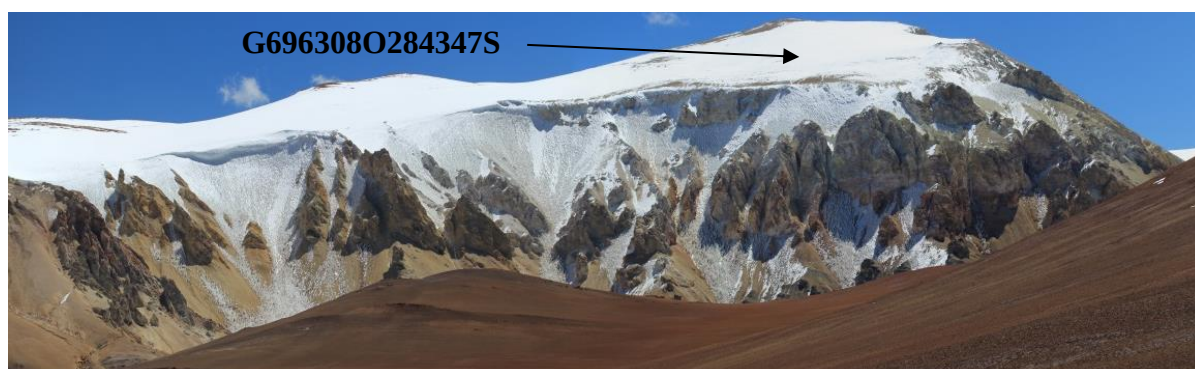
Geoforma G696257O284458S

Manchón de nieve perenne, se localiza sobre una cornisa donde se observa un cambio de pendiente de la geoforma.



Geoforma G696308O284347S

Manchón de nieve perenne, se localiza sobre una parte plana. Se observa también algo de nieve estacional.



Geoforma G695597O283837S

Pequeño manchón de nieve perenne



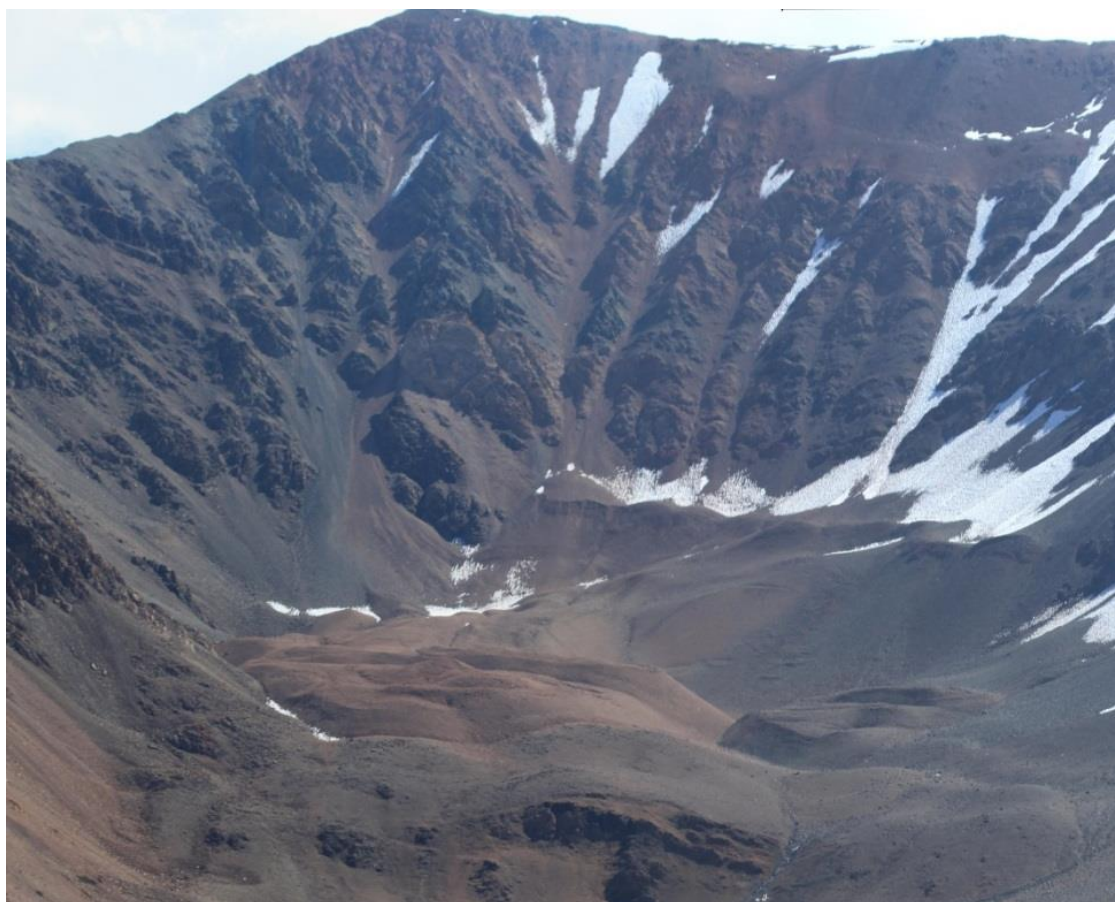
Geoforma G695650O283713S

La geoforma es la que se señala mediante una flecha. El resto corresponde a nieve estacional.



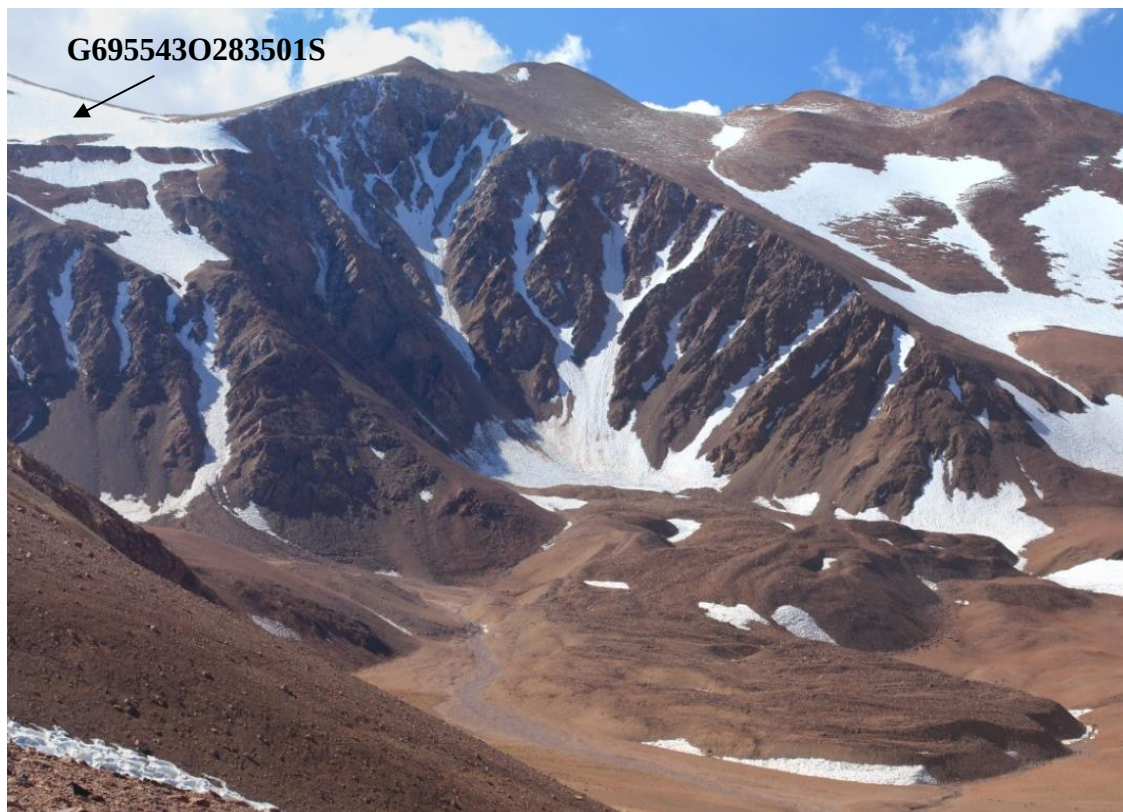
Geoformas G695854O283921S y G695842O283892S

Se observan dos glaciares de escombros activos. La geoforma G695854O283921S es de origen glacigénico y forma espatulada. En cambio el glaciar G695842O283892S es de origen criogénico y con forma de lengua. En ambos se observan características típicas de glaciares de escombros activos, con surcos, crestas y frentes abruptos.



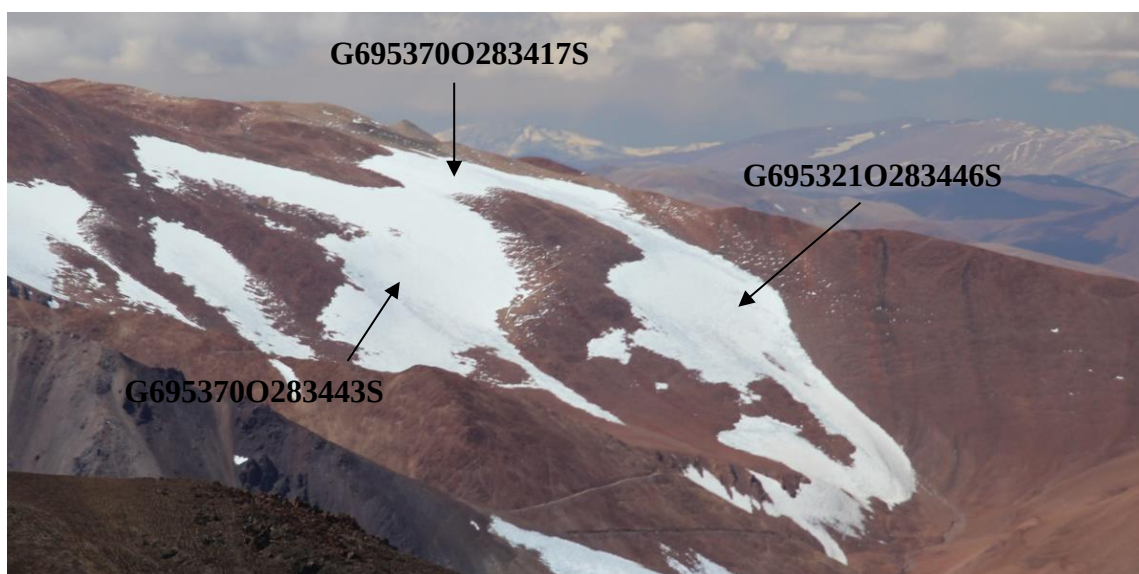
Geoforma G695452O283559S y G695543O283501S

La geoforma G695452O283559S es un glaciar de escombros activo. Es de origen glacigénico, tiene forma espatulada. En su superficie están bien definidos surcos y crestas que indican la actividad del glaciar. Se observa un frente con una pendiente mayor a 35° . La geoforma delimitada con una flecha corresponde a un manchón de nieve. El resto de nieve es estacional.



Geoformas G695321O283446S, G695370O283417S y G695370O283443S

Estas tres geoformas corresponden a tres manchones de nieve permanentes. En la foto están unidas por nieve estacional, pero corresponden a tres unidades independientes.



Geoforma G695374O283526S

Glaciar de escombros activo de origen criogénico y forma lobada. Se observan las diversas raíces que alimentan al glaciar, la nieve estacional que está en estas canaletas junto con el detrito son sus principales fuente de alimentación. Su frente se ve bastante abrupto y con presencia de material fino.



Geoforma G695338O283803S

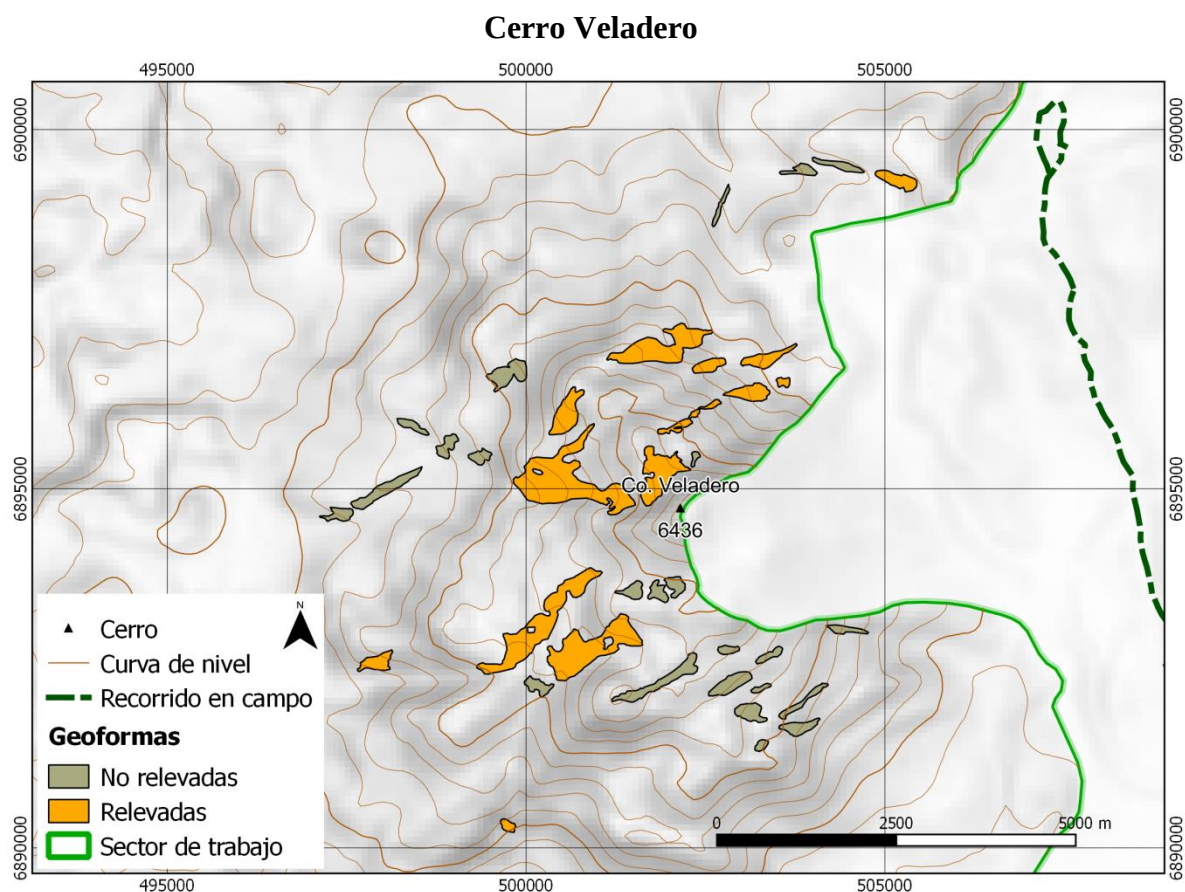
Glaciar de escombros inactivo. Su origen es criogénico y presenta forma coalescente. Se observan las diversas raíces que lo alimentan. La superficie se ve colapsada, con poca o nula actividad. No estaba mapeado, por lo que al observarla en el terreno se incorporó al inventario.



Geoforma G695210O283909S

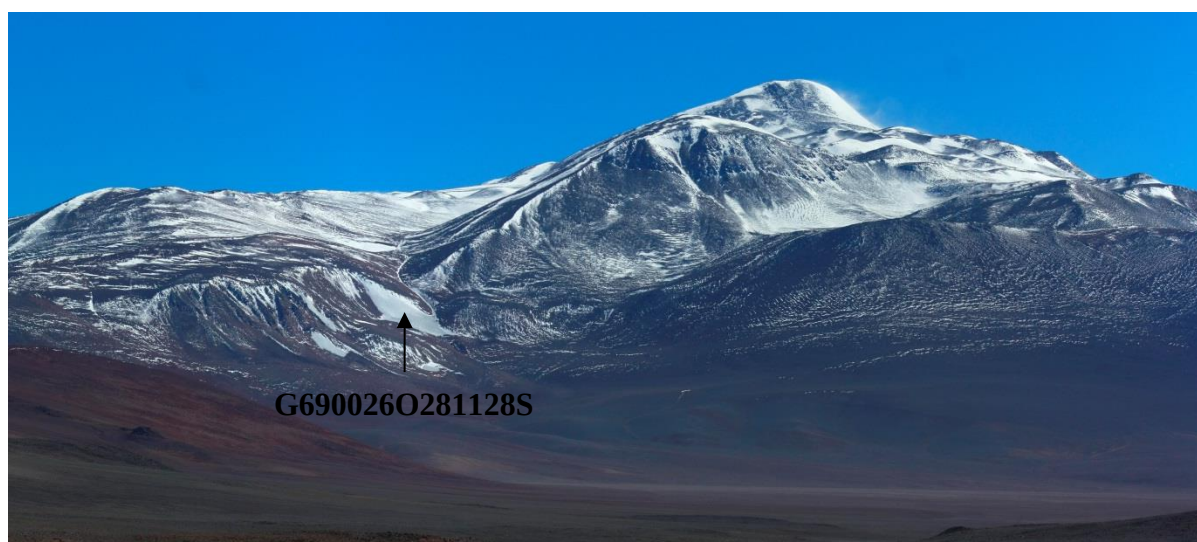
Glaciar de escombros inactivo. Su origen es criogénico y presenta forma de lengua. Se ven crestas y surcos, pero ya colapsados, típicos de un glaciar inactivo.



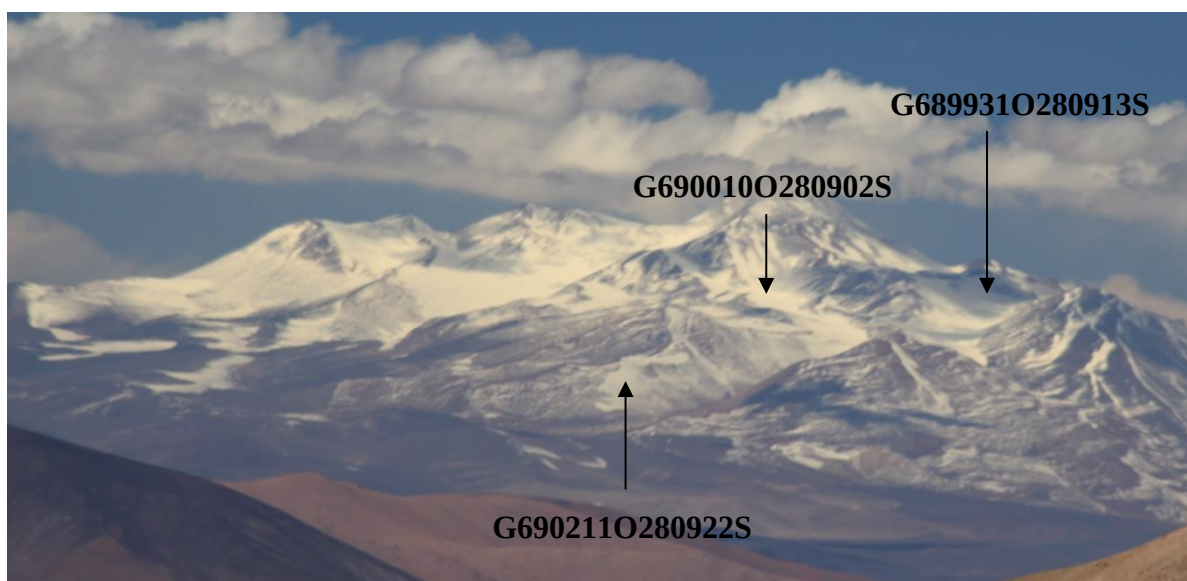


Geoformas G690026O281128S, G689931O280913S, G690010O280902S y G690211O280922S

Manchón de nieve en las proximidades del cerro Veladero. Se observan otros manchones que están más próximos a la cumbre, aunque no en su totalidad, además cuando fue realizada la campaña había presencia de nieve estacional que impide ver los bordes netos de las geoformas. Se observan además geoformas que pertenecen a la cuenca adyacente.



Desde otra vista del cerro Veladero se observan otras geoformas que corresponden con manchones de nieve permanente. La zona presenta abundante nieve estacional.



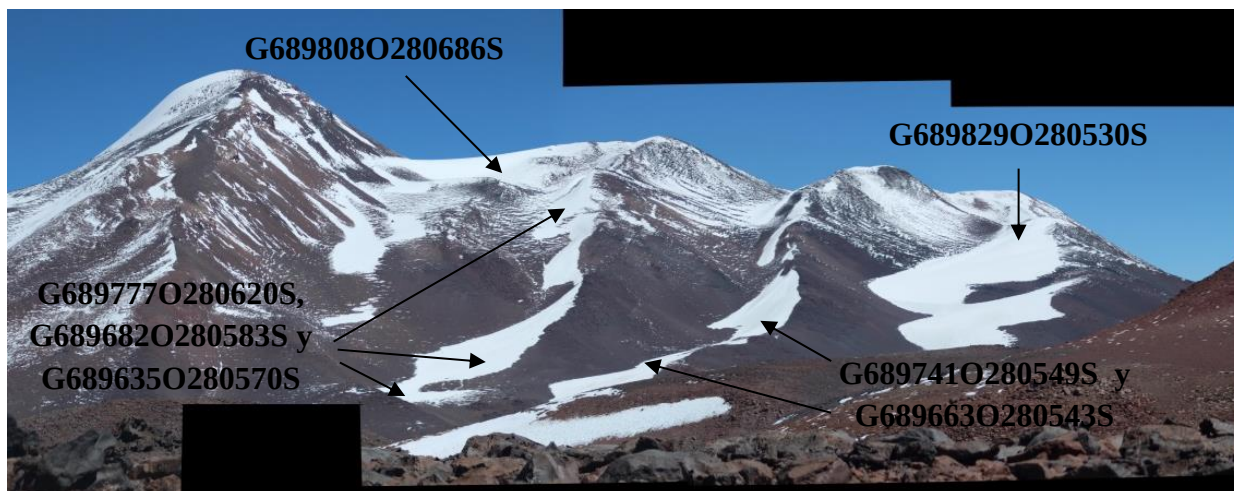
Geoformas G689958O280701S y G689943O280610S

La geoforma G689958O280701S es un glaciar de montaña, con forma de nicho. En cambio G689943O280610S es un manchón de nieve estacional.



Geoformas G689808O280686S, G689777O280620S, G689682O280583S, G689635O280570S, G689741O280549S, G689663O280543S y G689829O280530S

Todas las geoformas detalladas en esta foto corresponden con manchones de nieve permanente, el resto de nieve presente es estacional.

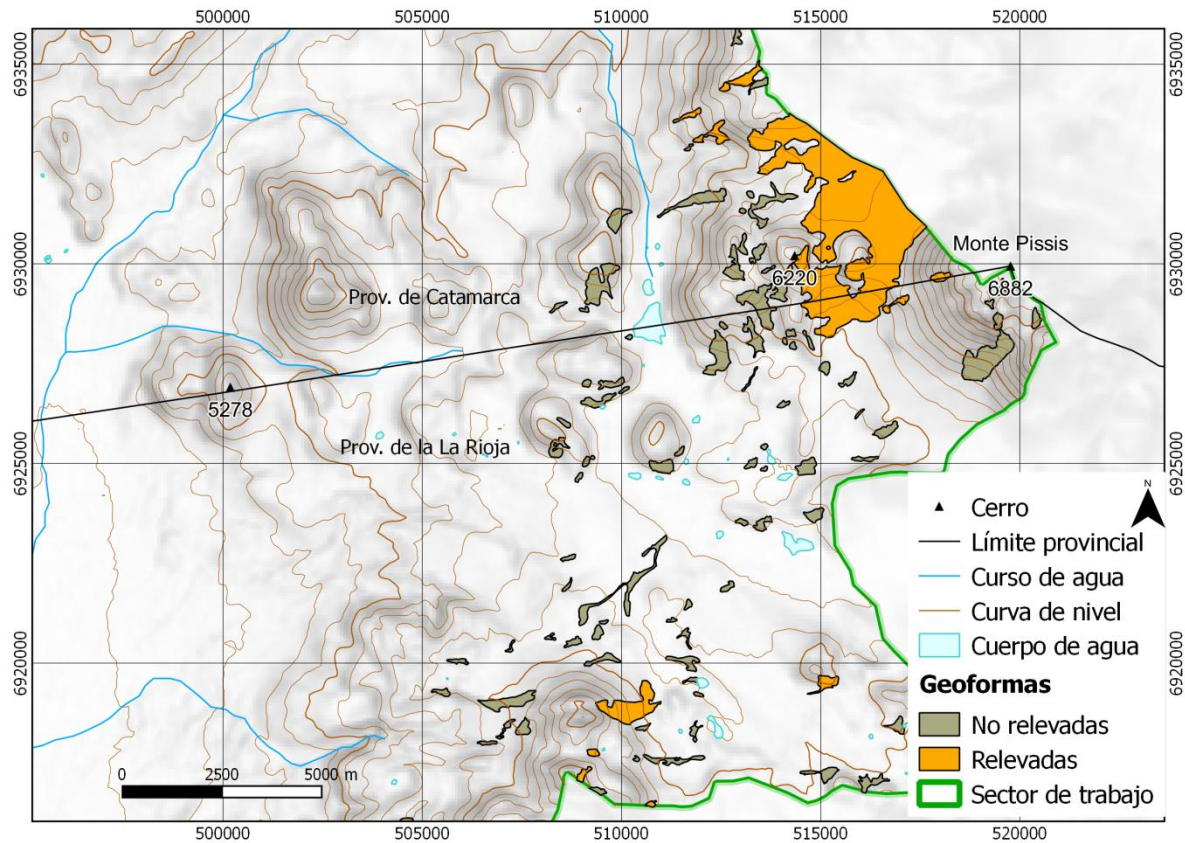


Geoformas G689346O280085S y G689473O280316S

Se señalan dos manchones de nieve permanentes. Las geoformas de segundo plano corresponden a glaciares de la cuenca adyacente.

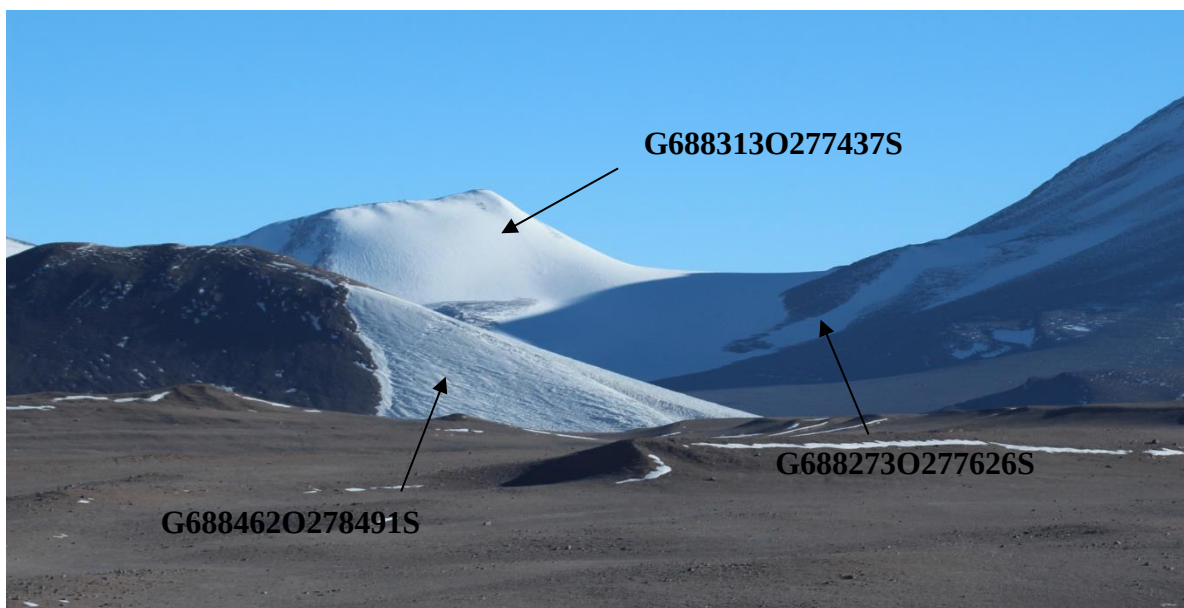


Monte Pissis



Geoformas G688313O277437S, G688462O278491S y G688273O277626S

Esta zona es de las más englazadas de la cuenca junto con el área donde se ubica el glaciar del Potro. Se encuentra aquí el campo de hielo Pissis. El cual es divisoria entre dos cuencas. En la foto de abajo se observa la porción del glaciar que vierte a la subcuenca del río Blanco Superior. Las geoformas G688273O277626S y G688462O278491S son manchones de nieve permanentes.



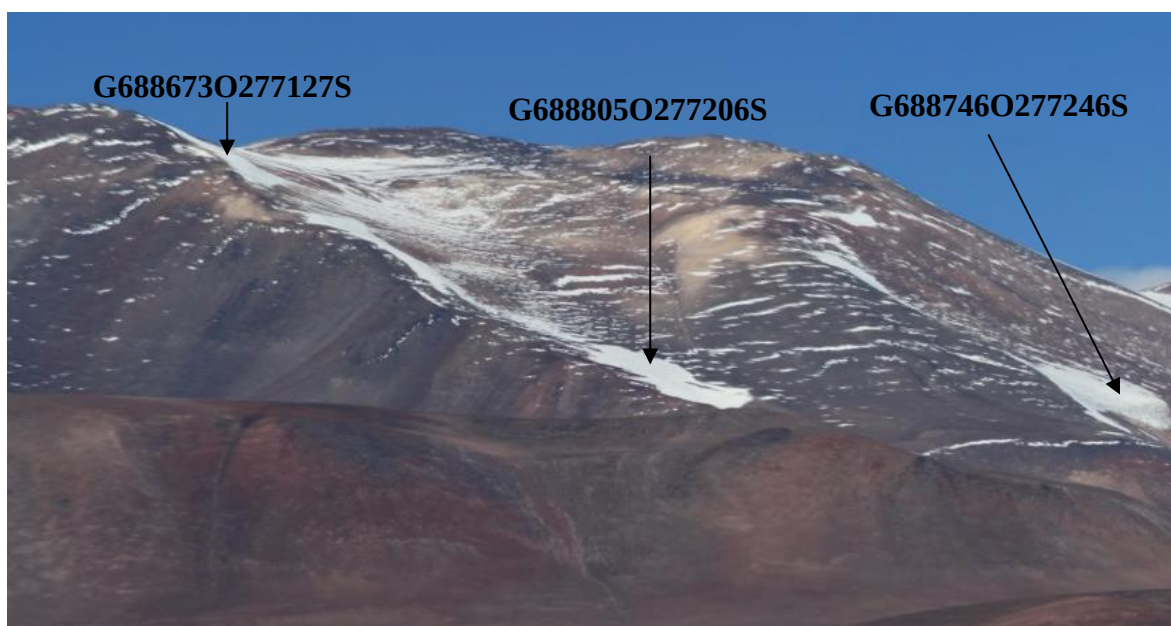
Geoforma G688175O277573S

Manchón de nieve permanente presente en una de las laderas del Monte Pissis (6.882 msnm).



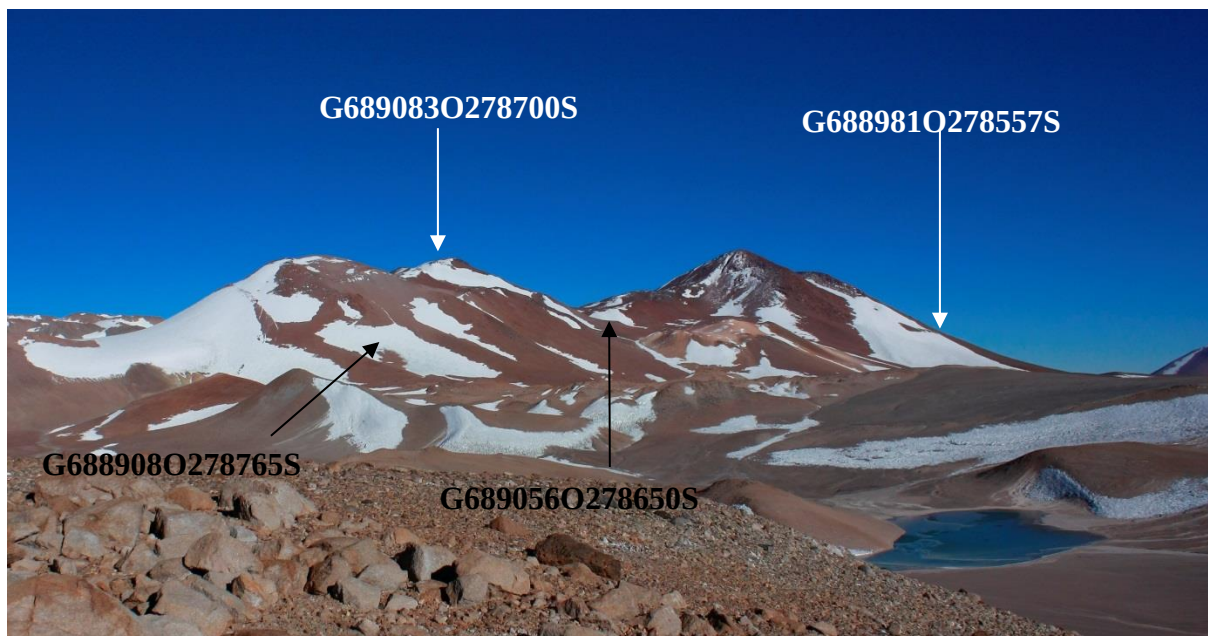
Geoformas G688673O277127S, G688805O277206S y G688746O277246S

Se observan tres manchones de nieve permanentes.

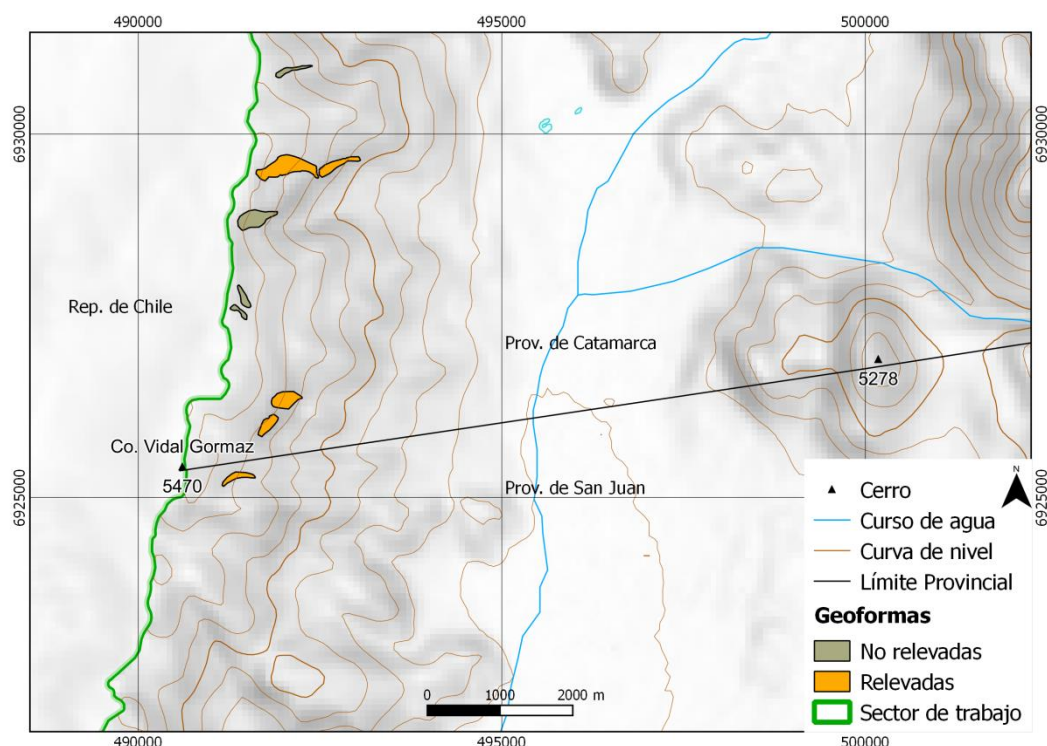


Geoforma G688981O278557S, G689083O278700S, G688908O278765S y G689056O278650S

Desde el límite con la subcuenca del río Vinchina-Bermejo, se observa un glaciar descubierto, es un glaciar de montaña con forma de nicho. El resto corresponden a manchones de nieve permanentes. En primer plano se observan las geoformas pertenecientes a la cuenca adyacente.



Cerro Vidal Gormaz



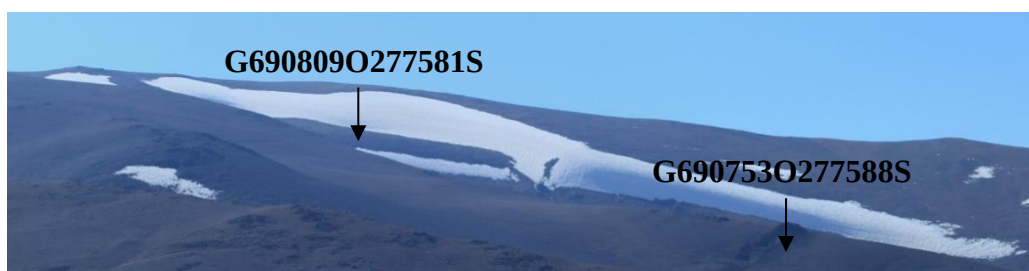
Geoformas G690880O277968S, G690835O277904S y G690812O277874S

Estos tres manchones se ubican al noroeste de la cuenca, donde la presencia de geoformas es muy escasa. Se marcan con flechas las geoformas permanentes para diferenciar de la nieve estacional.



Geoformas G690809O277581S y G690753O277588S

Las geoformas G690809O277581S y G690753O277588S corresponden a manchones de nieve permanente.



7.3. Descripción de la base de datos

La base de datos del inventario se compone de 38 campos que se detallan a continuación:

1. **Provincia**
2. **Cuenca**
3. **Subcuenca**
4. **Código cuenca**

Esta columna provee información sobre la provincia, cuenca y subcuencas de cada una de las geoformas inventariadas. Un ejemplo de la codificación se muestra a continuación:

M0550000

El primer dígito corresponde a la provincia, codificada según normativa ISO 3166 (Ejemplo: M = Mendoza, U = Chubut).

Los siguientes tres dígitos corresponden al código de la cuenca principal, el cual ha sido establecido por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (SSRH). (Ejemplo 055 = Mendoza, 100 = Cuencas varias de Antártida e islas del Atlántico Sur, incluidas Islas Malvinas).

Los próximos dos dígitos corresponden a la subcuenca en la que se ha realizado el inventario. Por el momento no existe una codificación oficial establecida para esta categoría, por lo que la misma puede ser establecida por cada grupo de trabajo siempre y cuando se documente y aclare en forma inequívoca los criterios empleados y la ubicación de la subcuenca dentro de la cuenca principal.

Los dos últimos dígitos corresponden al nivel de sub-subcuenca, se empleará en aquellos inventarios que trabajen a este nivel y se procederá a codificarlos siguiendo los mismos criterios establecidos para las subcuencas.

5. **ID_local:** código único identificador de cada glaciar que incluye las coordenadas geográficas de un punto ubicado en el interior de cada geoforma. En el ID_local, dichas coordenadas están expresadas en grados decimales de longitud y latitud con cuatro decimales. Por ejemplo, el ID_local “G699921O328801S” corresponde a un glaciar ubicado a 69.9921° de longitud Oeste y 32.8801° de latitud Sur.
6. **Tipo_geoforma:** esta columna agrupa a cada una de las geoformas inventariadas en base a su tipo principal. Los tipos de geoforma pueden ser:

GD-Glaciario descubierto: cuerpo de hielo permanente generado sobre la superficie terrestre a partir de la compactación y recristalización de la nieve y/o hielo, sin cobertura detrítica

significativa, que sea visible por períodos de al menos 2 años, con evidencias de movimiento por gravedad (grietas, ojivas, morenas medias), y de un área mayor o igual a 0,01 km² (una hectárea).

MN-Manchón de nieve/glaciarete: pequeñas masas de nieve y hielo de forma indefinida. Se localizan generalmente en depresiones, lechos de ríos y pendientes protegidas. En general se desarrollan a partir de la nieve barrida por el viento, avalanchas y/o varios años de fuertes acumulaciones. En general no presentan patrones de flujo visibles, y existen al menos por dos años consecutivos. Los manchones de nieve permanentes/glaciaretes son reservas significativas de agua en estado sólido y por ello fueron incluidos en el inventario.

GC-Glaciario cubierto: cuerpo de hielo permanente generado sobre la superficie terrestre a partir de la compactación y recrystalización de la nieve y/o hielo, con una cobertura detrítica significativa, que sea visible por períodos de al menos 2 años, con evidencias de movimiento por gravedad (grietas, ojivas, morenas medias), y de un área mayor o igual a 0,01 km² (una hectárea).

GE-Glaciario de escombros: cuerpo de detrito congelado y hielo, con evidencias de movimiento por acción de la gravedad y deformación plástica del permafrost, cuyo origen está relacionado con los procesos criogénicos asociados con suelo permanentemente congelado y con hielo subterráneo o con el hielo proveniente de glaciares descubiertos y cubiertos, y de un área mayor o igual que 0,01 km² (una hectárea). Los glaciares de escombros dependen fuertemente del aporte de detritos, nieve y hielo.

Los glaciares de escombros se pueden clasificar por su grado de actividad en **activos (GEA)**, **inactivos (GEI)** y **fósiles (GEF)** (Haeberli 1985; Ikeda 2004). Los glaciares de escombros activos presentan frentes abruptos (>35°) con lineamientos de flujo, crestas y surcos longitudinales y transversales bien definidos. Una vez que dejan de moverse se llaman inactivos y aparecen como geoformas colapsadas con menor pendiente en el frente (<35°), también puede aparecer cierta cobertura vegetal. El cuerpo de sedimentos que permanece una vez que el hielo se ha derretido se llama glaciar de escombros fósil (Barsch 1978; Trombotto 2002; Brenning 2005). Esta última categoría no ha sido incluida en el inventario por no tener importancia hidrológica.

GCGE-Glaciario cubierto con glaciar de escombros: en los Andes Centrales existen numerosos casos en los que un sector de hielo cubierto por detritos se transforma gradualmente en un glaciar de escombros. En general es muy difícil identificar y determinar la posición del límite entre el hielo cubierto (ambiente glaciar) y el glaciar de escombros glaciogénico (ambiente periglacial) a partir de sensores remotos, en particular si no se cuenta

con información adicional proveniente de estudios detallados de campo. Por ello, en las tareas de inventario se ha utilizado una categoría nueva denominada glaciar cubierto con glaciar de escombros que incluye las porciones de hielo cubierto junto con el glaciar de escombros que se desarrolla a sus costados o en su porción terminal.

7. **ID_GLIMS:** es el código de identificación del glaciar que sigue las normas internacionales propuestas por GLIMS, el nombre del glaciar está dado por las coordenadas geográficas de un punto dibujado en su interior. En este código la longitud está referida al Este.

8. **Nombre común:** si lo hubiere.

9. **Clasificación Primaria:** basada en el documento “Illustrated GLIMS Glacier Classification Manual” (Rau et al. 2005), preparado por el grupo de expertos de GLIMS http://www.glims.org/MapsAndDocs/assets/GLIMS_Glacier-Classification-Manual_V1_2005-02-10.pdf

0. Incierto

1. Sábana de hielo continental: es una gran masa de hielo que cubre un continente o gran parte del mismo. En la actualidad sólo existen las de Antártida y Groenlandia. Las sábanas de hielo no están totalmente controladas por la topografía subglacial y se caracterizan por ser más activas en sus bordes y a lo largo de las corrientes de hielo. Las partes más altas y abombadas llamadas domos tienen escasa pendiente y flujo de hielo muy limitado.

2. Campo de hielo: masa de hielo glaciar, confinada topográficamente, de superficie relativamente plana, y de la cual fluyen glaciares de descarga, y cuya superficie es menor a 50.000 km².

3. Calota de hielo: masa de hielo no confinada con forma de domo, que fluye en todas las direcciones.

4. Glaciar de descarga: glaciar que fluye desde el interior de un campo de hielo, calota de hielo y/o sábana de hielo, transfiriendo masa hacia las zonas más bajas.

5. Glaciar de valle: glaciar con el área de acumulación bien definida, cuya lengua está encauzada y fluye valle abajo.

6. Glaciar de montaña: un glaciar que se encuentra confinado por la topografía del terreno montañoso que lo rodea; frecuentemente localizado en un circo o nicho (Müller et al., 1977). Incluye glaciares de circo, de nicho y de cráter.

7. Manchón de nieve permanente o glaciarete: pequeñas masas de nieve y hielo de

forma indefinida. Se localizan generalmente en depresiones, lechos de ríos y pendientes protegidas. En general se desarrollan a partir de la nieve barrida por el viento, avalanchas y/o varios años de fuertes acumulaciones. En general no presentan patrones de flujo visibles, y existen al menos por dos años consecutivos.

8. Barrera de hielo: es la porción flotante de una sábana de hielo, de considerable espesor, que fluye por gravedad sin fricción sobre el mar, y de cuyo frente se desprenden los témpanos tabulares. Se nutre de glaciares, corrientes de hielo, acumulación de la nieve en superficie y por congelación basal. Usualmente tiene gran extensión horizontal y una superficie plana o suavemente ondulada. Las principales barreras de hielo se encuentran en la Antártida (Ross, Ronne- Filchner, Amery, Larsen, etc.).
9. Glaciar de escombros: el glaciar de escombros es una mesoforma criogénica de permafrost de montaña, sobresaturada en hielo que de ser activa, se mueve pendiente abajo por gravedad y por reptación y deformación del permafrost. Es una manifestación de un tipo de permafrost reptante. En general tiene forma de lengua o lóbulo con morfología superficial similar a la de una colada de lava. Sin embargo, sobre todo en los Andes Centrales de Argentina y Chile, los glaciares de escombros pueden alcanzar morfologías muy complejas, con zonas de aporte o de generación de cuencas compuestas y el desarrollo de más de un lóbulo frontal o una superposición de varios lóbulos.
10. Corriente de hielo: banda angosta de hielo que fluye dentro de una sábana de hielo a una velocidad muy superior al hielo circundante. Existen dos tipos principales de corrientes de hielo, las confinadas y no confinadas. Las corrientes de hielo no están bien delimitadas en todas sus márgenes, que en algunas zonas son más visibles por la presencia de grietas laterales que separan las zonas de flujo muy rápido de aquellas menos activas. Las corrientes de hielo drenan la mayor parte de las sábanas de hielo, siendo las principales abastecedoras de las barreras de hielo en Antártida.

10. Forma:

0. Incierto
1. Cuencas compuestas
2. Cuenca compuesta
3. Cuenca simple
4. Circo

5. Nicho
6. Cráter
7. Colgante
8. Grupo
9. Remanente

11. Frente:

0. Normal
1. Piedemonte
2. Expandido
3. Lobulado
4. De desprendimiento
5. Coalescente no contribuyente
10. De desprendimiento y piedemonte
11. De desprendimiento y expandido
12. De desprendimiento y lobulado
13. Tributario de barrera de hielo
14. Flotante
15. De desprendimiento terrestre
16. Confluente

12. Perfil longitudinal

0. Incierto
1. Regular o uniforme
2. Colgante
3. En cascada
4. Cascada de hielo
5. Interrumpido o reconstituido

13. Fuente de alimentación

0. Desconocida
1. Nieve-nieve volada
2. Avalancha
3. Hielo sobreimpuesto

14. Actividad de la Lengua

0. Incierto
1. Marcado retroceso

2. Leve retroceso
3. Estacionario
4. Leve avance
5. Marcado avance
6. Posible pulso (surge)
7. Pulso (surge) conocido
8. Oscilante
9. Adelgazante

15. Morena_1

0. Sin morena
1. Morena Terminal
2. Lateral y/o media
3. Morena de empuje
4. Combinación de 1 y 2
5. Combinación de 1 y 3
6. Combinación de 2 y 3
7. Combinación de 1 , 2 y 3
8. Cubierto, incierto si es morénico
9. Morenas de tipo incierto o que no figura

16. Morena_2

0. Sin morena
1. Morena Terminal
2. Lateral y/o media
3. Morena de empuje
4. Combinación de 1 y 2
5. Combinación de 1 y 3
6. Combinación de 2 y 3
7. Combinación de 1 , 2 y 3
8. Cubierto, incierto si es morénico
9. Morenas de tipo incierto o que no figura

17. Cobertura de la lengua

0. Incierto
1. Sin detrito
2. Parcialmente cubierto de detrito (10-50%)

3. Mayormente cubierto de detrito (50-90%)
4. Completamente cubierto por detrito (>90%)
5. Parcialmente cubierto de detrito con glaciar de escombros (GE) (10-50%)
6. Mayormente cubierto de detrito con GE (50-90%)
7. Completamente cubierto por detrito con GE (>90%)

18. Origen GE

0. Incierto
1. Criogénico: aquellos glaciares de escombros sin relación actual con los glaciares y generados a partir de taludes y canaletas nivo-detriticas.
2. Glacigénico: aquellos glaciares de escombros originados a partir de un glaciar descubierto o cubierto.
3. Combinado 1 y 2

19. Actividad del GE

0. Incierto
1. Activo: presenta evidencias de movimiento pendiente abajo y señales del mismo en superficie. En general este tipo de glaciares tiene una topografía superficial muy irregular y desarrollan pendientes frontales muy pronunciadas (35°-45°).
2. Inactivo: no presentan movimiento pendiente abajo, pero que todavía contienen hielo.

20. Forma del GE

0. Incierto
1. Lengua: largo del glaciar mayor que el ancho
2. Lobado: ancho del glaciar mayor que el largo
3. Espatulado
4. Coalescente
5. Otras

21. Estructura _I

0. Incierto
1. Unidad: formado por un único glaciar de escombros.
2. Multiunidad: formado por varios glaciares de escombros, pueden ser coalescentes o sobrepuestos.

22. Estructura II

0. Incierto
1. Una raíz: una única fuente de alimentación.

2. Multiraiz: un glaciar de escombros que se alimenta de varias fuentes de alimentación o raíces, sea cual fuere su origen.
- 23. Longitud:** coordenadas geográficas de cada polígono (obtenida a partir de un centroide ubicado en el interior del mismo).
- 24. Latitud:** coordenadas geográficas de cada polígono (obtenida a partir de un centroide ubicado en el interior del mismo).
- 25. Área:** área de cada polígono expresada en km^2 .
- 26. Largo_total:** largo de cada unidad, considerando la línea de flujo más larga de todo el glaciar, desde la zona más alta, atravesando la unidad hasta el frente de la misma, siempre lo más perpendicular posible a las curvas de nivel. Se expresa en metros (m).
- 27. H_max_total:** Altura máxima total de la unidad. Se expresa en metros sobre el nivel del mar (msnm).
- 28. H_med_total:** Altura media total de la unidad. Se expresa en metros sobre el nivel del mar (msnm).
- 29. H_min_total:** Altura mínima total de la unidad. Se expresa en metros sobre el nivel del mar (msnm).
- 30. Pendiente:** (Se expresa en grados).
- 31. Orientación:** Correspondiente a los 8 puntos cardinales.
- 32. H_max_parcial:** Altura máxima de los polígonos que conforman cada unidad (si los hubiere) Se expresa en metros sobre el nivel del mar (msnm).
- 33. H_med_parcial:** Altura media de los polígonos que conforman cada unidad (si los hubiere) Se expresa en metros sobre el nivel del mar (msnm).
- 34. H_min_parcial:** Altura mínima de los polígonos que conforman cada unidad (si los hubiere) Se expresa en metros sobre el nivel del mar (msnm).
- 35. Img_ba_F:** Fecha de la imagen de base a partir de la cual se realizó el inventario.
- 36. Img_ba_S:** tipo de sensor que capta la imagen empleada para el inventario (AVNIR, PRISM, CBERS, etc.).
- 37. Img_ap_F:** Fecha de la imagen de apoyo utilizada.
- 38. Img_ap_S:** tipo de sensor que capta la imagen de apoyo empleada.



Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sustentable
Presidencia de la Nación

IANIGLA



CONICET

U. N. C U Y O
GOBIERNO
DE MENDOZA

El 28 de Octubre de 2010 fue promulgada la Ley 26.639 de “Presupuestos Mínimos para la Preservación de los Glaciares y del Ambiente Periglacial”. Esta ley contempla, entre otras medidas, la creación de un Inventario Nacional de Glaciares. Este inventario es fundamental para un estudio de largo plazo de los cuerpos de hielo de Argentina, su dinámica, hidrología y relación con el ambiente, definiendo metodologías de mapeo y monitoreo sistemáticos aplicables a las diferentes regiones y condiciones ambientales de nuestro país.

A partir del trabajo realizado por el Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA), con la coordinación del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, se han inventariado 16.078 glaciares y geoformas periglaciares en la cordillera de Los Andes y 890 en las Islas del Atlántico Sur, los cuales ocupan una superficie de 5.769 y 2.715 km² respectivamente. El Inventario Nacional de Glaciares describe por primera vez, en un instrumento sistematizado, todos los glaciares y geoformas periglaciares que actúan como reservas hídricas existentes en el territorio nacional, con toda la información necesaria para su adecuada protección, control y monitoreo.

El presente informe describe los resultados del Inventario Nacional de Glaciares de la subcuenca del río Blanco Superior, cuenca del río Jáchal, provincias de San Juan, Catamarca y la Rioja.

