



# **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  
del río Senguer  
Cuenca de los ríos  
Senguer y Chico**

**Provincias del Chubut  
y Santa Cruz**

**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  
Directores técnicos: Dr. Lucas Ruiz y Dr. Darío Trombottó  
Profesionales: Lic. Ivanna Pecker Marcosig, Lic. Laura Zalazar  
y Lic. Lidia Ferri Hidalgo

**Mayo 2018**

*La presente publicación se ajusta a la cartografía oficial, establecida por el Poder ejecutivo Nacional por ley N° 22963 a través del Instituto Geográfico Nacional y ha sido aprobada por expediente GG 2217/5, de fecha 28 de diciembre de 2016*

## INDICE

1.	Introducción .....	1
2.	Antecedentes .....	5
3.	Definiciones a los fines del Inventario .....	6
4.	Materiales y métodos .....	8
4.1.	Delimitación de cuencas hidrográficas a partir de modelos de elevación.....	10
4.2.	Selección de imágenes satelitales y georreferenciación.....	10
4.3.	Delimitación de hielo descubierto .....	11
4.4.	Digitalización de glaciares cubiertos y glaciares de escombros .....	12
4.5.	Base de datos de las geoformas inventariadas .....	12
4.6.	Control de campo .....	14
5.	Resultados .....	15
5.1.	Cuenca de los ríos Senguer y Chico.....	15
5.1.	Control de campo .....	19
6.	Bibliografía.....	20
7.	Anexos.....	23
7.1.	Imágenes utilizadas en el inventario de la cuenca de los ríos Senguer y Chico .....	23
7.2.	Control de campo .....	25
7.3.	Descripción de la base de datos.....	41

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Caracterización hidrológica de la subcuenca del río Senguer, cuenca de los ríos Senguer y Chico. ....	8
Figura 2: Diagrama de flujo de la metodología usada en el Inventario Nacional de Glaciares. ....	9
Figura 3: Delimitación de hielo descubierto (línea celeste) obtenida a partir de una clasificación supervisada por objetos empleando el programa SPRING. Glaciar ubicado en los filos ubicados al sur del lago La Plata. ....	12
Figura 4: Ejemplo de geoforma con su código identificador ID_local. ....	14
Figura 5: Mapa general de la cuenca de los ríos Senguer y Chico con las geoformas inventariadas. ....	16
Figura 6: Tipos de glaciares en la cuenca de los ríos Senguer y Chico. ....	17
Figura 7: Orientación de los cuerpos de hielo inventariados en función de su área. ....	17
Figura 8: Distribución del número y superficie de los cuerpos de hielo inventariados en función de tamaño (área). Cuenca de los ríos Senguer y Chico. ....	18
Figura 9: Distribución altitudinal del tipo y superficie de los cuerpos de hielo inventariados en la cuenca de los ríos Senguer y Chico. ....	18

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Imágenes del sensor ASTER y LANDSAT utilizadas como base para inventariar los cuerpos de hielo de la cuenca de los ríos Senguer y Chico. ....	11
Tabla 2: Tipo de cuerpo de hielo y superficie total en la cuenca de los ríos Senguer y Chico. ....	15
Tabla 3: Tipo de geoforma y altura. ....	19

## **LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS**

ALOS: Advanced Land Observing Satellite

ASTER: Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer

CBERS: China-Brazil Earth Resources Satellite

ENVI: Environment for Visualizing Images

GC: Glaciar cubierto

GCGE: Glaciar cubierto con glaciar de escombros

GD: Glaciar descubierto

GDEM: Global Digital Elevation Map

GEA: Glaciar de escombros activo

GEF: Glaciar de escombros fósil

GEI: Glaciar de escombros inactivo

Gl: Glaciar

GLIMS: Global Land Ice Measurements from Space

H media: Altura media de la geoforma

IANIGLA: Instituto Argentino de Nivología Glaciología y Ciencias Ambientales

IPA: International Permafrost Association

ID: Código Identificador

ING: Inventario Nacional de Glaciares

INPE: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais de Brasil

LANDSAT: Serie de satélites de observación terrestre manejados por la NASA y el USGS

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

SAGA: System for Automated Geoscientific Analyses

SPRING: Sistema de Procesamiento de Información Georreferenciada

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 km<sup>2</sup> 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 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 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 verán 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 esorrentía andina.

En este informe, se describen los trabajos realizados para la identificación e inventario de los cuerpos de hielo en la subcuenca del río Senguer, cuenca de los ríos Senguer y Chico, provincias del Chubut y Santa Cruz. El inventario ha sido realizado siguiendo lineamientos internacionales (GLIMS) adaptados a condiciones locales y regionales a partir de la metodología elaborada en el IANIGLA (detallada más adelante) que sirve de base para el Inventario Nacional de Glaciares en Argentina.

El trabajo de identificación de glaciares en la subcuenca del río Senguer, cuenca de los ríos Senguer y Chico fue elaborado en marzo de 2014 y aprobado según resolución N° RESOL-2017-581-APN-MAD del 30 de agosto de 2017, 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.

## 2. Antecedentes

Si bien existen registros de la existencia de glaciares en estas latitudes por los menos desde finales del siglo XIX con la Comisión de Límites principalmente entre 1892 y 1898 (Moreno, 1900 en Feruglio 1950), los mismos no han sido estudiados en detalle hasta el presente.

Lliboutry (1956) realizó el primer análisis de la distribución de los glaciares a lo largo de la Cordillera de los Andes entre Argentina y Chile. Para los Andes de la Región de los Lagos o Patagonia Norte, este autor señala que además de los glaciares asociados a los centros volcánicos (Tronador, Osorno, Hornopiren, Michimahuida), existen numerosos glaciares al sur del Seno Reloncaví, los cuales resultan prácticamente inaccesibles a pie debido a lo tupido de la vegetación que los rodea. Feruglio (1957) también realizó un análisis sobre la distribución de glaciares a lo largo de los Andes argentinos. Este autor indica que al sur de los  $41^{\circ} 8'S$  (Monte Tronador) y hasta los  $46^{\circ}S$  en la vertiente argentina de la cordillera de los Andes se suceden muy próximos centros de glaciación de tipo alpino. Estos centros presentan glaciares de valle algo desarrollados y una multitud de glaciares de circo, que nunca se reúnen en campos o casquetes muy extensos, aunque se destaca que la zona interior de la cordillera, entre los  $41^{\circ}$  y  $46^{\circ} S$ , se encuentra prácticamente desconocida.

### 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](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 operadores sin lugar a ambigüedades. Estos criterios han sido empleados en el inventario de cuerpos de hielo para la subcuenca del río Senguer, cuenca de los ríos Senguer y Chico aquí presentado.

En el territorio de la República Argentina podemos agrupar a las reservas hídricas estratégicas en estado sólido 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 dados por el WGMS (World Glacier Monitoring Service) y la IPA (International Permafrost Association), 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 recrystalización 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 km<sup>2</sup> (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 km<sup>2</sup> (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 (Haeberli 1985). 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.

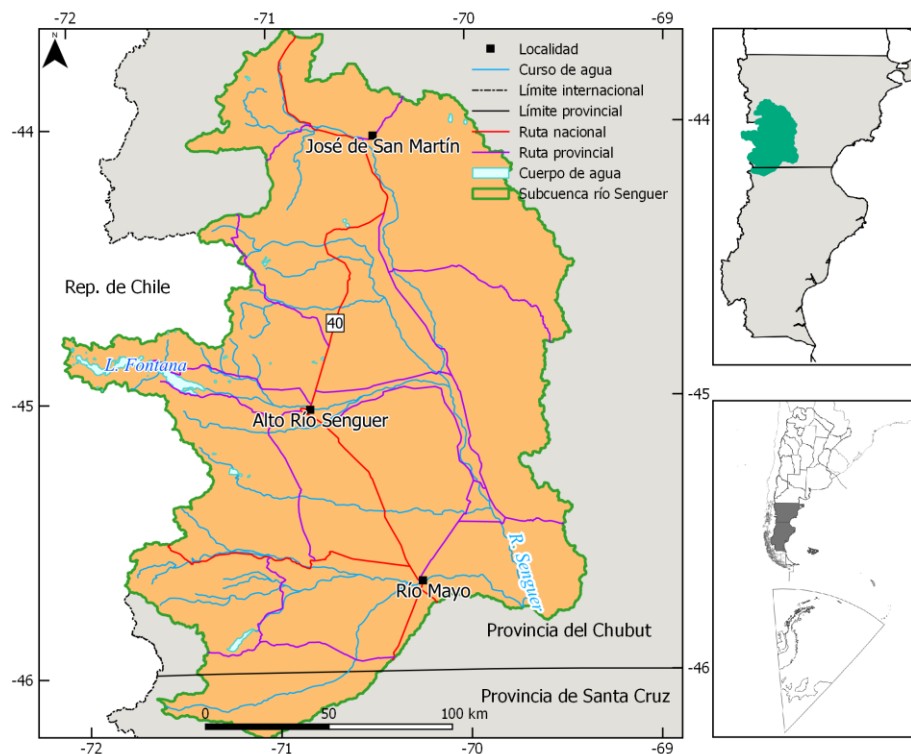
**Glaciar cubierto con glaciar de escombros:** en los Andes Centrales existen numerosos casos en los que un sector de hielo cubierto por detritos se transforma gradualmente en un glaciar de escombros. En general es muy difícil identificar y determinar la posición del límite entre el hielo cubierto (ambiente glaciar) y el glaciar de escombros glaciogénico (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.

Cabe aclarar que en el ambiente periglacial existen numerosas geoformas con hielo en su interior. Sin embargo, los glaciares de escombros al estar sobresaturados en hielo, son los más importantes desde el punto de vista de reserva hídrica (Corte 1976; Schrott 1996; Brenning y Azócar 2010; Azócar y Brenning 2010). Es precisamente el alto contenido de hielo el que favorece su desplazamiento pendiente abajo (Haeberli 1985; Barsch 1996). Este movimiento es el que genera los rasgos característicos superficiales (crestas y surcos, crestas laterales) que permiten identificar a los glaciares de escombros en las imágenes satelitales (Haeberli 1985; Trombotto 1991; Barsch 1996; Ikeda y Matsuoka 2002). Por otra parte es importante aclarar que la distribución de hielo dentro de los glaciares de escombros no es homogénea, ya que existen variaciones tanto horizontales como verticales, de allí la importancia de identificar la totalidad del cuerpo (Barsch 1996; Gruber y Haeberli 2009; Arenson y Jakob 2010; Otto et al. 2010).

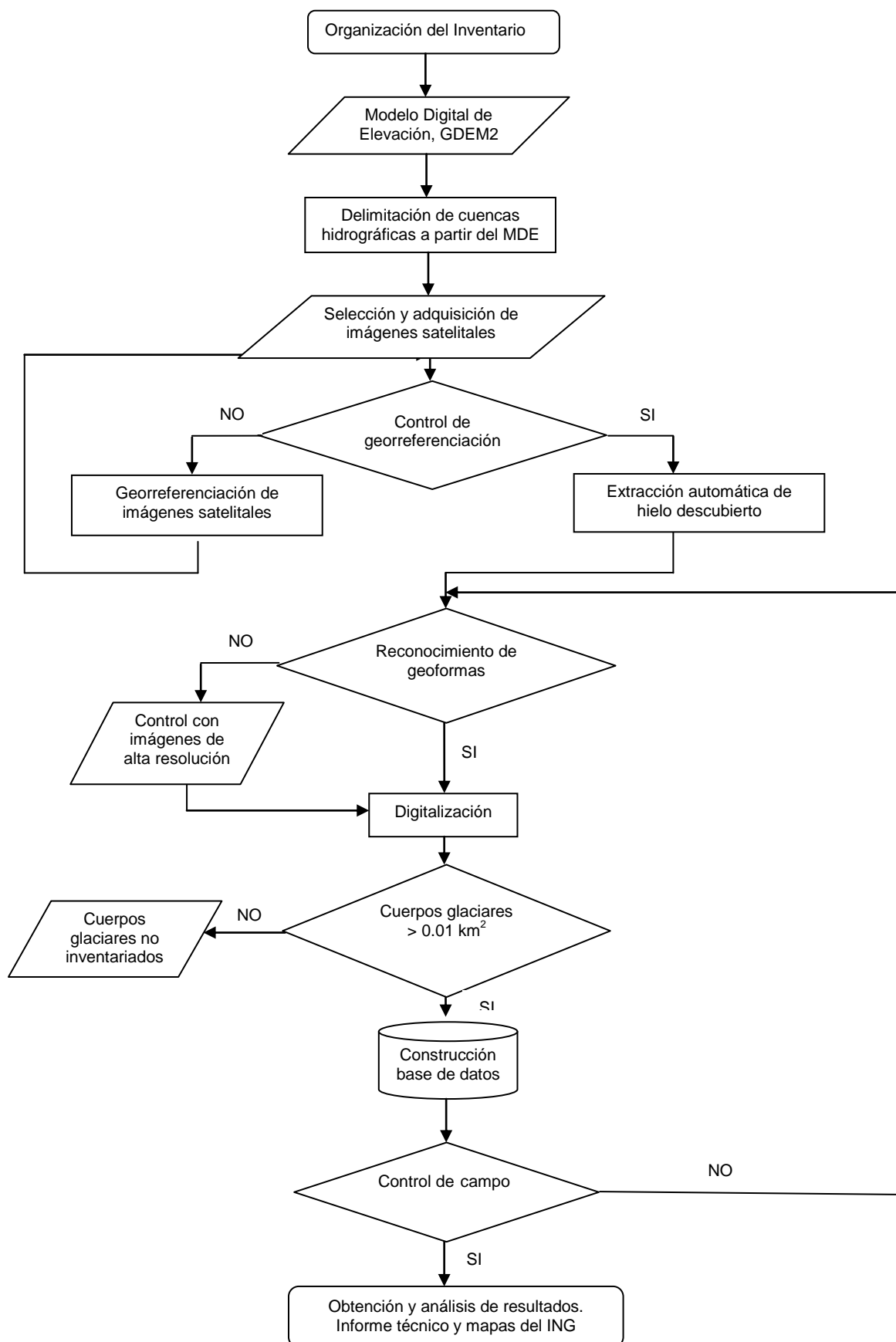
## 4. Materiales y métodos

La ejecución del Inventario de Glaciares de la República Argentina sigue las normativas internacionales establecidas por el World Glacier Monitoring Service (WGMS 1967 y posteriores, UNESCO-IAHS 1970, Muller 1977) y su programa World Glacier Inventory (WGI), las normativas del Programa Global Land Ice Measurements from Space (GLIMS; Racoviteanu et al. 2009), la IPA (International Permafrost Association), y directivas empleadas en inventarios previos en los Andes Centrales y Patagónicos (Corte y Espizúa 1981, Delgado et al. 2010). El presente documento corresponde al Inventario Nacional de Glaciares de la subcuenca del río Senguer, cuenca de los ríos Senguer y Chico. La cuenca estudiada posee un área de 34.272 km<sup>2</sup>, la misma se encuentra distribuida mayormente en el sur de la provincia del Chubut y una pequeña parte en el norte de la provincia de Santa Cruz.

Existen dos cuerpos de agua importantes en la cuenca que son los lagos La Plata y Fontana, ambos de origen glaciario. El lago La Plata descarga excedentes en el lago Fontana. En el extremo del lago Fontana nace el río Senguer, curso principal de la cuenca. Su desagüe lo realiza en los lagos Musters y Colhue Huapi. Es poco usual que existan excedentes de agua en el sistema de la cuenca del río Senguer, pero cuando se producen el río Chico es quien conduce el agua hacia el dique Florentino Ameghino. Este curso posee un comportamiento intermitente en función del aporte que obtenga de la cuenca superior. En la Figura 1 puede observarse un mapa con las características hidrológicas de la parte alta de la cuenca donde existen los glaciares. En la Figura 2 se puede ver un organigrama con los pasos metodológicos que forman parte del proceso de realización del Inventario Nacional de Glaciares.



**Figura 1: Caracterización hidrológica de la subcuenca del río Senguer, cuenca de los ríos Senguer y Chico.**



**Figura 2: Diagrama de flujo de la metodología usada en el Inventario Nacional de Glaciares.**

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

El trabajo comienza con la búsqueda de un Modelo Digital de Elevación (DEM, por sus siglas en inglés) para realizar la delimitación de cuencas y subcuencas.

El objetivo de la delimitación de cuencas es generar una red de drenaje para la zona de estudio, a fin de poder delimitar los cuerpos pertenecientes a cada unidad hidrológica y así poder asignar su dirección de descarga y aporte a los cursos de agua.

El DEM utilizado para el inventario fue el ASTER GDEM2, el cual está confeccionado a partir de imágenes estereoscópicas del satélite ASTER. Las bandas utilizadas son VNIR 3N (Nadir) y VNIR 3B (Back). El sensor toma ambas imágenes con una diferencia de 55 segundos, con lo cual no es necesario realizar correcciones radiométricas para su uso.

A partir del uso de Sistemas de Información Geográfica (SAGA, QGIS) se aplicaron procesos automáticos sobre el DEM a fin de obtener los límites de cuencas y subcuencas sobre los cuales se va a trabajar para inventariar glaciares.

Luego de obtener tales límites de cuenca se procedió a la superposición con las imágenes satelitales de base, para corroborar que los límites coincidieran con las divisorias de aguas. En el caso que no fue así se realizó la edición manual de los polígonos con los programas KOSMO y GVSIG.

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 a partir de imágenes del satélite ASTER y LANDSAT, las mismas fueron seleccionadas siguiendo los criterios provistos por Paul et al. (2007). Las imágenes seleccionadas corresponden al fin del periodo de ablación y fechas cercanas a ella, para la zona de estudio para evitar la presencia de nieve estacional. También se ha tenido cuidado en seleccionar imágenes con baja o nula cobertura nubosa, para evitar zonas sin información espectral. Además se utilizaron imágenes SPOT e imágenes de Google como apoyo para la identificación de glaciares de escombros.

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](http://lpdaac.usgs.gov/get_data)) a través del Convenio entre el programa GLIMS y el IANIGLA. Las imágenes LANDSAT fueron provistas gratuitamente por el USGS/Earth Resources Observation and Science (EROS). Las imágenes SPOT fueron proporcionadas por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) de Argentina. Debido a la extensión de la cuenca, sólo se han buscado y obtenido imágenes de alta y media resolución del sector oeste, sitio donde existe presencia de hielo. El sector este, constituido por meseta, fue desestimado para la búsqueda de imágenes debido a que allí no hay existencia de cobertura de hielo y nieve.



Las imágenes fueron procesadas en varias etapas. La primera etapa consistió en la creación de una imagen de color natural (RGB) a partir de las diversas bandas de las imágenes seleccionadas. En la segunda etapa se elaboraron mosaicos con las imágenes de interés para el mapeo de la cobertura de hielo presente. En el final de este proceso se obtuvo un mosaico con la unión de todas las imágenes utilizadas. La tercera etapa consistió en la adecuación geométrica entre las imágenes (proceso de georreferenciación). El mosaico fue georreferenciado en base a las imágenes LANDSAT 5 TM. Para ello se utilizó el programa ENVI mediante el proceso de “Registración”. Se tomaron puntos de identificación del terreno, 24 puntos de control, obteniendo un error cuadrático medio menor a 1 píxel (~15 metros).

La cuarta etapa consistió en la elaboración de un mosaico de cuenca a partir de los mosaicos georreferenciados en la etapa previa a partir del programa ENVI.

En la Tabla 1 se mencionan las imágenes utilizadas de base para realizar el inventario. Se identifican a partir del número identificador de la escena (ID\_escena).

A nivel internacional, el sistema de referencia adoptado para la realización del inventario es UTM, para zona de estudio se utilizó la franja UTM 19 Sur, sobre el elipsoide WGS 84.

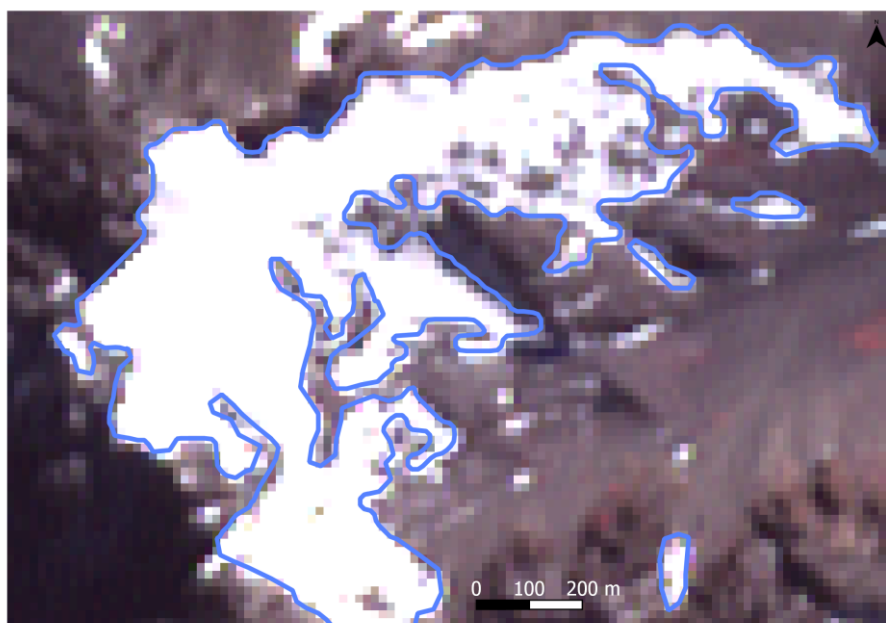
**Tabla 1: Imágenes del sensor ASTER y LANDSAT utilizadas como base para inventariar los cuerpos de hielo de la cuenca de los ríos Senguer y Chico.**

Satélite/sensor	ID Escena	Fecha
Terra/ASTER	AST_L1A.003:2071122603	04 febrero 2008
Terra/ASTER	AST_L1A.003:2072667963	23 marzo 2008
Landsat	LT52320912008034COA00	03 febrero 2008

### 4.3. Delimitación de hielo descubierto

El paso posterior a la determinación de las cuencas hidrográficas es la delimitación automática del hielo descubierto. Para ello se realizó una clasificación por objetos a partir de las bandas 1, 2 y 3 de las imágenes de base citadas en la Tabla 1. Dicha clasificación fue realizada con el programa SPRING provisto por el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales de Brasil, INPE (Camara et al. 1996). Una clasificación por objetos utiliza además de la información espectral de cada píxel la información espacial que envuelve la relación entre los píxeles y sus vecinos. Este tipo de clasificación intenta imitar el comportamiento de un fotointérprete al reconocer áreas homogéneas de las imágenes basándose en las propiedades espectrales y espaciales de las mismas. Como resultado de esta clasificación se obtuvieron los polígonos que corresponden al hielo descubierto, incluyendo glaciares y manchones de nieve (ver Figura 3).

Posteriormente el vector obtenido se edita manualmente para corregir pequeñas diferencias que puedan existir, como por ejemplo el hielo no identificado por estar localizado en sectores en sombra en la imagen o para eliminar la nieve estacional que pueda estar presente en la imagen.



**Figura 3: Delimitación de hielo descubierto (línea celeste) obtenida a partir de una clasificación supervisada por objetos empleando el programa SPRING. Glaciar ubicado en los filos ubicados al sur del lago La Plata.**

#### **4.4. Digitalización de glaciares cubiertos y glaciares de escombros**

En el caso del mapeo de glaciares cubiertos por detritos y glaciares de escombros, la digitalización manual sigue siendo la mejor metodología 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. En la cuenca de los ríos Senguer y Chico se han analizado para corroborar la presencia de glaciares cubiertos y glaciares de escombros imágenes citadas en la Tabla 1 e imágenes de apoyo SPOT 5 (Anexo 7.1.) así como imágenes de alta resolución existentes en Google Earth. La digitalización manual se realizó con el programa QGIS.

#### **4.5. Base de datos de las geoformas inventariadas**

La base de datos del Inventario Nacional de Glaciares de la cuenca de los ríos Senguer y Chico incluye la identificación de cada uno de los glaciares, su clasificación morfológica, y parámetros de índole física tales como el área, altura máxima, media y mínima, orientación, pendiente y largo total (ver Anexo 7.3). La base de datos también se construyó con el programa KOSMO.

Para clasificar los glaciares se usaron las normativas internacionales en uso (principalmente del WGMS y GLIMS) con algunas adaptaciones, debido a las particularidades de los cuerpos de hielo presentes mayormente en los Andes Centrales de Argentina. En esta región en particular, los glaciares de escombros representan un recurso hídrico de gran importancia, no obstante se han identificado este tipo de geoformas en las diferentes regiones de los Andes

argentinos. 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

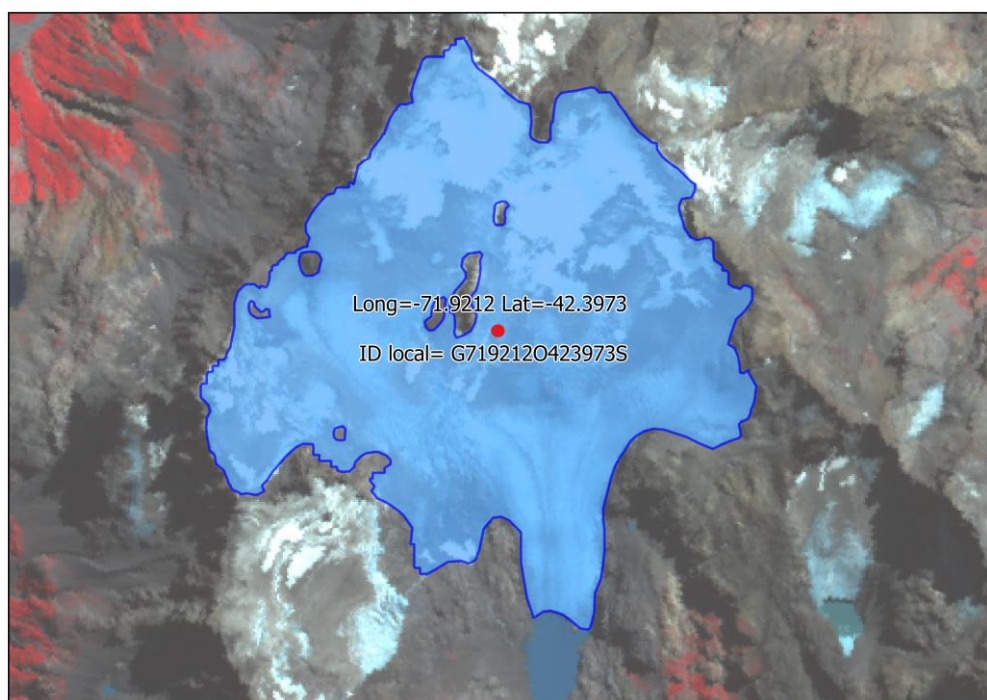
Según GLIMS un glaciar o masa de hielo perenne identificado por un único ID (código identificador), consiste en un cuerpo de hielo y nieve que se observa al final de la estación de ablación o en el caso de los glaciares tropicales cuando no hay nieve transitoria. Esto incluye como mínimo todos los tributarios y masas de hielo que contribuyen a la alimentación del glaciar principal, además de las partes cubiertas de detrito. Quedan excluidos los afloramientos rocosos y nunataks. (Ver definición en [http://www.glims.org/MapsAndDocs/assets/GLIMS\\_Analysis\\_Tutorial\\_a4.pdf](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 (Figura 4) 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.



**Figura 4: Ejemplo de geoforma con su código identificador ID\_local.**

#### **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. Cuenca de los ríos Senguer y Chico

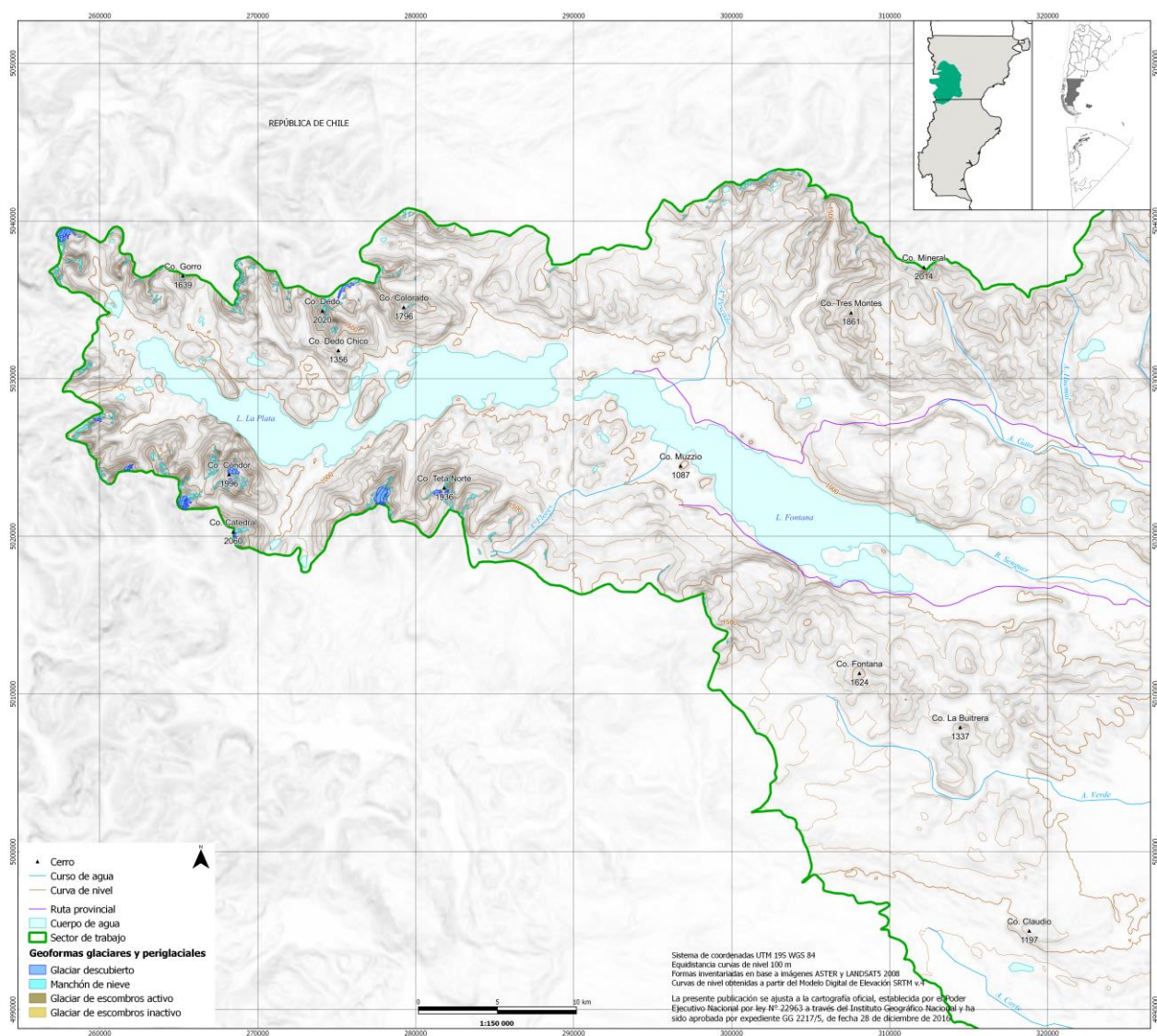
La cuenca posee un área de 34.272 km<sup>2</sup>, de los cuales 9,20 km<sup>2</sup> se encuentran englazados, lo cual representa el 0,03% de la superficie de la misma (Figura 5).

Se han inventariado 241 geoformas, según la clasificación primaria 12 de ellos corresponden a glaciares descubiertos, 227 a manchones de nieve y/o glaciaretes y 2 corresponden a glaciares de escombros. En función del área los glaciares descubiertos ocupan 2,30 km<sup>2</sup>, lo cual representa un 25% del área englazada total de la cuenca. Los manchones de nieve comprenden 6,86 km<sup>2</sup> y representan el 74% del área total cubierta por hielo de la cuenca. Por último los glaciares de escombros ocupan una superficie de 0,04 km<sup>2</sup> y representan el 1% de la superficie englazada total (Tabla 2, Figura 6).

**Tabla 2: Tipo de cuerpo de hielo y superficie total en la cuenca de los ríos Senguer y Chico.**

Tipo de geoforma inventariada	Área (km <sup>2</sup> )
Glaciar descubierto	2,30
Manchones de nieve / glaciaretes	6,86
Glaciar de escombros	0,04
Total	9,20





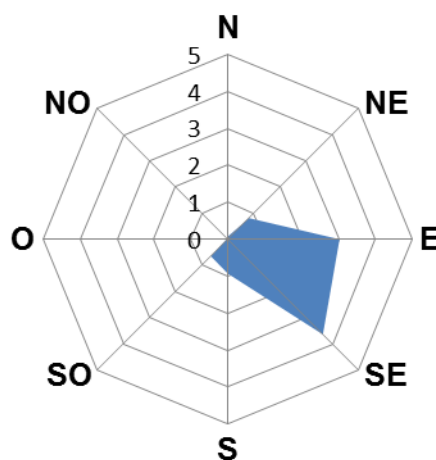
**Figura 5: Mapa general de la cuenca de los ríos Senguer y Chico con las geoformas inventariadas.**

**Superficie total cubierta por cuerpos de hielo: 9,20 km<sup>2</sup>**  
**Total de geoformas inventariadas: 241**



**Figura 6: Tipos de glaciares en la cuenca de los ríos Senguer y Chico.**

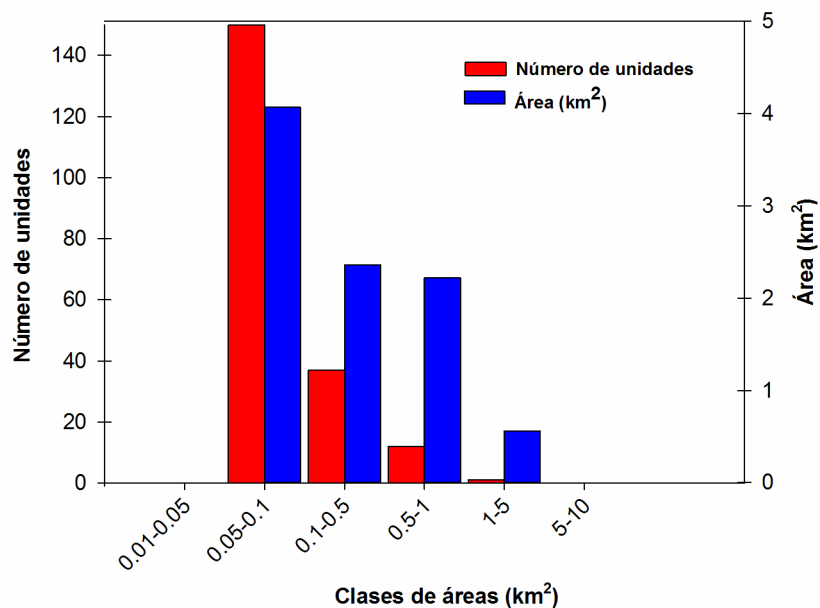
La orientación preferente de los glaciares es hacia el este y el sureste (Figura 7).



**Figura 7: Orientación de los cuerpos de hielo inventariados en función de su área.**  
**Cuenca ríos Senguer y Chico.**

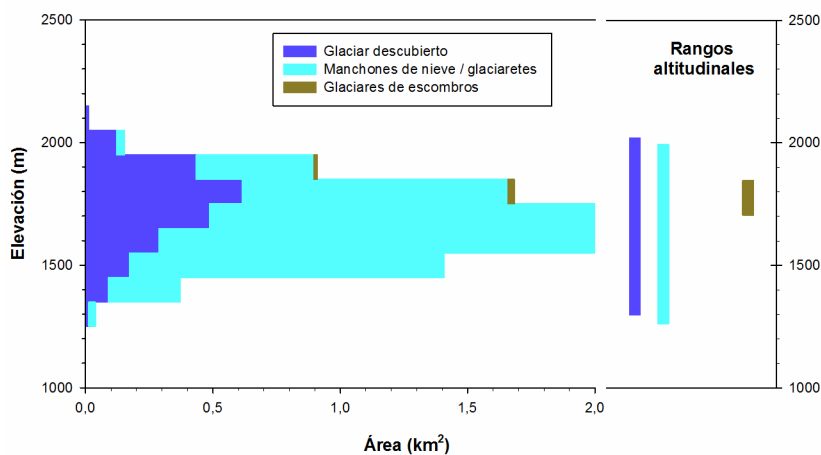
En función de sus tamaños el 80% de los cuerpos inventariados poseen un área entre 0,01-0,05 km<sup>2</sup>, sumando un total de 4,06 km<sup>2</sup>. En el rango 0,05-0,1 km<sup>2</sup> se ubica el 15% de los cuerpos inventariados con un área de 2,35 km<sup>2</sup>. Entre 0,1-0,5 km<sup>2</sup> se encuentra el 5% sumando un área de 2,21 km<sup>2</sup>. En el rango 0,5-1 km<sup>2</sup> sólo se encuentra un glaciar descubierto con un área de 0,55 km<sup>2</sup> (Figura 8).





**Figura 8: Distribución del número y superficie de los cuerpos de hielo inventariados en función de tamaño (área). Cuenca de los ríos Senguer y Chico.**

La Figura 9 muestra la distribución por tipo de geoforma en rango altitudinales y área total cubierta. La distribución altitudinal de las geoformas se encuentra entre los 1.263 a 2.022 msnm (Tabla 3). La mayor cantidad de área de los cuerpos inventariados se encuentra en el rango 1.800 a 2.000 msnm. Los glaciares descubiertos se encuentran entre los 1.298 a 2.022 msnm. Los manchones de nieve se distribuyen entre 1.263 a 1.992 msnm. Los glaciares de escombros se ubican entre los 1.706 y 1.846 msnm.



**Figura 9: Distribución altitudinal del tipo y superficie de los cuerpos de hielo inventariados en la cuenca de los ríos Senguer y Chico.**

**Tabla 3: Tipo de geoforma y altura.**

Tipo de geoforma	Altura mínima observada (msnm)	Altura máxima observada (msnm)
Glaciar descubierto	1.298	2.022
Manchones de nieve / glaciaretas	1.263	1.992
Glaciar de escombros	1.706	1.846

### **5.1. Control de campo**

El control de campo se realizó en el mes de enero de 2017 en las márgenes de los lagos Fontana y La Plata, que es el único sector con glaciares de la cuenca.

En total se observaron 84 geoformas en el campo, que fueron comparadas con las identificadas en gabinete. Se obtuvo un 100% de coincidencias en la identificación de glaciares y un 99% en la clasificación. En el gabinete se clasificó como glaciar descubierto una geoforma que en el campo se identificó como un manchón de nieve puesto que no presentaba rasgos que indicaran movimiento. Para tener mayor detalle ver anexo 7.2. donde se describen algunas de las geoformas visitadas en el trabajo de campo.

## 6. Bibliografía

Arenson, L. y Jakob, M. 2010. The Significance of Rock Glaciers in the Dry Andes – A Discussion of Azócar and Brenning (2010) and Brenning and Azócar (2010). *Permafrost and Periglacial Processes*, 21: 286 - 288.

Azócar, G.F. y Brenning, A. 2010. Hydrological and Geomorphological Significance of Rock Glaciers in the Dry Andes, Chile (27°- 33°S). *Permafrost and Periglacial Processes*, 21: 42 - 53.

Barsch D. 1978. Active rock glaciers as indicators for discontinuous alpine permafrost. An example from the Swiss Alps. Third International Conference on Permafrost, Proceedings 1, 349-353 p. Ottawa, Canada.

Barsch, D. 1996. *Rockglaciers*. Springer, 331 p. Berlin.

Brenning, A. 2005. Geomorphological, hydrological and climatic significance of rock glaciers in the Andes of central Chile (33–35° S). *Permafr. Periglac. Process.* 16, 231–240.

Brenning, A. y Azócar, G.F. 2010. Statistical analysis of topographic controls and multispectral signatures of rock glaciers in the dry Andes, Chile (27°- 33°S). *Permafrost and Periglacial Processes*, 21: 54 – 66

Camara, G., Souza, R.C.M., Freitas, U.M., Garrido, J. 1996. "SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling". *Computers & Graphics*, 20: (3) 395-403.

Corte, A. 1976. The hydrological significance of rock glaciers. *Journal of Glaciology* 17: 157-158.

Corte, A. E. and L. E. Espizúa. 1981. *Inventario de glaciares de la cuenca del río Mendoza*. IANIGLA-CONICET. Mendoza. 64 p.

Delgado, S., M. Masiokas, et al. 2010. Developing an Argentinean glacier inventory: first results from the Southern Patagonia Icefield submitted to GLIMS. *International Ice and Climate Conference*. Valdivia, Chile. CECS.

Feruglio, E.; 1949-50. *Descripción Geológica de la Patagonia*. Yacimientos Petrolíferos Fiscales, 3 Tomos, Buenos Aires.

Feruglio E., 1957. Los glaciares de la cordillera Argentina. *Geografía de la República Argentina*. Tomo VII (primera parte). 5-89.

Gruber, S. y Haeberli, W. 2009. Mountain Permafrost, in *Permafrost Soils* (ed) R. Margesin, *Soil Biology* 16. springer-Verlag Berlin: p. 33-44p.

Haeberli, W. 1985. Creep of mountain permafrost: internal structure and flow of alpine rock glaciers. *Mitt. d. Versuchsanstalt f. Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie*, Vol. 77, 142 p.  
IANIGLA, 2010. *Inventario Nacional de Glaciares y Ambiente Periglacial: Fundamentos y Cronograma de Ejecución*. Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias

Ambientales. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. (www.glaciares.org.ar), 87 p., Mendoza.

Ikeda A., and Matsuoka, N., 2002. Degradation of Talus-derived Rock Glaciers in the Upper Engadin, Swiss Alps. *Permafrost Periglac. Process.*, Vol. 13 (145–161).

Moreno, F. P., 1900. Exploraciones en Patagonia. *Boletín del Instituto Geográfico Argentino*, XX: 342- 394. Buenos Aires.

Müller, F., T. Caflisch, et al. 1977. Instructions for compilation and assemblage of data for a World Glacier Inventory. TTS/WGI, Department of Geography, ETH. Zurich. 19 p.

Otto, J-Ch., Götz, J., Keuschnig, M., Hartmeyer I., Trombotto D. y Schrott, L. 2010. Geomorphological and geophysical investigation of a complex rock glacier system - Morenas Coloradas valley (Cordon del Plata, Mendoza, Argentina). *Geophysical Research Abstracts*, EGU2010-3625, Vol. 12.

Schrott, L. 1996. Some geomorphological-hydrological aspects of rock glaciers in the Andes (San Juan, Argentina). *Zeitschrift für Geomorphologie NF Suppl.-Bd.*, 104, 161-173.

Racoviteanu, A. E., Paul, F., Raup, B., Khalsa, S.J.S., Armstrong, R. 2009. Challenges and recommendations in mapping of glacier parameters from space: results of the 2008 Global Land Ice Measurements from Space (GLIMS) workshop, Boulder, Colorado, USA. *Annals of Glaciology* 50 (53).

Stokes, C. R., Popovnin, V., Aleynikov, A., Gurney, S. D. y Shahgedanova, M. 2007. Recent glacier retreat in Caucasus Mountains, Russia, and associated increase in supraglacial debris cover and supra-proglacial lake development. *Annals of Glaciology*, 46: 95-213.

Trombotto, D. 1991. Untersuchungen zum periglazialen Formenschatz und zu periglazialen Sedimenten in der 'Lagunita del Plata', Mendoza, Argentinie. ("Investigaciones sobre geoformas y sedimentos periglaciales en la 'Lagunita del Plata', Mendoza, Argentina"). *Heidelberger Geographische Arbeiten*, Heft 90: 171 páginas, Heidelberg, Alemania (ver en [www.geog.uni-heidelberg.de/hga](http://www.geog.uni-heidelberg.de/hga)).

Trombotto, D. 2002. "Inventory of fossil cryogenic forms and structures in Patagonia and the mountains of Argentina beyond the Andes". *South African Journal of Science*, 98: 171-180, Review Articles, Pretoria, Sudáfrica.

UNESCO-IASH. 1970. Perennial ice and snow masses. A guide for compilation and assemblage of data for a world inventory. Technical papers in hydrology 1. UNESCO. France. 56 pp.

WGMS. 1967. Fluctuations of glaciers 1959-1965, Vol. I. IAHS (ICSU)/UNEP/UNESCO. Paris. 52 pp.

WGMS-UNEP, 2007. Global Glacier Changes: Facts and Figures, World Glacier Monitoring Services, United Nations Environmental Programme, Geneva.

Williams, R.S., Jr., Ferrigno, J.G. (eds.) 1999. Satellite Image Atlas of Glaciers of the World – South America. USGS Professional Paper 1386-I.

## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Martínez, Oscar. (2002). Geomorfología y geología de los depósitos glaciares y periglaciares de la región comprendida entre los 43° y 44° lat.sur y 70°30' y 72° long.oeste, Chubut, República Argentina.

Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Esquel, Argentina.

Masiokas, M., Villalba, R., Delgado, S., Trombotto, D., Luckman, B., Ripalta, A., Hernandez, J., 2001. Dendrogeomorphological reconstruction of glacier variations in Patagonia during the past 1000 years. In: Kaennel, D.M., Bräker, O.U. (Eds.), Abstracts from the International Conference Tree Rings and People. Davos, Switzerland, p. 177

Masiokas, M.H., Villalba, R., Luckman, B.H., Lascano, M.E., Delgado, S., Stepanek, P., 2008. 20th-century glacier recession and Regional hydroclimatic changes in northwestern Patagonia. *Global and Planetary Change* 60, 85–100.

Masiokas, M.H., Rivera, A., Espizua, L.E., Villalba, R., Delgado, S., Aravena, J.C., 2009. Glacier fluctuations in extratropical South America during the past 1000 years. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 281, 242–268.

Masiokas, M.H.; Luckman, B.H.; Villalba, R.; Delgado, S.; Rabassa, J. 2010. Little Ice Age fluctuations of Glaciar río Manso in the north Patagonian Andes of Argentina. *Quaternary Research* 73 (1), 96-106.

Paul, F., Kaab, A. and Haeberli, W. 2007. Recent glacier changes in the Alps observed by satellite: Consequences for future monitoring strategies. *Global and Planetary Change*, 56, 111-122.

Rabassa, J., 1981. Inventario de glaciares y cuerpos de nieve permanentes en los Andes Patagónicos septentrionales, Argentina. *Octavo Congreso Geológico Argentino, Actas* 4, 109-122.

Rabassa, J., Clapperton, C.M., 1990. Quaternary glaciations of the Southern Andes. *Quaternary Science Reviews* 9, 153–174.

Rubulis, S., Suarez, J.A., 1969, Mapa del río Turbio, provincia de Chubut. Unidad de geocriología, IANIGLA (inédito).

Trombotto, D. "Survey of Cryogenic Processes, Periglacial Forms and Permafrost Conditions in South America". *Revista do Instituto Geológico*, Vol. 21, Nr.1/2: 33-55, São Paulo, Brasil, 2000. (Index of Geology, GeoDatos, Georef, Zoological Record)

Trombotto Liaudat, D.: "Geocryology of Southern South America" In: "Late Cenozoic of Patagonia and Tierra del Fuego", Jorge Rabassa (Editor). *Developments in Quaternary Sciences*, Volume 11: 255-268, Elsevier, The Netherlands, 2008. ISBN: 978-0-444-52954-1

Tucker, C. J., D. M. Grant, et al. 2004. NASA's global orthorectified Landsat data set. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 70(3): 313-322.

## 7. Anexos

### 7.1. Imágenes utilizadas en el inventario de la cuenca de los ríos Senguer y Chico

Se presentan las tablas, ordenadas por tipo de satélite, con las imágenes utilizadas en el inventario de la cuenca de los ríos Senguer y Chico.

Para las imágenes que se utilizaron como base del inventario, la selección final se realizó teniendo en cuenta aquéllas de fechas más recientes, que tuvieran poca cobertura de nieve estacional (meses de ablación desde marzo a abril para estas latitudes) y ausencia de nubes.

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

- Como base de georeferenciación, se emplearon en este caso imágenes del satélite Landsat.
- Para identificar manchones de nieve perenne se emplearon imágenes de por lo menos dos años anteriores a la imagen utilizada como base para el inventario. Pueden ser de cualquier satélite, y también deben corresponder a fechas próximas al fin del verano para minimizar la existencia de la nieve estacional.
- Como ayuda para la interpretación y digitalización de hielo descubierto, manchones y sobretodo del hielo cubierto y glaciares de escombros, se suelen emplear imágenes de sensores de alta resolución, en este caso fueron utilizadas imágenes SPOT, como también las imágenes de gran resolución que se encuentran en Google Earth.

Satélite: **LANDSAT 5**

Sensor: TM (Thematic Mapper)

Resolución espacial: 30 m

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

ID imagen	Fecha	Objetivo
LT52310902004032COA00	01 febrero 2004	Base georreferenciación y comparación manchones de nieve
LT52310912004032COA00	01 febrero 2004	Base georreferenciación y comparación manchones de nieve
LT52310922004032COA00	01 febrero 2004	Base georreferenciación y comparación manchones de nieve
LT52320912008034COA00	03 febrero 2008	Base inventario

Satélite: **TERRA**

Sensor: Aster

Resolución espacial: 15 m

Proveedor: LP DAAC, USGS <http://lpdaac.usgs.gov> a través de CONAE (Comisión Nacional de Actividades Espaciales).

En la tabla siguiente se incluyen las imágenes satelitales utilizadas discriminadas por su *número identificador de escena* (ID\_imagen).

ID imagen	Fecha	Objetivo
AST_L1A.003:2071122603	04 febrero 2008	Base inventario
AST_L1A.003:2072667963	23 marzo 2008	Base inventario

Satélite: **SPOT 5** (Système Pour l'Observation de la Terre)

Sensor: HRG2

Resolución espacial: 10 m

Proveedor: LP DAAC, USGS <http://lpdaac.usgs.gov> a través de CONAE (Comisión Nacional de Actividades Espaciales)

ID imagen	Fecha	Objetivo
HRG2_2012-03-08_14-13-15_J_679_441_S0_L2A	08 marzo 2012	Apoyo delimitación glaciares de escombros
HRG2_2012-03-08_14-31-06_J_679_440_S0_L2A	08 marzo 2012	Apoyo delimitación glaciares de escombros
HRG2_2012-03-08_14-31-23_J_679_442_S0_L2A	08 marzo 2012	Apoyo delimitación glaciares de escombros



## 7.2. Control de campo

El control de campo se realizó en enero de 2017 en las márgenes de los lagos Fontana y La Plata.

### 7.2.1 Objetivos

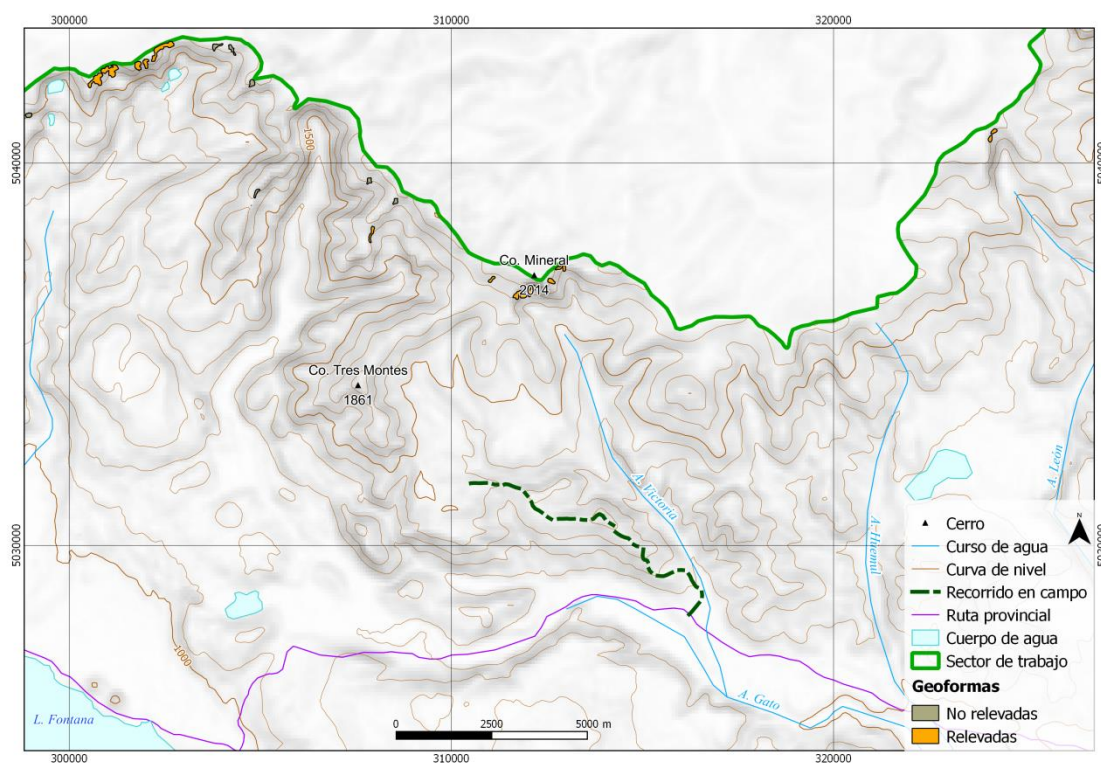
Los objetivos de la campaña fueron:

- ✓ Identificar en el campo las geoformas inventariadas en gabinete en una primera etapa a partir de imágenes satelitales
- ✓ Observar detalles morfológicos de las geoformas
- ✓ Verificar la clasificación de glaciares realizada
- ✓ Tomar fotografías de las diferentes geoformas
- ✓ Tomar puntos de referencia y tracks con equipos GPS

### 7.2.2 Resultados. Geoformas relevadas

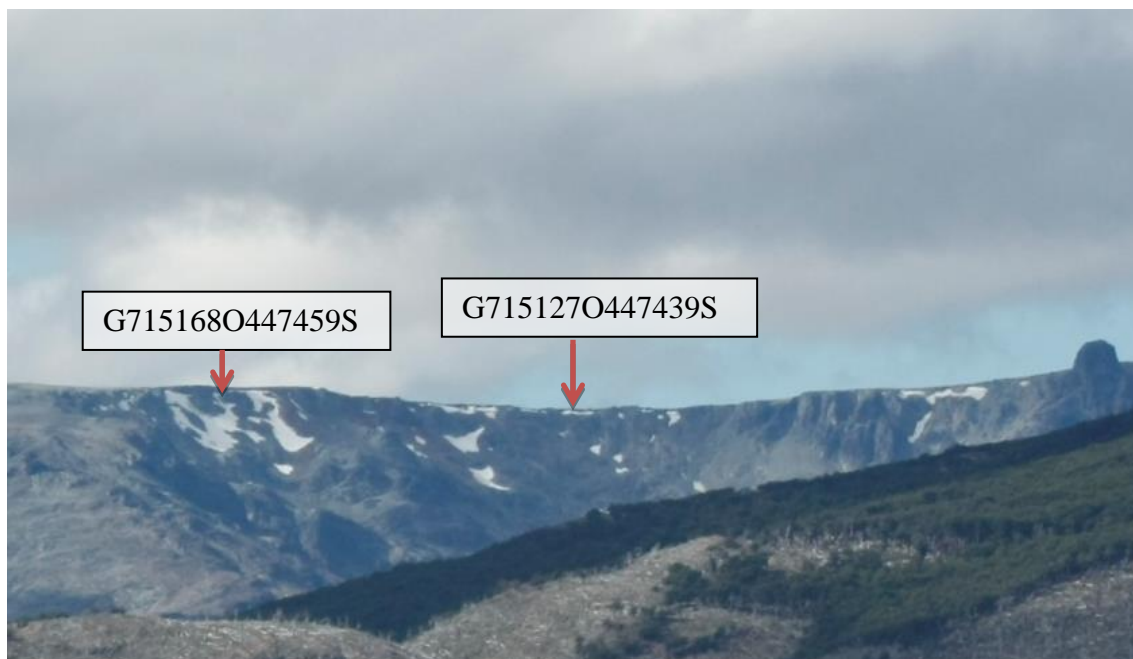
A continuación se detallan las geoformas observadas durante el trabajo de campo.

### Sector norte del lago Fontana



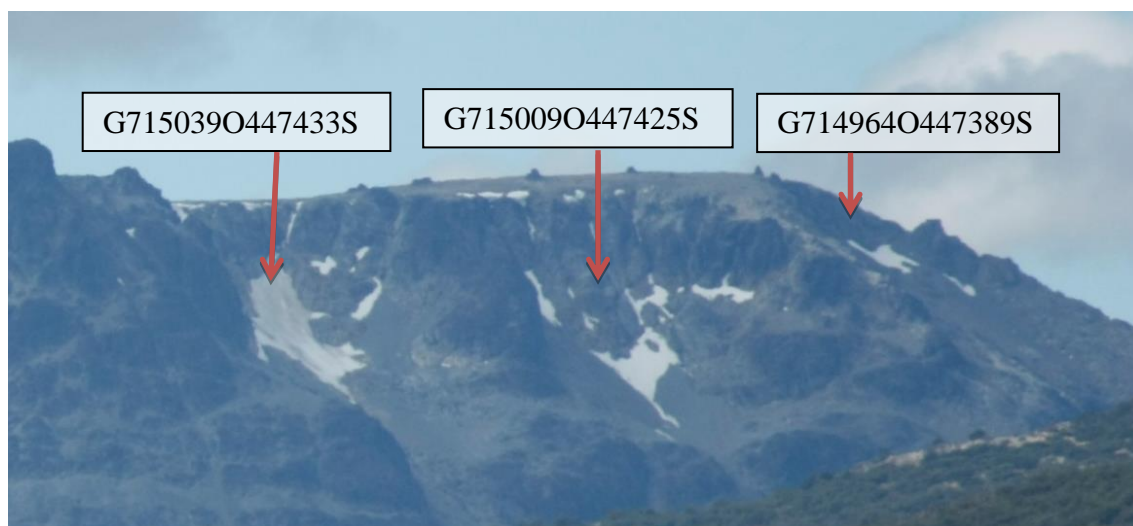
### **Geoformas G715168O447459S y G715127O447439S**

Se observan dos manchones de nieve que habían sido clasificados de la misma manera en gabinete. Ambos se encuentran fragmentados en varias partes y con una superficie menor a la que se pudo apreciar en la imagen de base.



### **Geoformas G715039O447433S, G715009O447425S, G714964O447389S**

Estas geoformas habían sido clasificadas como manchones de nieve en gabinete por lo que existe una coincidencia con lo apreciado en campo. Las tres presentan una superficie menor a la que se observa en la imagen de base además de encontrarse fragmentados en varias partes.



### **Geoforma G714276O447832S**

Estos manchones de nieve son fragmentos de uno que se podía observar en la imagen de base. Existe una coincidencia en la clasificación que se realizó en gabinete y lo que se observó en el campo.



### **Geoforma G713889O447958S**

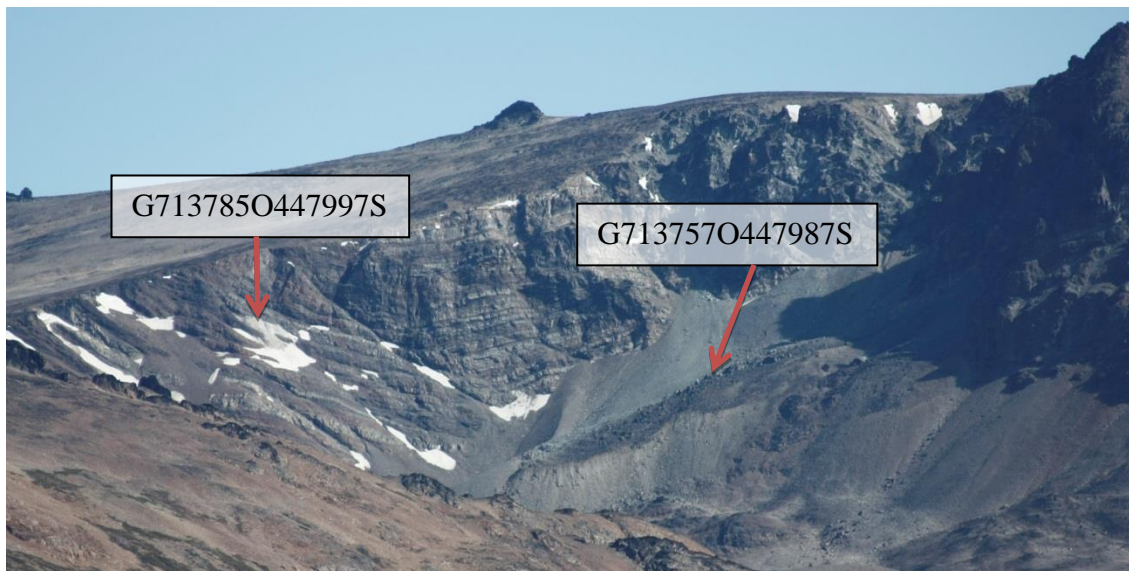
En este caso se corroboró la clasificación realizada en gabinete de esta geoforma como manchón de nieve.





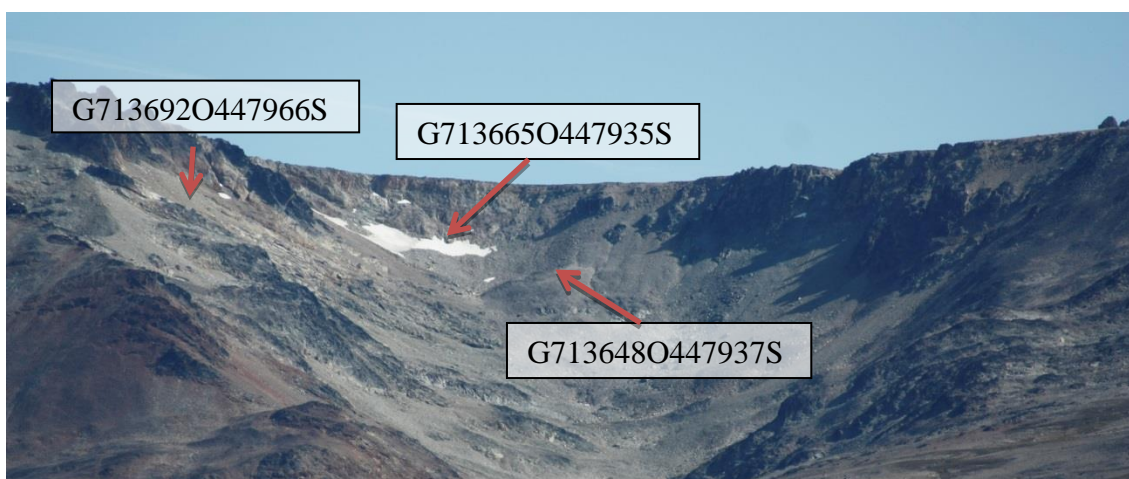
### **Geoformas G713785O447997S y G713757O447987S**

Estas geoformas fueron observadas en la ladera sur del Co. Mineral. A la izquierda de la foto se aprecian los restos de un manchón de nieve que había sido identificado en la imagen de base. A la derecha encontramos el único un glaciar de escombros activo de la cuenca.



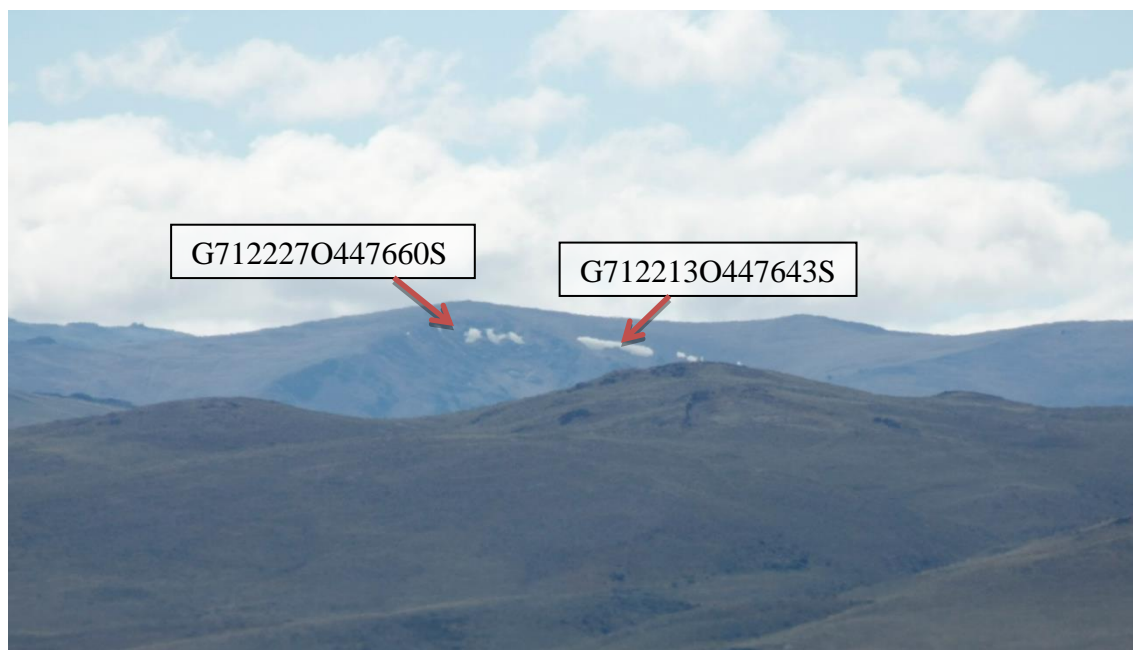
### **Geoformas G713692O447966S, G713665O447935S y G713648O447937S**

En la foto a continuación se observan tres geoformas localizadas en la ladera este del Co. Mineral. Hacia la derecha de la foto se aprecia el lugar que ocupaba un manchón de nieve en la imagen de base y que ya no estaba en el campo. En el centro se aprecia el remanente de un manchón de nieve. A la izquierda encontramos un glaciar de escombros de inactivo. Existe una coincidencia entre lo observado en el campo y lo identificado en el gabinete

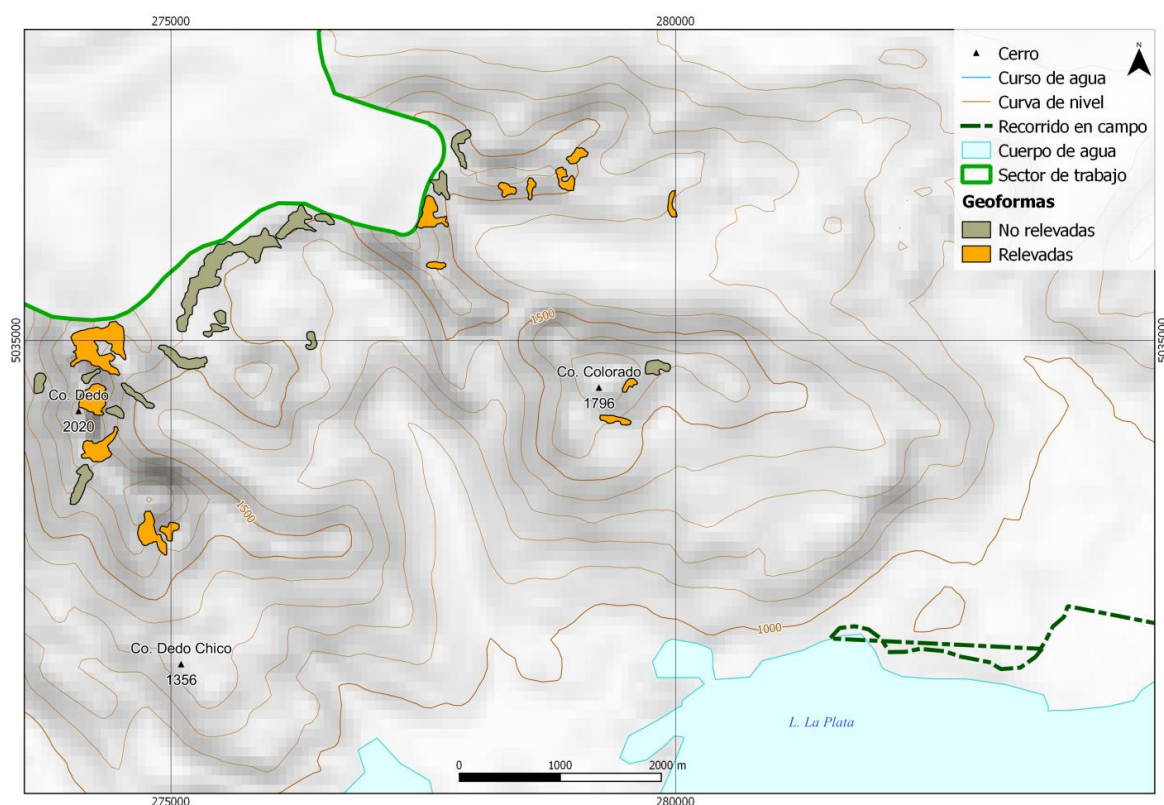


### **Geoformas G712227O447660S y G712213O447643S**

Estos manchones de nieve se ubican en las nacientes del arroyo León. Habían sido clasificados como manchones de nieve en gabinete por lo que se observa una coincidencia con lo observado en campo. El manchón ubicado a la izquierda de la foto se aprecia fragmentado en al menos dos partes.

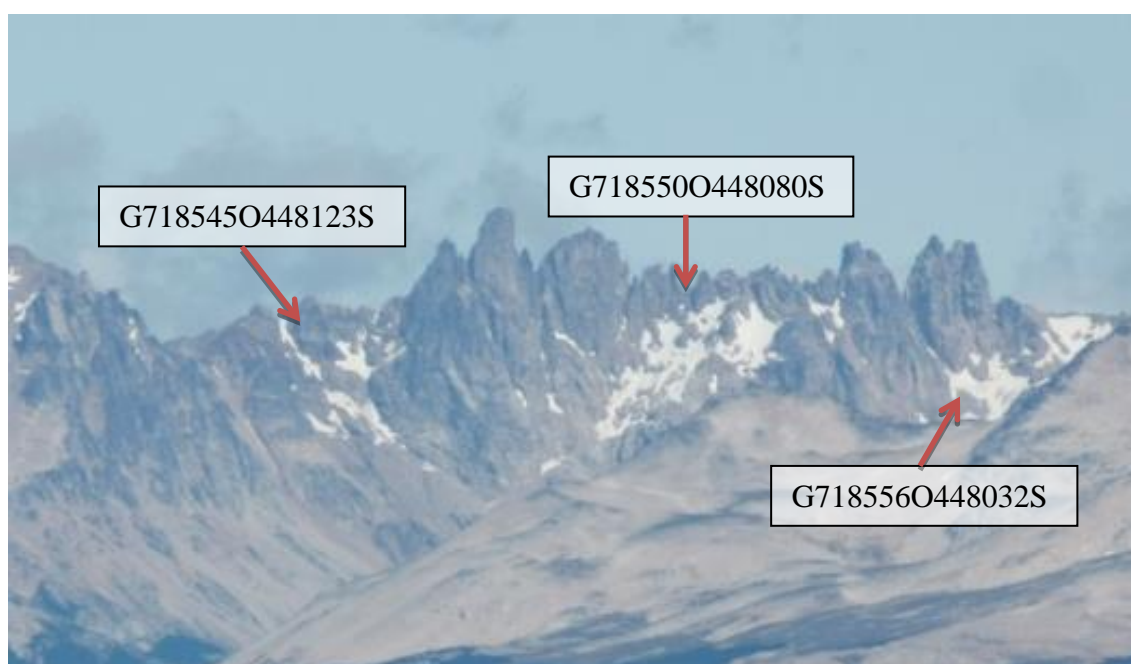


### Sector noreste del lago La Plata



### Geoformas G718545O448123S, G718550O448080S y G718556O448032S

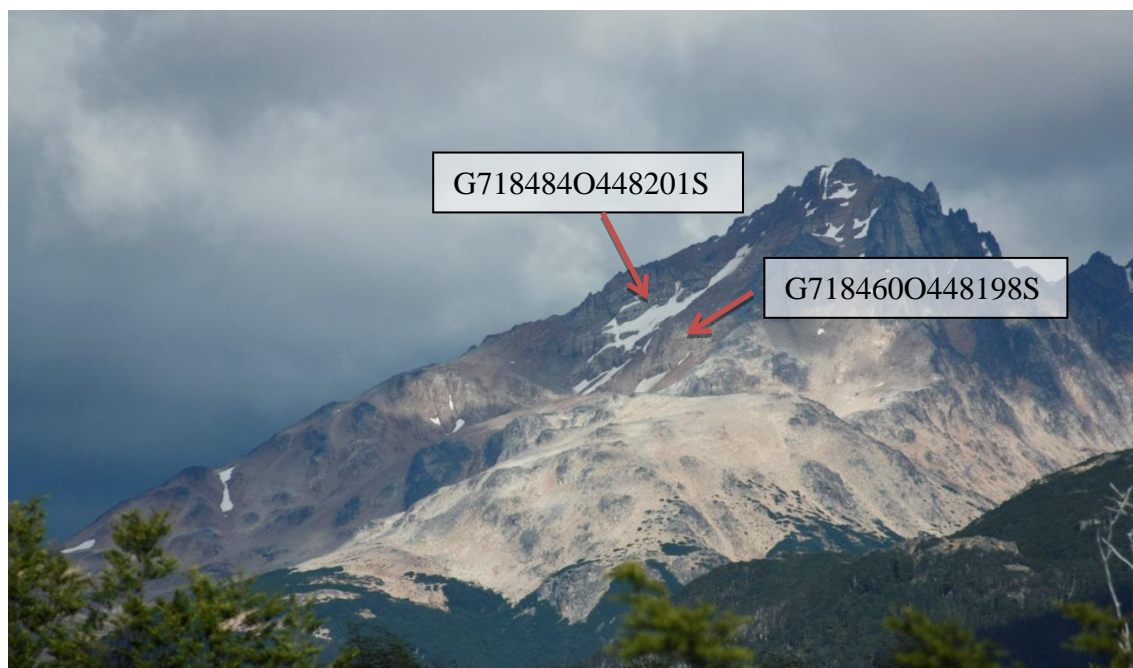
Estas geoformas ubicadas en la ladera este del Co. Dedo fueron observadas a la distancia. Sin embargo pudo apreciarse que habían sido correctamente clasificadas como manchones de nieve. Se encuentran fragmentadas en varias partes con respecto a lo observado en la imagen de base.





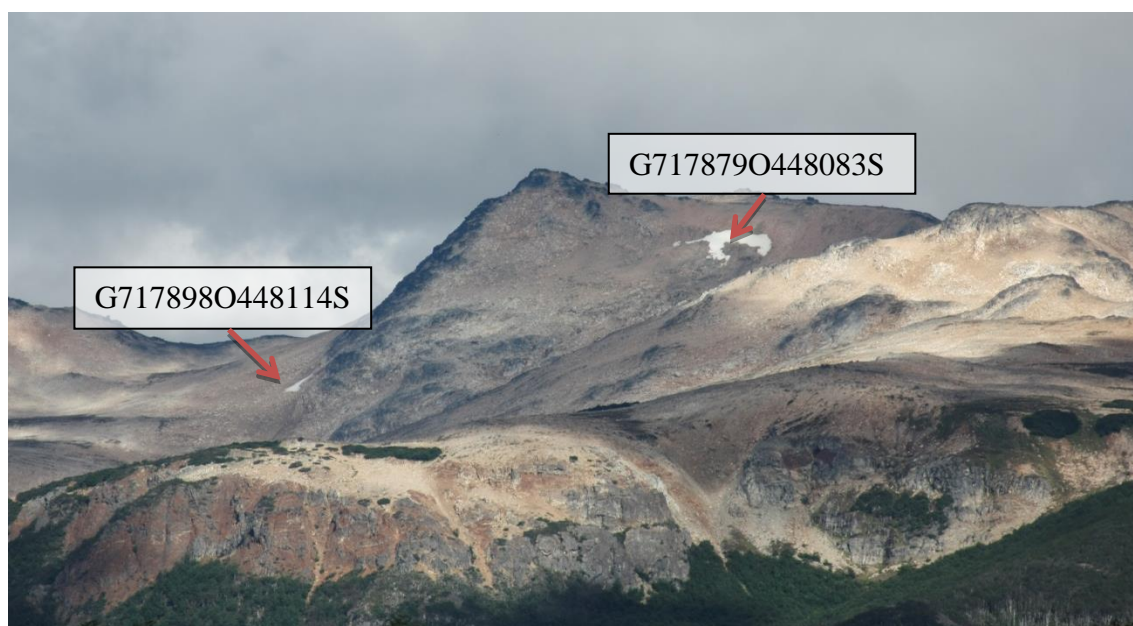
### **Geoformas G718484O448201S y G718460O448198S**

Estas dos geoformas habían sido clasificadas como manchones de nieve en gabinete y fue corroborado en el campo. Sin embargo presentan una superficie menor a la observada en la imagen de base.



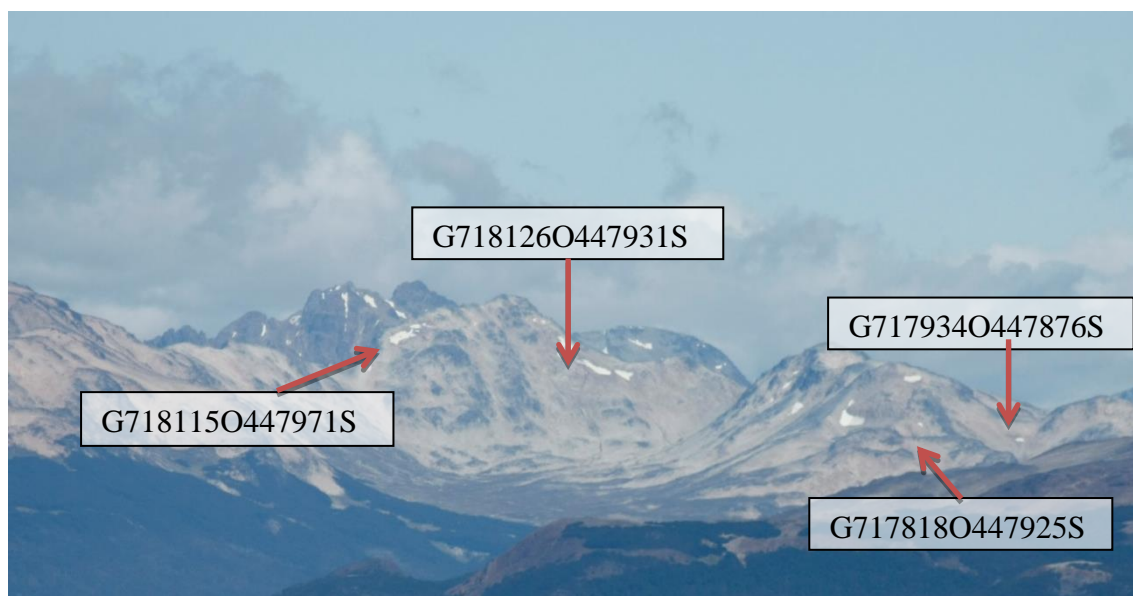
### **Geoformas G717898O448114S y G717879O448083S**

Pequeños manchones de nieve que presentan una superficie notablemente inferior a la observada en la imagen de base, especialmente el manchón ubicado a la izquierda de la foto. Se aprecia una coincidencia con la clasificación realizada en gabinete.



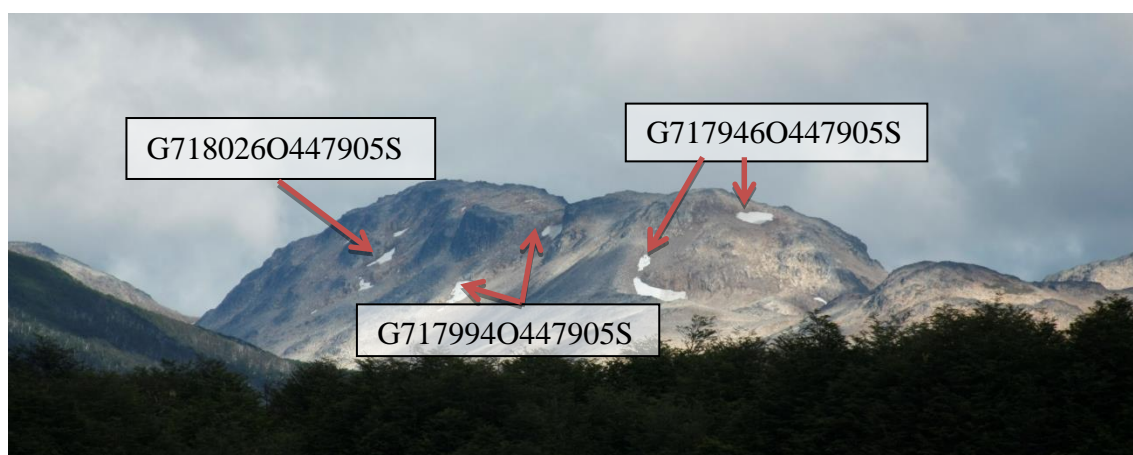
**Geoformas G718115O447971S, G718126O447931S, G717934O447876S y G717818O447925S**

Manchones de nieve observados a la distancia en las cercanías del Co. Colorado. En general presentan un tamaño inferior a lo observado en la imagen de base y fragmentados en varias partes. La geoforma identificada con el ID G717818O447925S no estaba ya en el sector en que había sido mapeada.



**Geoformas G718026O447905S, G717994O447905S y G717946O447905S**

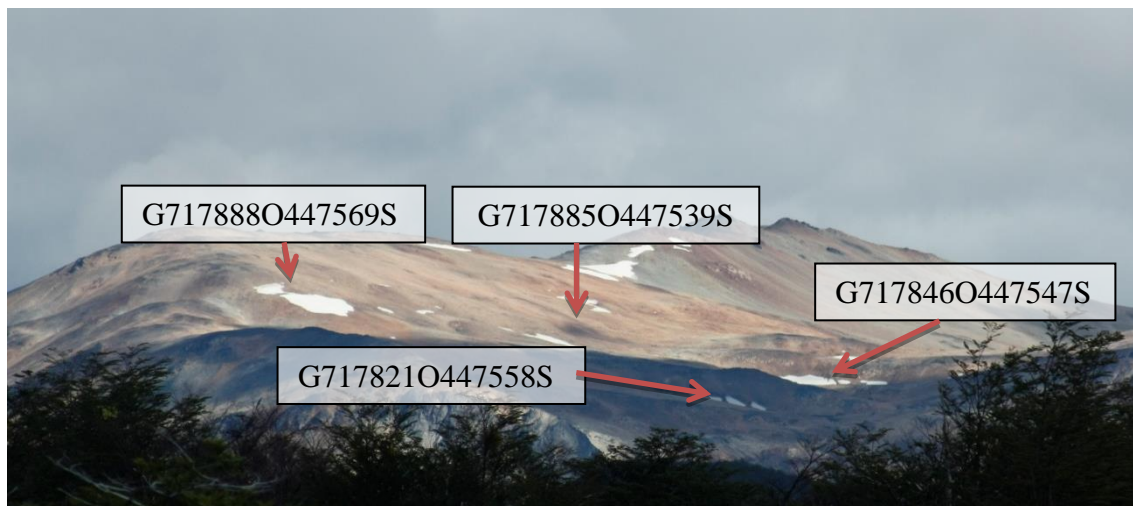
En la imagen de base los manchones de nieve que aparecen a continuación eran parte de tres geoformas. Al momento de la realización del trabajo de campo estos manchones aparecían fragmentados en varias partes.



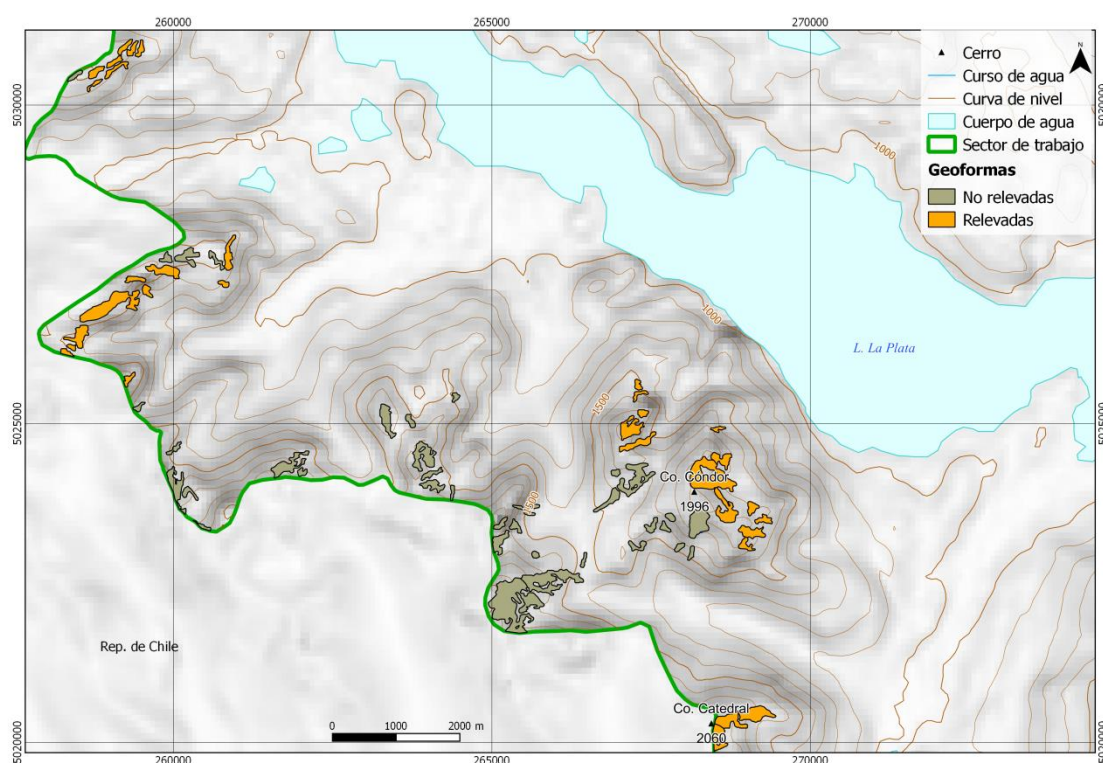


**Geoformas G717888O447569S, G717885O447539S, G717846O447547S y G717821O447558S**

Manchones de nieve ubicados en el límite con Chile. Se aprecian fragmentos de las geoformas mapeadas de acuerdo a la imagen de base y que habían sido clasificadas como manchones de nieve.

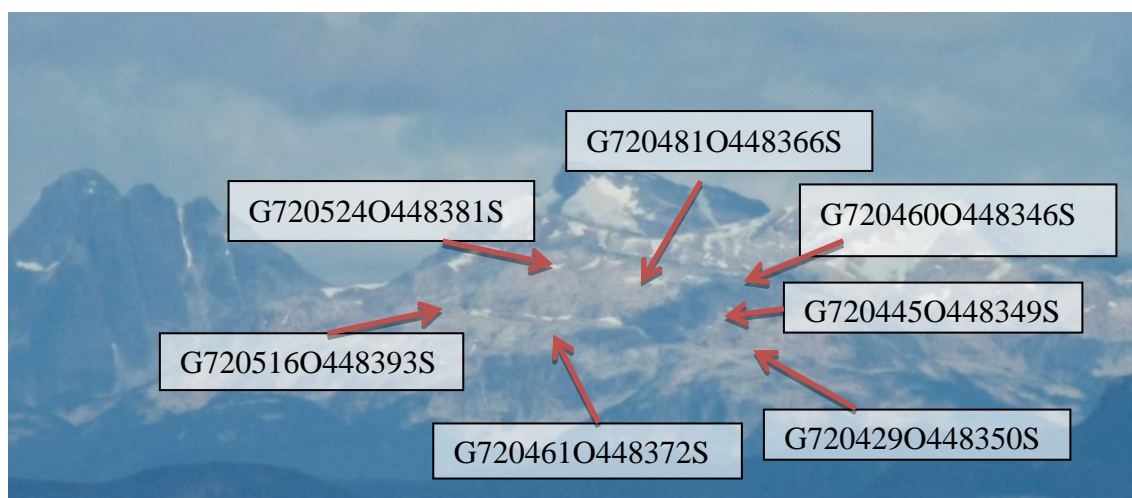


### Sector suroeste del lago La Plata



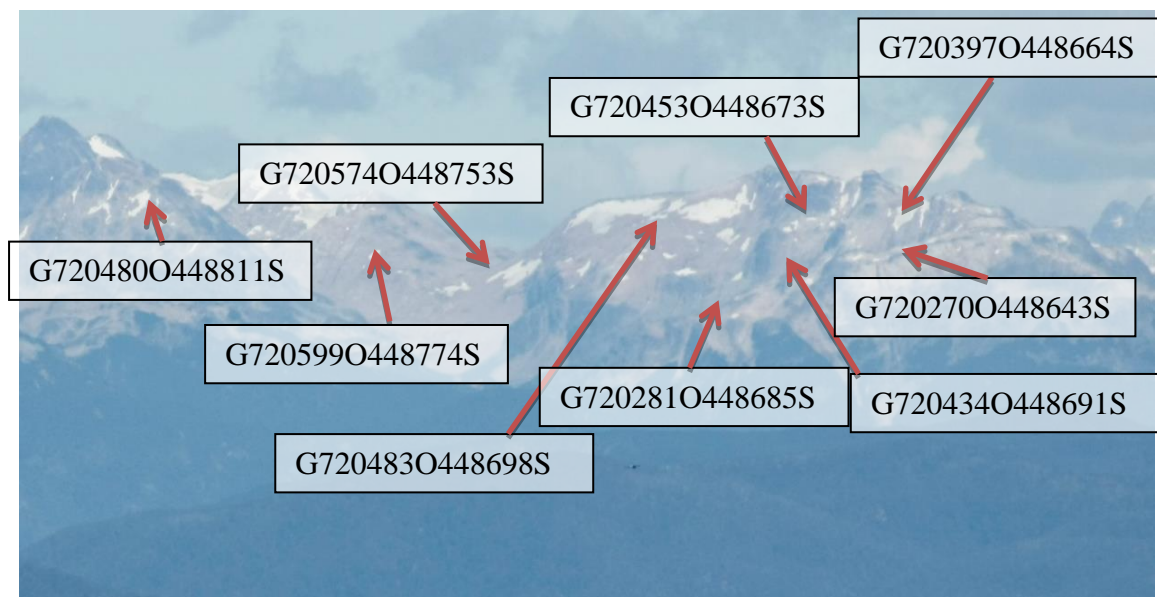
### Geoformas G720524O448381S, G720481O448366S, G720516O448393S, G720461O448372S, G720460O448346S, G720445O448349S y G720429O448350S

En la foto a continuación se aprecian los restos de manchones de nieve que habían sido identificados en la imagen de base. La mayoría han reducido notablemente su superficie y se han fragmentado en varias partes. El manchón identificado como G720429O448350S ya no se observa en el campo. Los glaciares y manchones que aparecen en el fondo de la foto están ubicados en Chile.



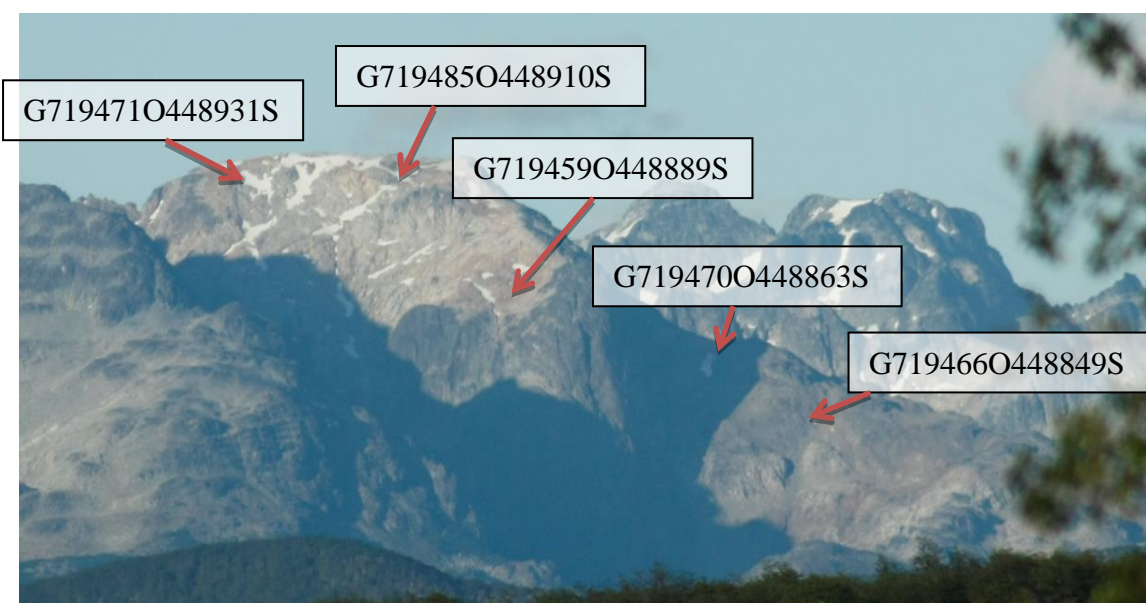
**Geoformas G720483O448698S, G720574O448753S, G720480O448811S, G720599O448774S, G720453O448673S, G720397O448664S, G720270O448643S, G720434O448691S y G720281O448685S**

Grupo de manchones de nieve observados a la distancia. Como el caso anterior se observan manchones que han reducido notablemente su tamaño y se han fragmentado en varias partes con respecto a la imagen de base utilizada para el mapeo de esta cuenca. Hay una coincidencia entre la clasificación realizada en gabinete y lo observado en el campo.



**Geoformas G719471O448931S, G719485O448910S, G719459O448889S, G719470O448863S y G719466O448849S**

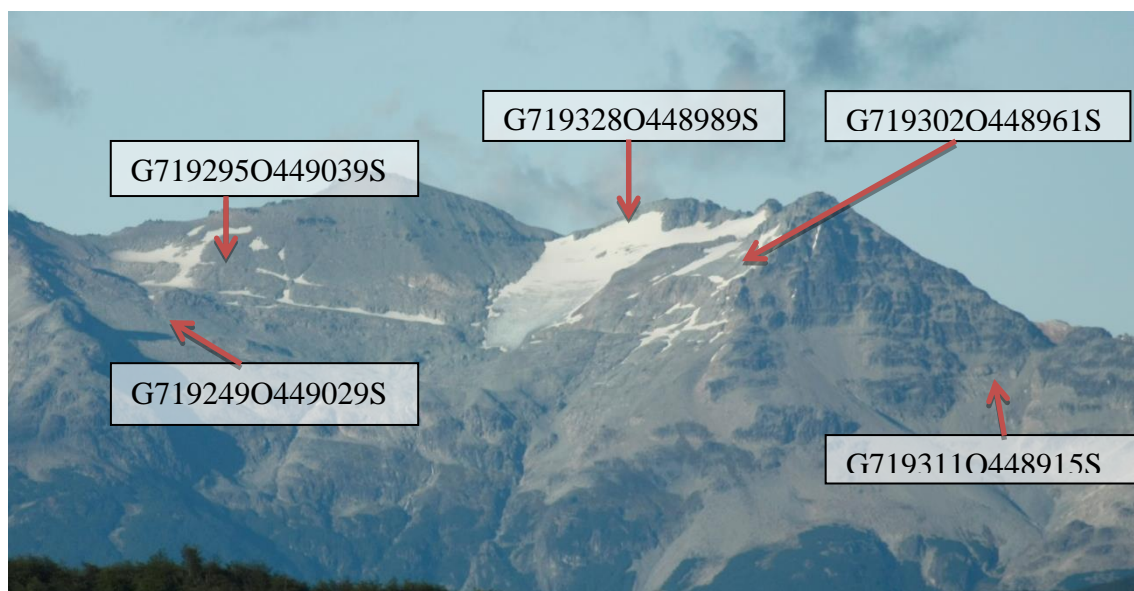
En la foto a continuación se observan fragmentos de manchones de nieve que habían sido identificados en la imagen de base. El manchón identificado como G719466O448849S ya no se observa en el campo.





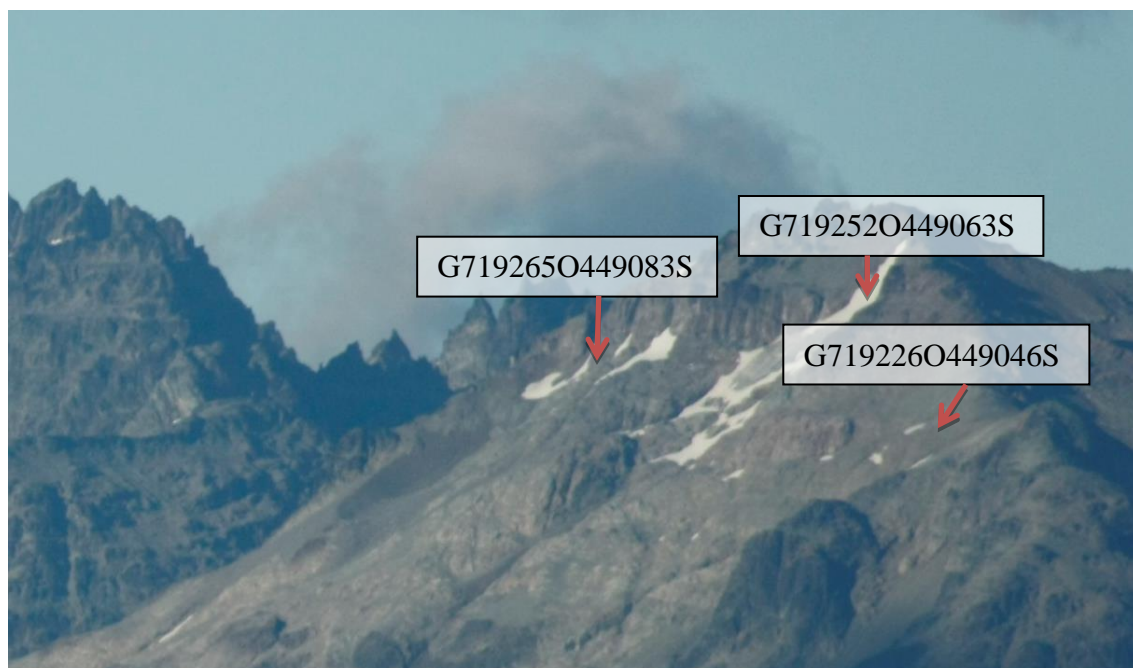
**Geoformas G719328O448989S, G719302O448961S, G719295O449039S, G719249O449029S y G719311O448915S**

En el centro de la foto se aprecia un glaciar descubierto identificado como G719328O448989S que había sido clasificado correctamente en el trabajo de gabinete. En el resto de la foto se observan los restos de dos manchones de nieve y el lugar que ocupaban dos manchones que ya no se observan en el campo.



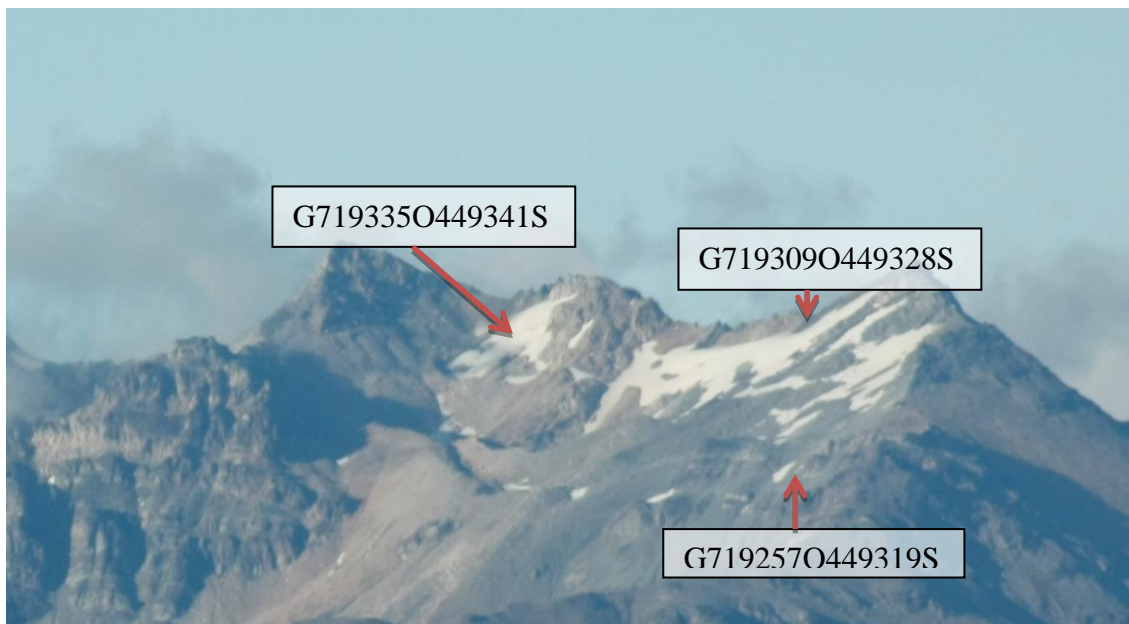
**Geoformas G719265O449083S, G719252O449063S y G719226O449046S**

En la foto a continuación se observan tres manchones de nieve que habían sido identificados en la imagen de base. Estos se encuentran fragmentados y de uno de ellos apenas aparecen pequeños restos. Hubo una coincidencia ente lo observado en el campo y la clasificación realizada en gabinete.

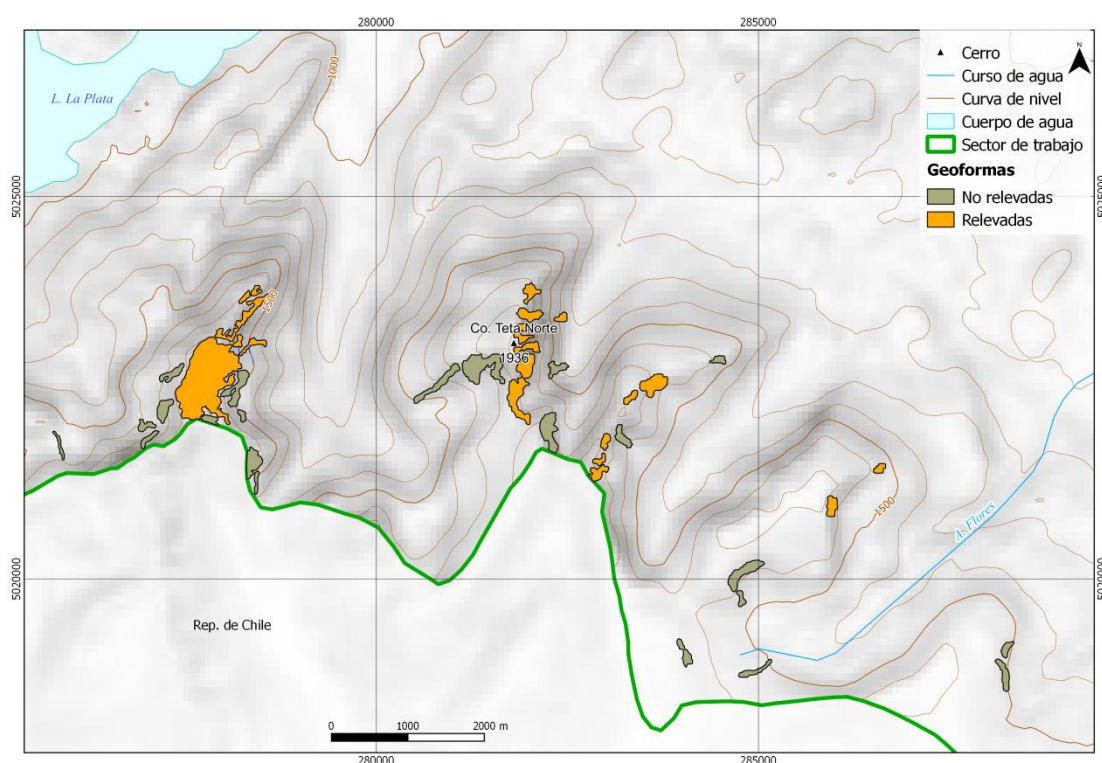


### **Geoformas G719335O449341S, G719309O449328S y G719257O449319S**

Manchones de nieve observados a la distancia. Los dos manchones ubicados en la parte superior han reducido su tamaño y el que está ubicado a la derecha se aprecia fragmentado en al menos dos partes. El manchón ubicado en la parte inferior prácticamente no estaba en el campo al momento de obtener la foto.

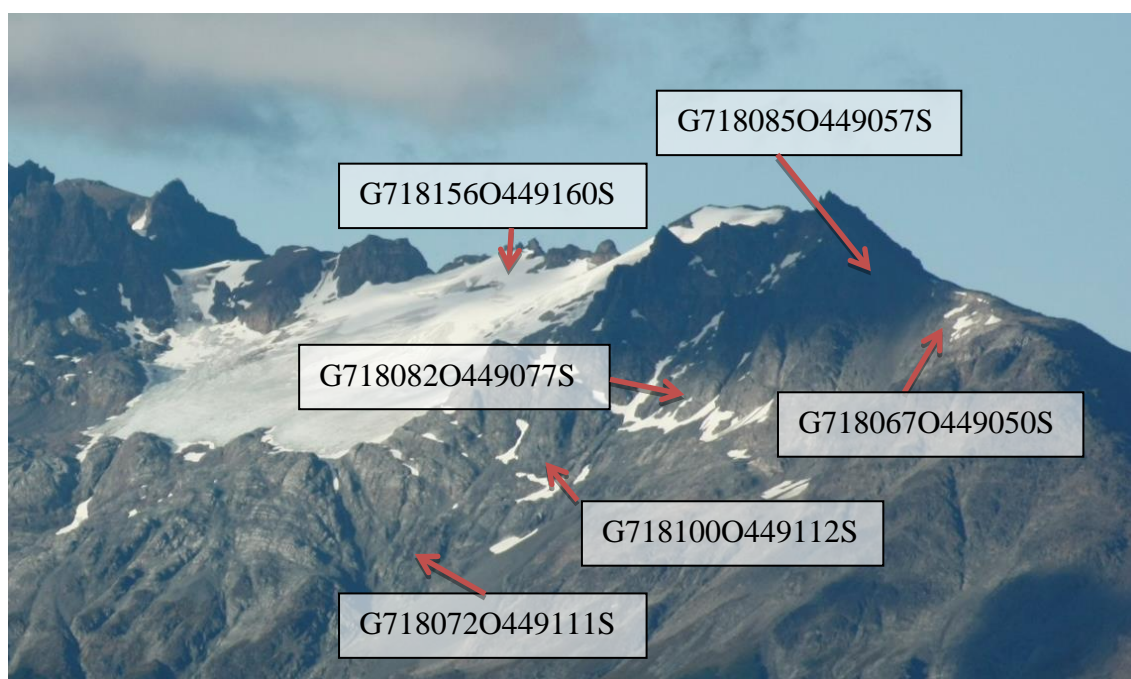


## Sureste lago La Plata



### Geoformas G718156O449160S, G718082O449077S, G718072O449111S, G718100O449112S, G718085O449057S y G718067O449050S

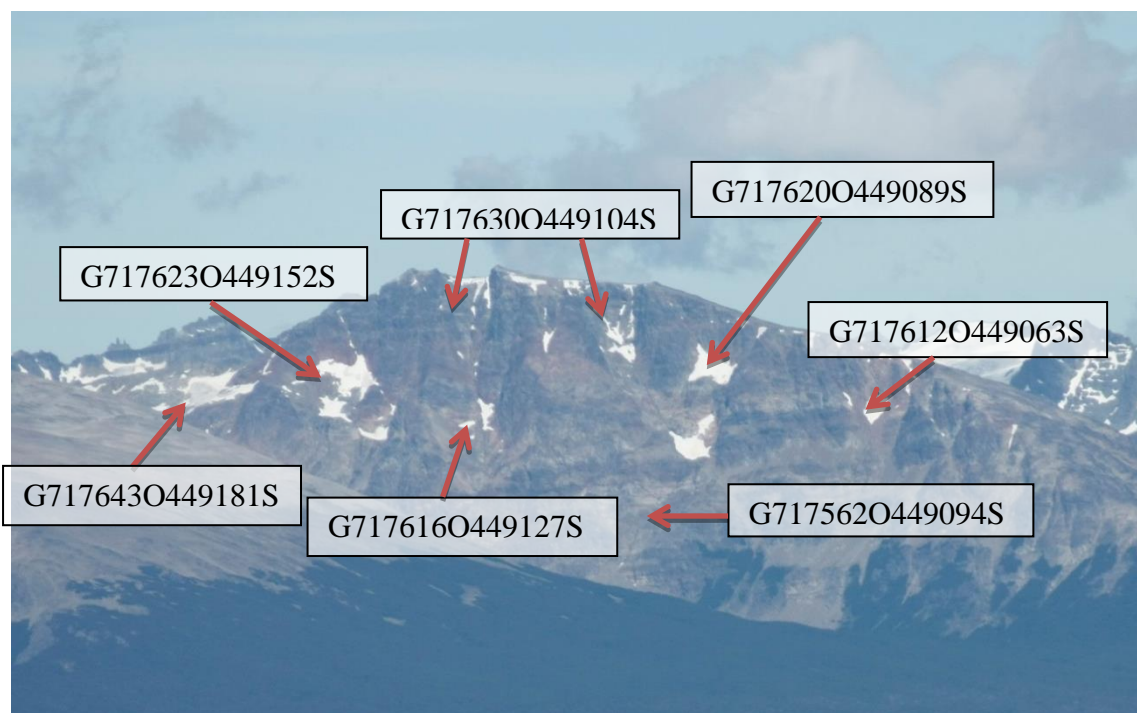
En el centro de la foto se aprecia un glaciar descubierto que había sido correctamente clasificado en gabinete y que es conocido como glaciar Blanco por la gente del lugar. El resto de las geoformas corresponden a los remanentes de dos manchones de nieve y las otras dos no se encontraban el campo al momento de realizar la campaña.





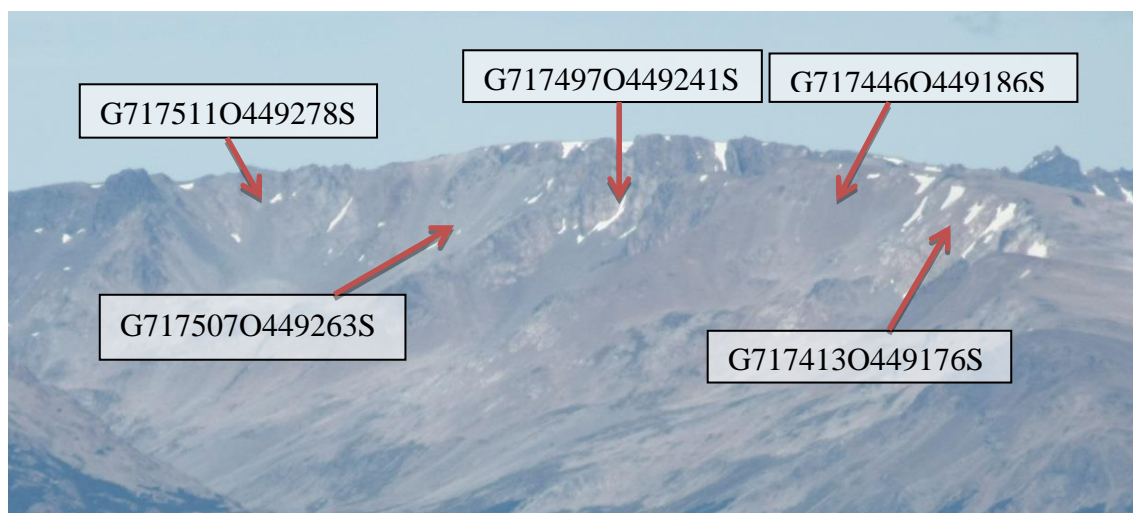
**Geoforma G717643O449181S, G717623O449152S, G717616O449127S, G717630O449104S, G717620O449089S, G717612O449063S y G717562O449094S**

Manchones de nieve que habían sido identificados en la imagen de base original próximos al Co. Teta Norte. Una de estas geoformas la identificada con el ID G717643O449181S había sido clasificada en gabinete como glaciar descubierto pero en el campo no se apreciaron rasgos característicos de un glaciar por lo que fue reclasificada como manchón de nieve. El resto de los manchones se encuentran fragmentados con respecto a lo que se observó en la imagen de base y uno de ellos ya no se encuentra en el campo.



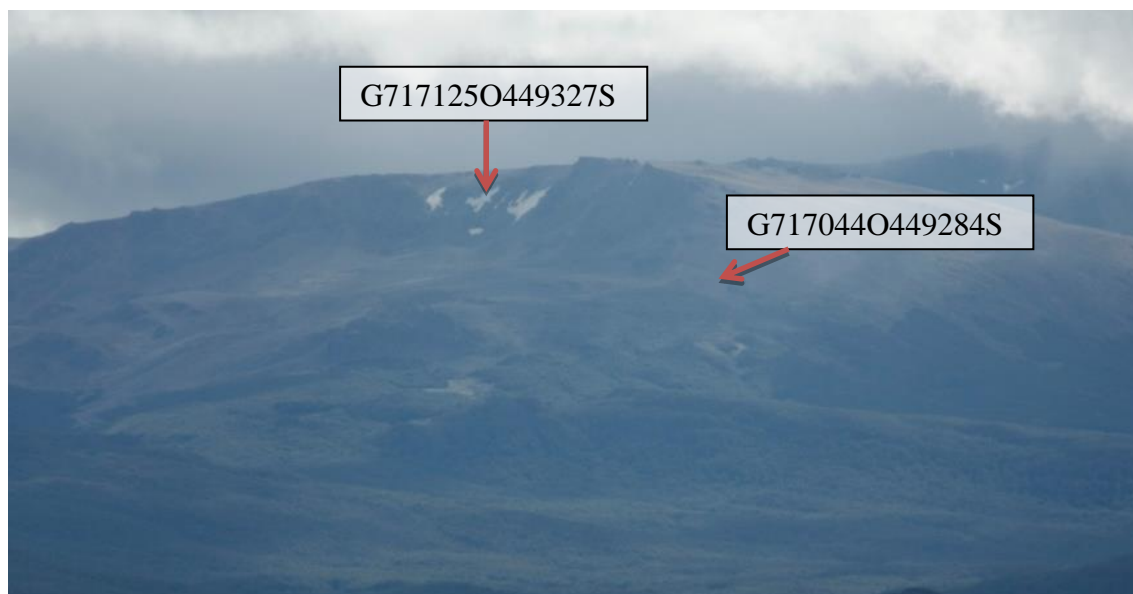
**Geoformas G717511O449278S, G717507O449263S, G717497O449241S, G717446O449186S y G717413O449176S**

Grupo de cinco manchones de nieve que habían sido identificados en la imagen de base. En la actualidad sólo se aprecian pequeños fragmentos de los manchones originales.



### **Geoforma G717125O449327S y G717044O449284S**

Manchón de nieve que se observa fragmentado en varias partes con respecto a la imagen de base original. A la derecha se aprecia el sector que ocupaba otro manchón de nieve.





### 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**
3. **Cuenca**
4. **Subcuenca**
5. **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.

6. **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.
7. **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 km<sup>2</sup> (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 km<sup>2</sup> (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 km<sup>2</sup> (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.

**8. 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.

**9. Nombre común:** si lo hubiere.

**10. 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](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 km<sup>2</sup>.
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.

## **11. Forma:**

0. Incierto
1. Cuencas compuestas
2. Cuenca compuesta
3. Cuenca simple
4. Circo
5. Nicho
6. Cráter

7. Colgante
8. Grupo
9. Remanente

#### **12. 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. Multiraíz: 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  $\text{km}^2$ .
- 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 km<sup>2</sup> 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 Senguer, cuenca de los ríos Senguer y Chico, provincias del Chubut y Santa Cruz.





República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional  
2018 - Año del Centenario de la Reforma Universitaria

**Hoja Adicional de Firmas**  
**Informe gráfico**

**Número:**

**Referencia:** ING - Río Senguerr

---

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 54 pagina/s.