



Informe de la cuenca del río Vizcachas



INVENTARIO NACIONAL DE GLACIARES

IANIGLA
CONICET

U.N. CUYO
GOBIERNO
DE MENDOZA



Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sustentable
Presidencia de la Nación

Provincia de Santa Cruz



Glaciares descubiertos sobre el cerro Pináculo (Foto: M. Castro)

**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: Lic. Laura Zalazar

Profesional: Ing. Melisa Giménez

Colaboradores: Téc. Mariano Castro 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 16 2217/5, de fecha 28 de diciembre de 2016

ÍNDICE

1.	Introducción	1
2.	Antecedentes	5
3.	Definiciones a los fines del Inventario	7
4.	Materiales y métodos	9
4.1.	Delimitación de cuencas hidrográficas a partir de modelos de elevación.....	10
4.2.	Selección de imágenes satelitales y georreferenciación.....	11
4.3.	Delimitación del hielo descubierto.....	12
4.4.	Digitalización de hielo cubierto y glaciares de escombros	12
4.5.	Base de datos de las geoformas inventariadas	12
4.6.	Control de campo	16
5.	Resultados	17
5.1.	Cuerpos de hielo de la cuenca del río Vizcachas.	17
6.	Bibliografía.....	23
7.	Anexos.....	26
7.1.	Imágenes utilizadas en el Inventario de la cuenca del río Vizcachas.....	26
7.2.	Descripción de la base de datos.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Sector sur del HPS incluyendo todos los glaciares del sector argentino. Imagen Landsat 5 TM 05/03/2001 (Skvarca y De Angelis 2003).	6
La cuenca del río Vizcachas se encuentra entre los paralelos 50° y 51°S, al este del campo de hielo sur; hasta el momento no existe ningún estudio glaciológico sobre esta zona.	6
Figura 2: Cuenca del río Vizcachas, provincia de Santa Cruz.	10
Figura 3: Ejemplo de la importancia que tienen las imágenes de alta resolución espacial para delimitar glaciares cubiertos y glaciares de escombros. A la izquierda puede observarse, en una imagen ALOS de 10 m de resolución espacial, dos glaciares de escombros. A la derecha las mismas crioformas, con mucha mayor definición, en una imagen SPOT de 5 m de resolución espacial.	12
Figura 4: Ejemplo de una unidad compuesta vista en un mosaico de imágenes ASTER (arriba), y con todas las subunidades que la componen digitalizadas (abajo). El punto rojo en el centro de la unidad se utilizó para obtener las coordenadas geográficas de la misma. Todas las subunidades tienen el mismo código de identificación (ID).	14
Figura 5: Diagrama de flujo de la metodología usada.	15
Figura 6: Mapa del inventario de la glaciares en la cuenca del río Vizcachas.	18
Figura 7: Tipos de cuerpos de hielo inventariados en la cuenca del río Vizcachas.	19
Figura 8: Orientación predominante de los cuerpos de hielo inventariados en la cuenca del río Vizcachas.	19
Figura 9: Distribución del número y superficie cubierta de los cuerpos de hielo inventariados en la cuenca del río Vizcachas, clasificada en categorías de acuerdo al tamaño de cada unidad.	20
Figura 10: Hipsometría de los glaciares en la cuenca del río Vizcachas.	21

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Imagen satelital utilizada como base para realizar el inventario de cuerpos de hielo de la cuenca del río Vizcachas (ver anexo 7.1. para mayor información).	11
Tabla 2: Superficie total inventariada en la cuenca del río Vizcachas.	17
Tabla 3: Alturas mínimas y máximas de los distintos tipos de crioformas en la cuenca del río Vizcachas.	20

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

GE: Glaciar de escombros

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 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 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 (glaciares Torre, Piedras Blancas y de los Tres, entre otros) constituyen otros ejemplos de importantes atractivos turísticos dentro del mismo Parque Nacional, realzando las imponentes vistas del cerro Torre y Monte Fitz Roy o Chaltén. 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 del calentamiento que ha experimentado la superficie terrestre 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. 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 3° — 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 4° — 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 5° — 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.

El presente informe del Inventario Nacional de Glaciares corresponde a los estudios de nivel 1 en la cuenca del río Vizcachas. 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.

La cuenca del río Vizcachas se encuentra en la zona sudoeste de la provincia de Santa Cruz, en la región de los Andes del Sur de la Patagonia Argentina, posee un área aproximada de

1.806,46 km² (SSRH)¹ y se ubica dentro del departamento Güer Aike y Lago Argentino. Su cobertura geográfica se extiende desde los 50°36'57" S en el extremo norte hasta los 51°24'14" S en el sur, y desde los 72°24'22" O en su extremo oeste hasta los 71°49'55" O en su extremo este, con un desarrollo predominantemente norte – sur, y de vertiente pacífica.

El trabajo de identificación de glaciares y glaciares de escombros en la cuenca del río Vizcachas fue elaborado en noviembre de 2015 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.

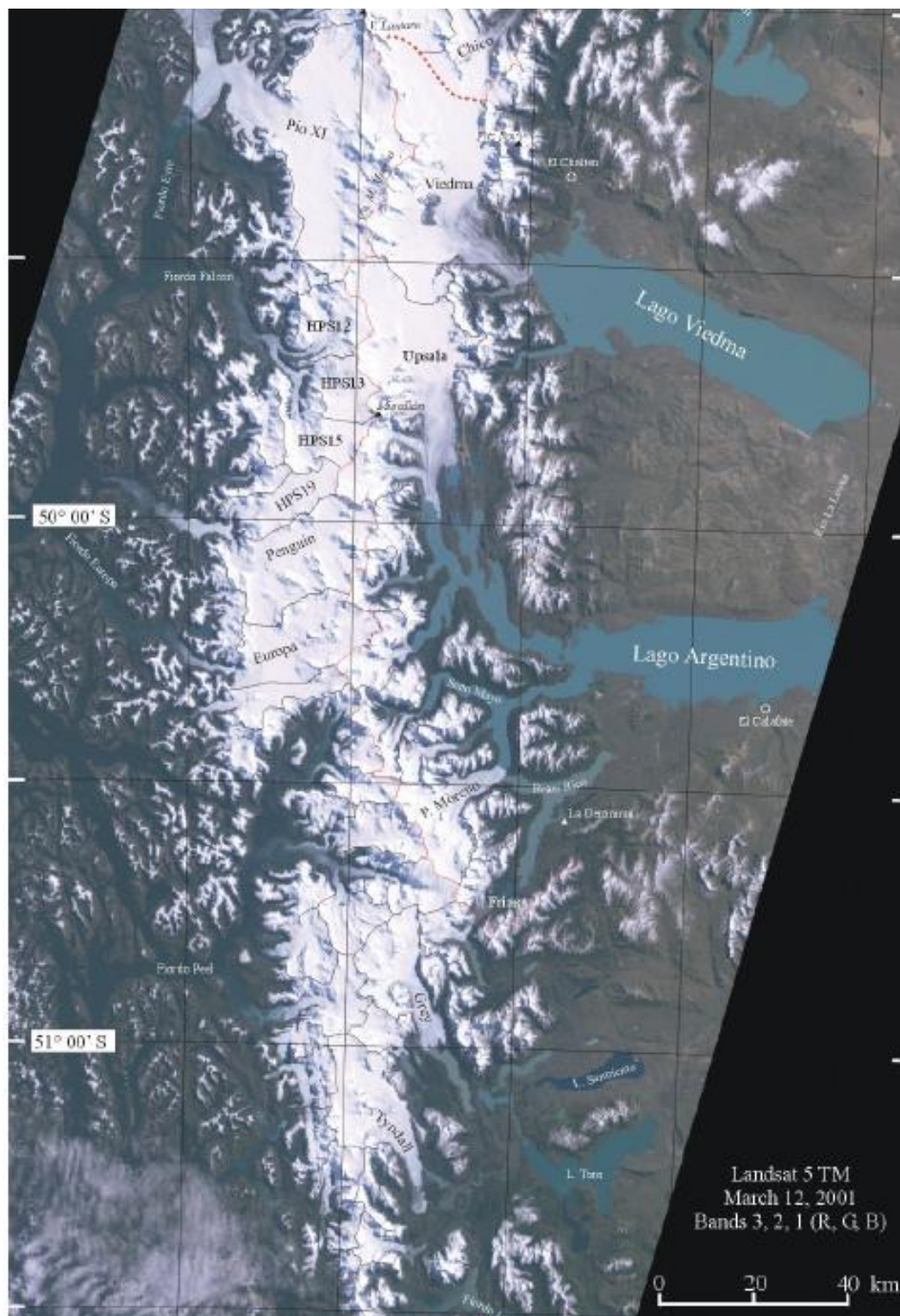
¹ http://www.hidricosargentina.gov.ar/documentos/referencias_i8/79.pdf

2. Antecedentes

A pesar de la importancia que revisten los glaciares y crioformas a lo largo de la Cordillera en Argentina, es difícil entender que todavía no exista información precisa, completa y detallada sobre el número, ubicación y tamaño de dichos cuerpos de hielo. Los escasos inventarios existentes, que representaron los primeros intentos para cuantificar la abundancia de cuerpos de hielo en el país, son mayormente de carácter regional, parciales y, aun cuando constituyen un valioso material de base, muchos de ellos están desactualizados. Aún hoy en la Cordillera de los Andes hay cuencas de gran importancia hidrológica sin ninguna información glaciológica.

El primer inventario de glaciares de Argentina fue realizado por Mario Bertone, del Instituto Nacional del Hielo Continental Patagónico (Bertone 1960). Este inventario incluyó un relevamiento de los cuerpos de hielo en la vertiente argentina de los Andes entre los paralelos 47°30' y 51°S en la provincia de Santa Cruz. Lamentablemente, dada la pequeña escala utilizada (1:500.000), la carta glaciológica elaborada por Bertone sólo incluye los glaciares de mayores dimensiones, en tanto que los restantes glaciares solamente fueron mencionados en fichas anexas que acompañan dicha carta. El tamaño de los cuerpos de hielo fue estimado a partir de un relevamiento aerofotográfico realizado en el año 1947, en tanto que la superficie cubierta por glaciares menores fue establecida por apreciación directa de los operadores durante los trabajos de campo relacionados con el inventario (Bertone 1960). Este inventario proveyó información relacionada con la posición geográfica (latitud y longitud), tipo morfológico, alturas aproximadas del frente, límite altitudinal de los glaciares y superficie estimada de 356 cuerpos de hielo.

Más recientemente, y gracias a la existencia de imágenes satelitales, Aniya y colaboradores (1996) realizaron un inventario de los mayores glaciares en el Campo de Hielo Patagónico Sur. Basados en un mosaico de imágenes Landsat TM de Enero de 1986, los autores determinaron las áreas totales, de acumulación y de ablación para 48 glaciares localizados en ambas vertientes del Campo de Hielo. El área total de hielo ascendía en 1986 a 11.259 km² y se establecía al glaciar chileno Pío XI con 1.265 km² de extensión como el más grande en América del Sur. Skvarca y De Angelis (2002) actualizaron este trabajo, documentando las fluctuaciones de 39 glaciares durante el periodo 1986-2001.



La cuenca del río Vizcachas se encuentra entre los paralelos 50° y 51°S, al este del campo de hielo sur; hasta el momento no existe ningún estudio glaciológico sobre esta zona.

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 las diferentes geoformas identificadas en las imágenes satelitales y los procesos que las originan. Estos criterios han sido empleados en el inventario de cuerpos de hielo de la cuenca del río Vizcachas.

En el territorio de la República Argentina resulta posible 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 World Glacier Monitoring Service (WGMS) y 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, es decir 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 o 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** (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.

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.

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 Nacional de Glaciares sigue las normativas internacionales establecidas por el World Glacier Monitoring Service (WGMS, 1967 y posteriores; UNESCO-IAHS, 1970; Müller, 1977), el 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 informe se focaliza en el inventario de los cuerpos de hielo de la cuenca del río Vizcachas (ver Figura 2). Al noroeste de la cuenca se encuentra la Sierra de los Baguales y el cerro Pináculo (2.140 msnm) que dividen las aguas de la cuenca del río Santa Cruz. Al este limita con la cuenca del río Coig o Coyle por medio de la meseta de las Vizcachas y el cerro Mangrullo (1.824 msnm) y al sur limita con la cuenca del río Gallegos y Cordillera Chica.

El río Vizcachas nace a partir de los arroyos que bajan de la Sierra de los Baguales y fluye con dirección sureste, recibe a la altura de la Meseta Vizcachas en su margen izquierda al arroyo de Bueno. Luego desvía su curso hacia el sur y adopta por su margen derecha los ríos que bajan del cerro Tridente (1.940 msnm). Aguas abajo el río desvía su curso nuevamente hacia el sureste y desagua unos canales hacia la cuenca del río Coyle. Posteriormente el río desvía el curso hacia el oeste hasta alcanzar la frontera con Chile y corre junto al límite internacional entre los hitos N° 70 y N° 71; finalmente aporta sus aguas al río Serrano que desagua al océano Pacífico.

En relación al caudal del río Vizcachas, una estación hidrométrica reinstalada en el año 1996 por la Dirección Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos, ha registrado un caudal medio de 3 m³/s (SSRH).

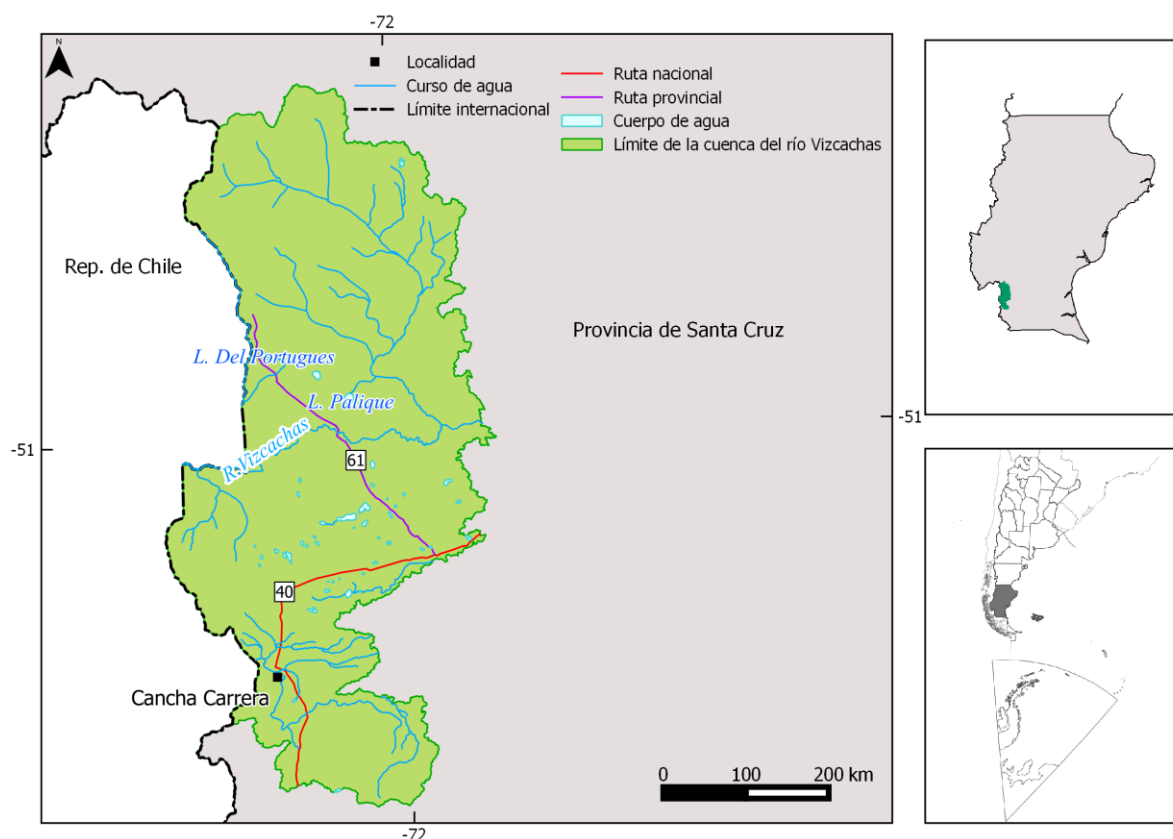


Figura 2: Cuenca del río Vizcachas, provincia de Santa Cruz.

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

La delimitación de cuencas hidrográficas se basó en información proveniente de modelos digitales de elevación (MDE). Los MDE generalmente recomendados para trabajos de mapeo e inventario de glaciares son el SRTM (90 m de resolución espacial) originado en imágenes de radar, y el GDEM (30 m de resolución espacial) desarrollado en base a imágenes estereoscópicas ASTER. Entre éstos, se decidió trabajar con el GDEM v2 por presentar una mejor resolución espacial, lo que permitió delinear con mayor nivel de detalle las cuencas hidrográficas en la zona de estudio.

El programa QGIS (software libre)² fue utilizado para delimitar automáticamente las cuencas y subcuencas utilizando como base el mosaico de GDEM v2. Para ello se emplearon las herramientas de “eliminación de sumideros”, “análisis de cuencas”, “delimitación de las áreas de acumulación”, “dirección de drenaje”, “segmentos de corrientes” y finalmente la “delimitación de cuencas”. Luego de transformar el resultado de esta delimitación a formato vectorial, se utilizó el programa KOSMO (software libre)³ para la edición y corrección

² <http://www.qgis.org>

³ <http://www.opengis.es/>

manual de algunos sectores de las cuencas con pequeñas discrepancias entre el límite identificado automáticamente y las evidencias observadas en las imágenes disponibles.

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

Para realizar el Inventario en la cuenca del río Vizcachas se utilizó como base una imagen ALOS-AVNIR, aunque se revisaron y utilizaron como apoyo otras imágenes incluyendo LANDSAT, SPOT y el programa Google Earth. Las imágenes Landsat se utilizaron como base de georreferenciación. La imagen de mayor resolución espacial SPOT, fue importante para la detección de hielo cubierto y glaciares de escombros (ver anexo 7.1. donde se adjunta información de todas las imágenes empleadas para la realización de este inventario).

Tabla 1: Imagen satelital utilizada como base para realizar el inventario de cuerpos de hielo de la cuenca del río Vizcachas (ver anexo 7.1. para mayor información).

Satélite/sensor	ID imagen	Fecha
ALOS/AVNIR	ALAV2A164764630	26 febrero 2009

Las imágenes LANDSAT fueron obtenidas gratuitamente del USGS/Earth Resources Observation and Science (EROS) y las imágenes ALOS fueron proporcionadas por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) de Argentina.

Para la selección de imágenes se siguieron las sugerencias establecidas por GLIMS que tienen en cuenta la disponibilidad de imágenes, la ausencia de nubes y la cobertura de nieve en las mismas. Para minimizar los posibles errores que introduce la cobertura de nieve, que dificulta la delimitación de los cuerpos de hielo, se eligieron casi exclusivamente imágenes correspondientes al final del año de balance de masa (Cogley et al 2011). En el caso de glaciares extratropicales, el final del año de balance de masa coincide con el fin del verano, es decir principios de otoño (Marzo/Abril), mientras que para los glaciares tropicales se aproxima con el final de la temporada seca (fines de agosto y principios de septiembre).

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, la imagen ALOS utilizada como base para la delimitación de los cuerpos de hielo tiene una muy buena ortorrectificación (Fujisada et al. 2005), por lo se empleó sin tener que realizar ningún tipo de corrección.

4.3. Delimitación del hielo descubierto

El paso posterior a la determinación de las cuencas hidrográficas es la delimitación automática del hielo descubierto. Debido a que en la cuenca del río Vizcachas los glaciares se encuentran principalmente en forma de glaciares de escombros, no se realizó una clasificación supervisada optándose por la digitalización manual de los glaciares y manchones de nieve utilizando el programa KOSMO sobre la imagen de base ALOS (Tabla 1).

4.4. Digitalización de hielo cubierto y glaciares de escombros

Para el mapeo de sectores de glaciares cubiertos por detritos y glaciares de escombros la digitalización manual sigue siendo la metodología más utilizada a nivel internacional (Stokes et al. 2007; Racoviteanu et al. 2009). En la cuenca del río Vizcachas, los cuerpos con cobertura detrítica también fueron delimitados manualmente utilizando el programa KOSMO sobre la imagen ALOS como base. A modo de complemento, también se utilizaron las imágenes y vistas en perspectiva disponibles en Google Earth© y la escena SPOT del 23 de enero de 2015 (Anexo 7.1.).

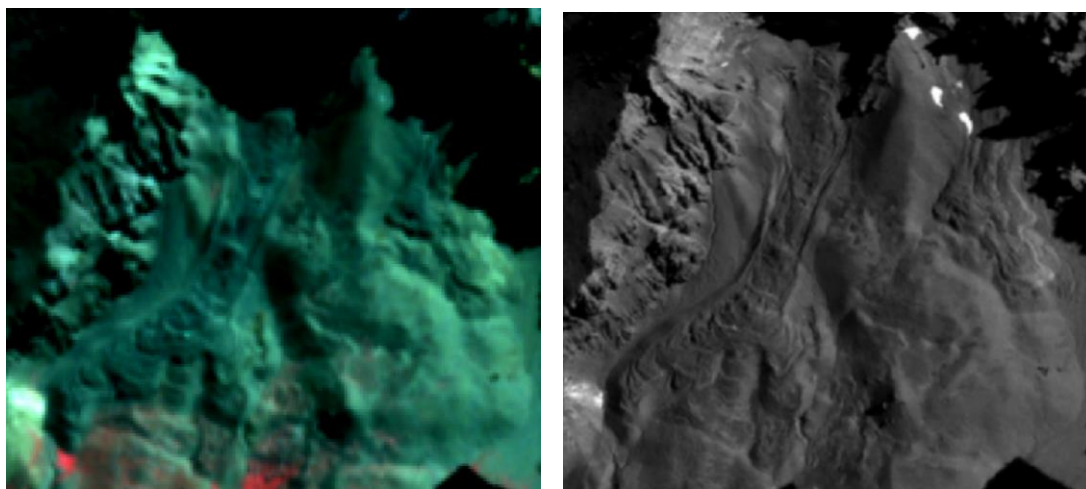


Figura 3: Ejemplo de la importancia que tienen las imágenes de alta resolución espacial para delimitar glaciares cubiertos y glaciares de escombros. A la izquierda puede observarse, en una imagen ALOS de 10 m de resolución espacial, dos glaciares de escombros. A la derecha las mismas crioformas, con mucha mayor definición, en una imagen SPOT de 5 m de resolución espacial.

4.5. Base de datos de las geoformas inventariadas

La base de datos del Inventario Nacional de Glaciares del río Vizcachas 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. Glaciar de descarga
5. Glaciar de valle
6. Glaciar de montaña
7. Glaciarete 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** (ID de la Figura 4 representado por un círculo rojo) 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.

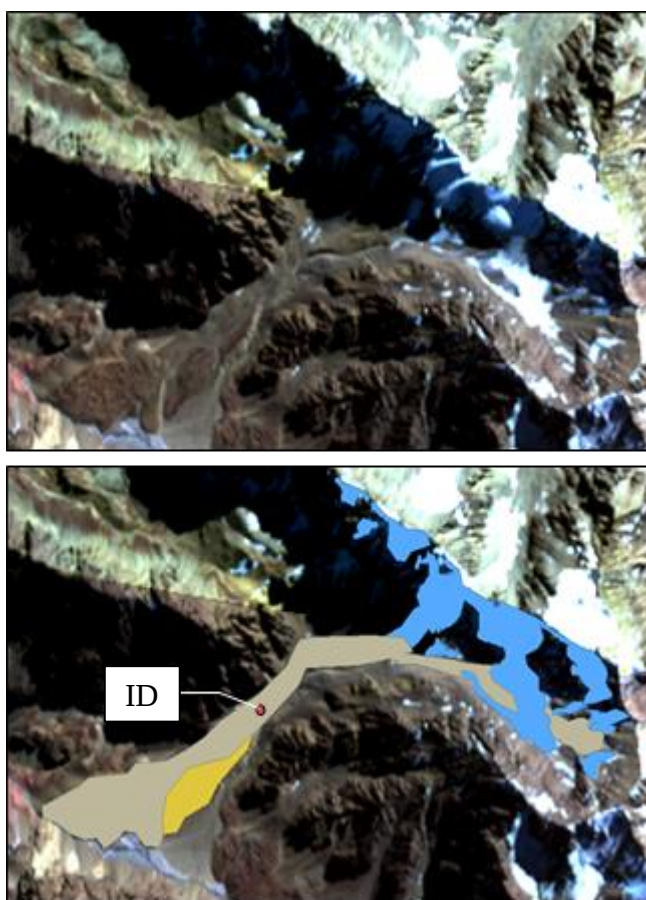


Figura 4: Ejemplo de una unidad compuesta vista en un mosaico de imágenes ASTER (arriba), y con todas las subunidades que la componen digitalizadas (abajo). El punto rojo en el centro de la unidad se utilizó para obtener las coordenadas geográficas de la misma. Todas las subunidades tienen el mismo código de identificación (ID).

La Figura 5 presenta un resumen gráfico de las tareas metodológicas realizadas en el inventario de cuerpos de hielo.

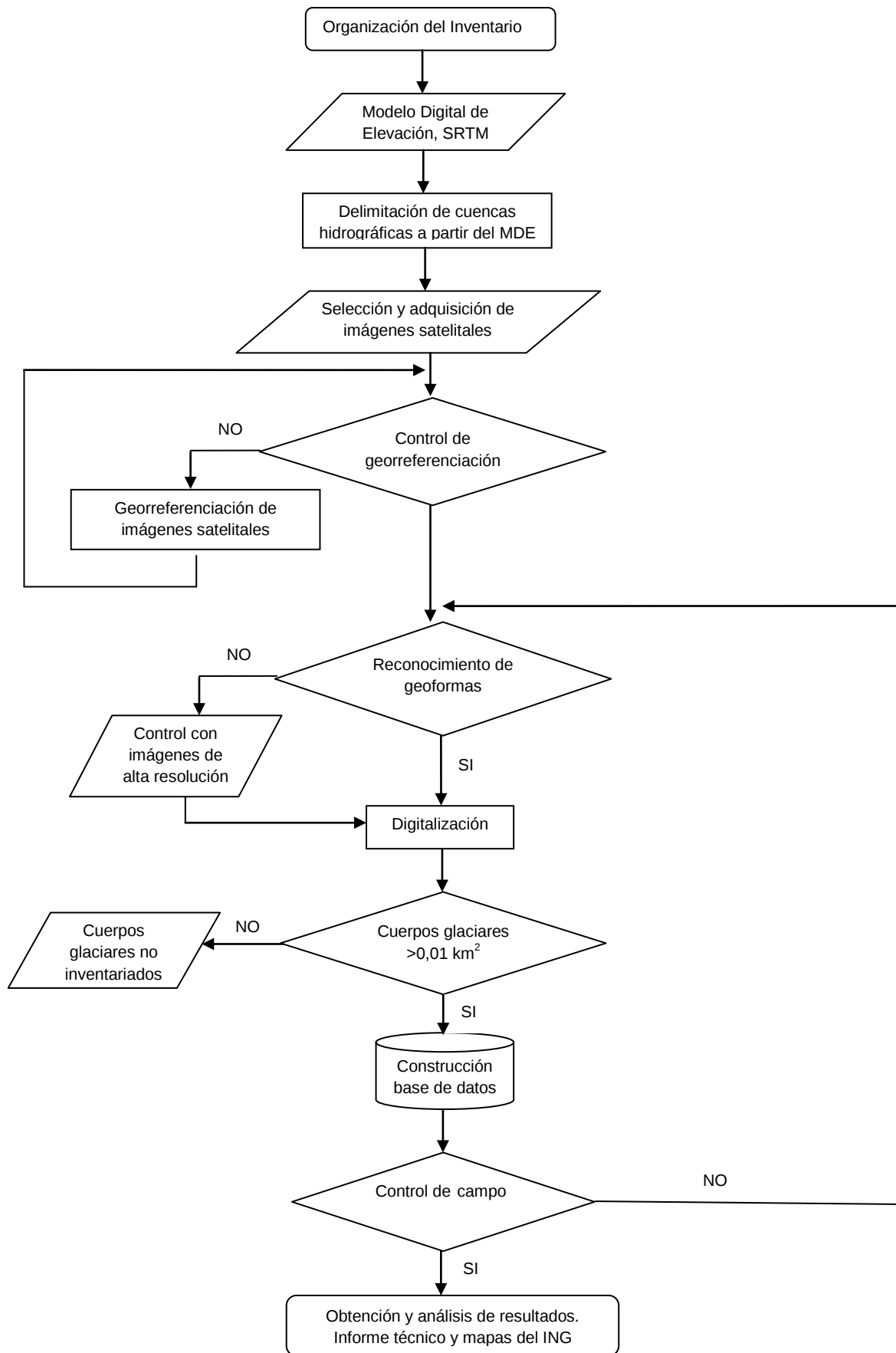


Figura 5: Diagrama de flujo de la metodología usada.

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 se existe o se tiene muy poca información. Además de obtener datos 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. Cuerpos de hielo de la cuenca del río Vizcachas

La superficie de la cuenca del río Vizcachas es de aproximadamente 2.096 km², de los cuales el 0,27% (5,68 km²) está cubierta por cuerpos de hielo (Tabla 2 y Figura 6). En total se identificaron 60 glaciares.

Las geoformas inventariadas se encuentran en la zona de recarga de la cuenca, principalmente sobre las nacientes de los ríos Vizcachas y Zanja Honda. Ningún glaciar presenta toponimia oficial.

Tabla 2: Superficie total inventariada en la cuenca del río Vizcachas.

Tipo de geoforma inventariada	Área (km ²)
Glaciar descubierto	1,21
Manchones de nieve/glaciaretes	0,31
Glaciar cubierto	0,94
Glaciar cubierto con glaciar de escombros	1,69
Glaciar de escombros	1,53
Total	5,68

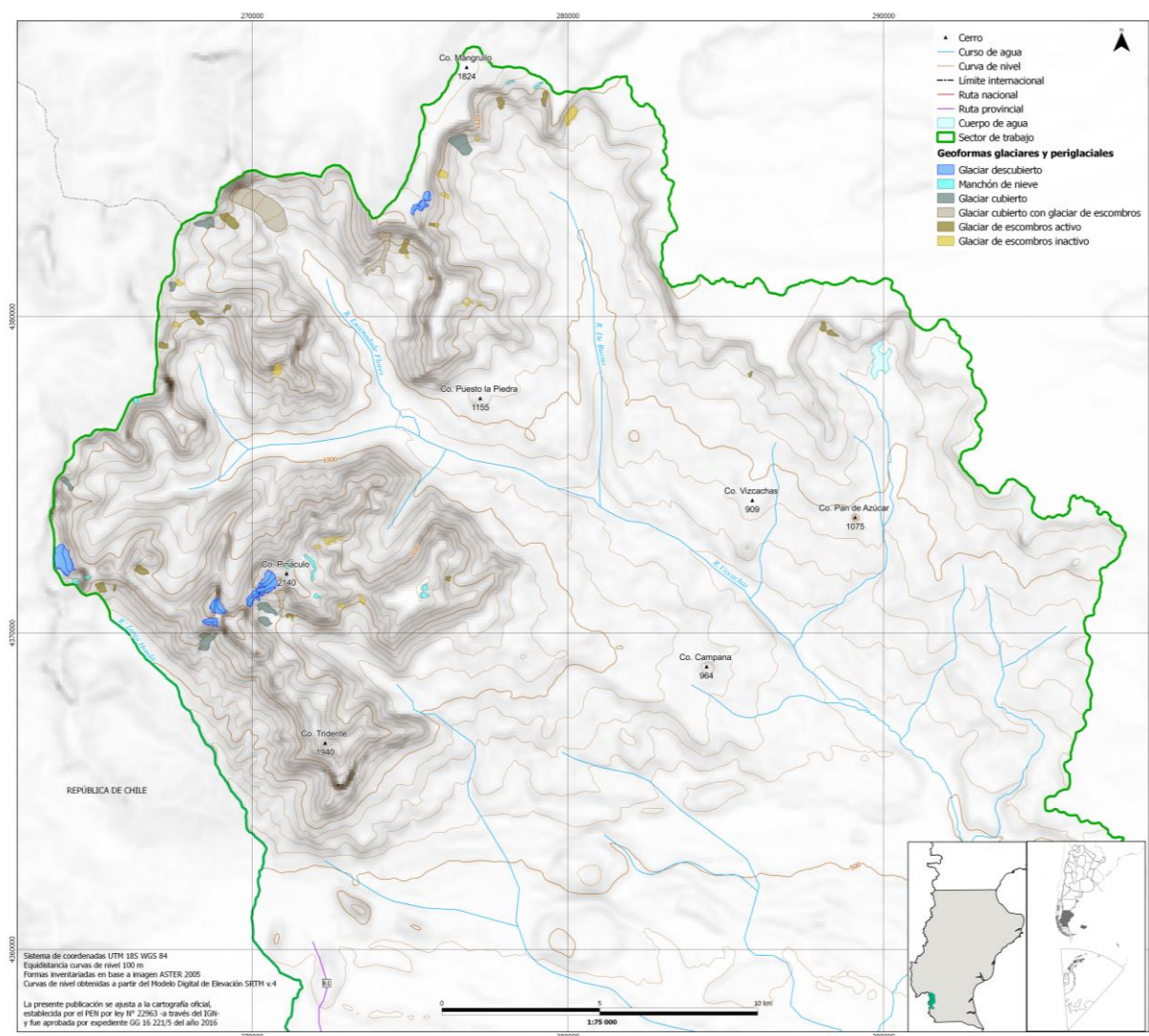


Figura 6: Mapa del inventario de la glaciares en la cuenca del río Vizcachas.

En cuanto al número de polígonos se identificaron principalmente glaciares de escombros, de los cuales el 46% son activos. En término de área, los glaciares cubiertos con glaciares de escombros y los glaciares de escombros son los que se presentan en mayor proporción (30% y 27%) seguido de los glaciares descubiertos (21%) y glaciares cubiertos (17%). Finalmente se identificaron 11 manchones de nieve que aportan un 5% al área total englazada (Figura 7).

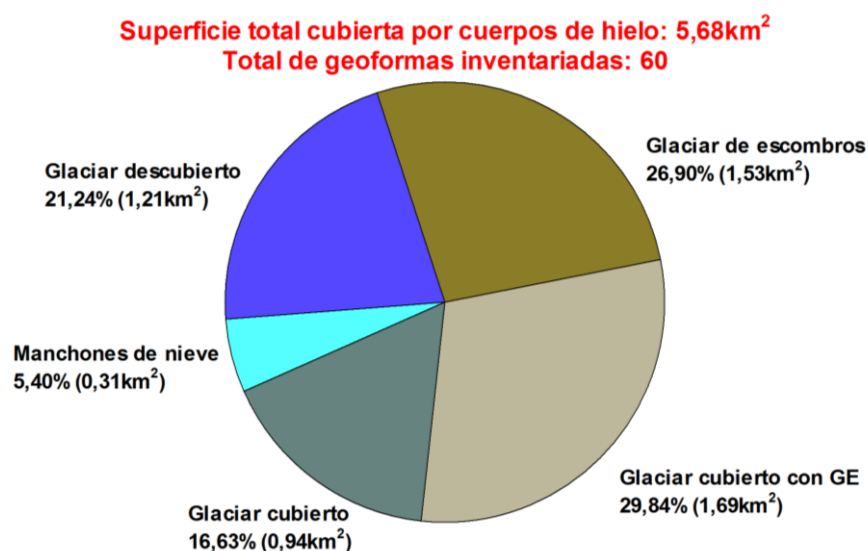


Figura 7: Tipos de cuerpos de hielo inventariados en la cuenca del río Vizcachas.

La orientación media de las geoformas inventariadas en la cuenca presenta una exposición sureste, lo que coincide con las laderas de menor insolación en el Hemisferio Sur (Figura 8).

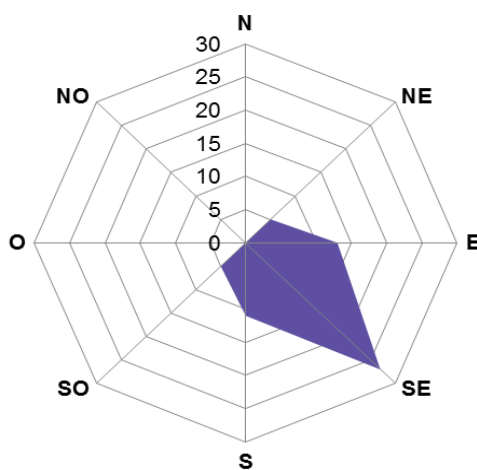


Figura 8: Orientación predominante de los cuerpos de hielo inventariados en la cuenca del río Vizcachas.

Las geoformas de menor tamaño (menores a 0,05 km²) representan más de la mitad de los glaciares inventariados (53%) pero solo cubren un 14% del área mapeada. Los cuerpos con un área entre 0,05 y 0,5 km² contribuyen en un 45% y el glaciar de mayor tamaño (1,22 km²) representa un 22% al área total inventariada (Figura 9).

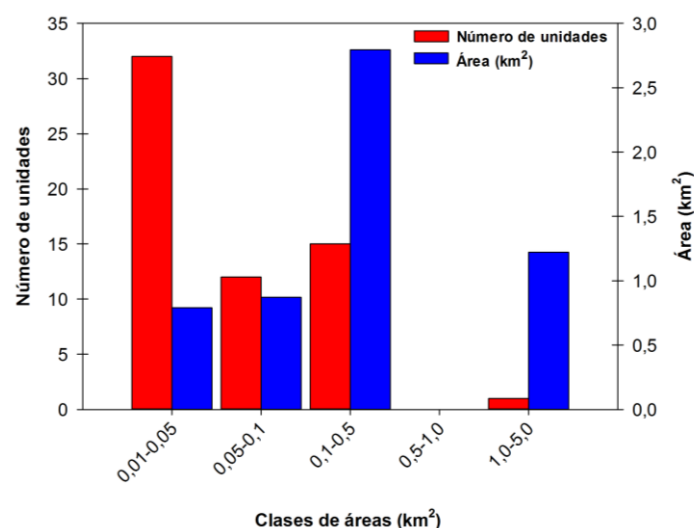


Figura 9: Distribución del número y superficie cubierta de los cuerpos de hielo inventariados en la cuenca del río Vizcachas, clasificada en categorías de acuerdo al tamaño de cada unidad.

Tabla 3: Alturas mínimas y máximas de los distintos tipos de crioformas en la cuenca del río Vizcachas.

Tipo de geoforma inventariada	Altura mínima observada (msnm)	Altura máxima observada (msnm)
Glaciar descubierto	1.694	2.137
Manchones de nieve/glaciaretos	1.536	2.052
Glaciar cubierto	1.233	1.711
Glaciar cubierto con glaciar de escombros	1.128	1.819
Glaciar de escombros	1.206	1.935

Los glaciares de escombros, el hielo cubierto, y el hielo cubierto con glaciar de escombros presentan una distribución similar y se localizan alrededor de los 1.500 msnm, siendo los glaciares de escombros la geoforma con mayor rango altitudinal. Los glaciares descubiertos y los glaciaretos / manchones de nieve se ubican a mayores alturas por encima de los 1694 y 1536 msnm respectivamente (Figura 10).

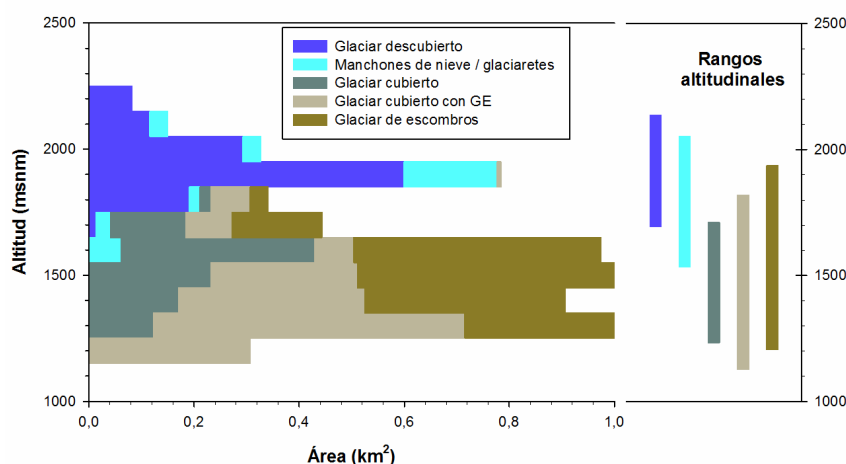


Figura 10: Hipsometría de los glaciares en la cuenca del río Vizcachas.

5.2 Control de campo

Se agradece la colaboración al señor Adrián Tejedor propietario de la Estancia El Puma, al señor Pablo Sturzenbaum, encargado de la Estancia Las Vizcachas y al encargado de la Estancia La Verdadera, Juan Ignacio de Urquiza, quienes nos permitieron ingresar a las tierras de la zona en estudio, y en especial al puestero Antonio Vargas por su buena predisposición durante el trabajo de campo.

El control de campo fue realizado durante el 27 de enero al 5 de Febrero de 2017, durante esta etapa se realizaron las observaciones correspondientes a esta cuenca y la del río Coig o Coyle.

Se visitaron tres valles de la cuenca del río Vizcachas ubicados en las nacientes del río homónimo. Estos sectores fueron seleccionados por la cantidad y tipos de glaciares identificados y la buena accesibilidad a los sitios.

En total se observaron 26 geoformas que, sobre el total de glaciares inventariados (60), representan un 43%. Los glaciares descubiertos y los glaciares de escombros activos fueron las geoformas con mayor número relevado.

El primer sector visitado corresponde al valle de un tributario sin nombre del río Vizcachas, en este sector se identificaron 6 glaciares de escombros, tres glaciares descubiertos y un manchón de nieve. El segundo sector corresponde a las nacientes del mismo río antes de la confluencia con el río Ensenada de Flores, donde se observaron dos glaciares de escombros, dos glaciares cubiertos con glaciares de escombros, dos glaciares descubiertos y dos manchones de nieve. La tercera zona visitada también corresponde a las nacientes del río Vizcachas antes de la confluencia con el río De Bueno, en este sitio se pudo observar un total de tres glaciares de escombros, un glaciar cubierto, tres glaciares descubiertos y un manchón de nieve.

El trabajo de identificación y clasificación en campo reveló una alta correspondencia con el trabajo realizado en gabinete. En el caso de la clasificación de geoformas glaciares y periglaciales se obtuvo un 93% de coincidencias, el error observado consistió en el tipo de geoforma asignado a tres cuerpos glaciarios. El primer caso refiere a la actividad de un glaciar de escombros el cual fue clasificado como inactivo pero en campo se observaron indicios de actividad. El segundo error se debió a que se identificó como glaciar cubierto a una geoforma que en campo se observaron además de hielo cubierto sectores de actividad criogénica por lo que se decidió reclasificar esta geoforma como glaciar cubierto con glaciar de escombros. Otra geoforma identificada en gabinete como glaciar de escombros activo se pudo observar que había una gran parte con hielo cubierto que no estaba mapeada por encontrarse en sombra. El último caso corresponde a un glaciar de escombros activo que en campo pudimos observar hielo masivo cubierto por lo que se modificó a glaciar de tipo cubierto. Con respecto a la identificación solo se observó un pequeño glaciar de escombros activo que no estaba mapeado. Estas diferencias observadas en el terreno fueron corregidas posteriormente en gabinete. Para mayores precisiones ver anexo 7.2. en el cual se detallan las geoformas inventariadas.

6. Bibliografía

- Aniya, M., H. Sato, R. Naruse, P. Skvarca, G. Casassa. 1996. The use of satellite and airborne imagery to inventory outlet glaciers of the Southern Patagonia Icefield, South America. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. Vol. 62, N° 12, 1361-1369.
- 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.
- Bertone, M. 1960. Inventario de los glaciares existentes en la vertiente Argentina entre los paralelos 47°30' y 51° S 3. Instituto Nacional del Hielo Continental Patagónico. Buenos Aires, Argentina. 103 p.
- 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. y Espizúa L.E. 1981. Inventario de glaciares de la cuenca del río Mendoza. IANIGLA-CONICET. Mendoza. 64 p.
- Delgado, S., Villalba, R., Masiokas, M.H. 2006. Remote sensing monitoring of glacier fluctuations in the Patagonian Andes. *CONCORD Symposium on Climate Change: "Organizing the Science in the American Cordillera"*. Mendoza, Argentina. 4-6 Abril, 2006.
- Delgado, S., Masiokas, M., Pitte, P. y Villalba R. 2010. Developing an Argentinean glacier inventory: first results from the Southern Patagonia Icefield submitted to GLIMS. *International Ice and Climate Conference, Valdivia, Chile, CECS*.
- Fujisada, H., G.B. Bailey, G.G. Kelly, S. Hara, M.J. Abrams. 2005: ASTER DEM performance, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 43, 2707-2714.

Gruber, S. y Haeberli, W. 2009. Mountain Permafrost, in Permafrost Soils (ed) R. Margesin, Soil Biology 16. Springer-Verlag Berlin. 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. Inventario Nacional de Glaciares y Ambiente Periglacial: Fundamentos y Cronograma de Ejecución, (2010) Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA), Centro Científico Tecnológico – CONICET Mendoza.

Ikeda, A. 2004: Rock glacier dynamics near the lower limit of mountain permafrost in the Swiss Alps.

Ikeda, A. y Matsuoka, N. 2002. Degradation of Talus-derived Rock Glaciers in the Upper Engadin, Swiss Alps. Permafrost Periglac. Process., 13:145–161, 2002.

Ingo W. Wolff, Neil F. Glasser, Alun Hubbard. 2012. The reconstruction and climatic implication of an independent palaeo ice cap within the Andean rain shadow east of the former Patagonian ice sheet, Santa Cruz Province, Argentina. Centre for Glaciology, Institute of Geography and Earth Sciences, Aberystwyth University, Llandinam Building, Penglais Campus, Aberystwyth, SY23 3DB, Wales, United Kingdom. Geomorphology 185 (2013) 1–15.

Müller, F. 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., Trombotta 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.

Racoviteanu, A.E., Paul, F., Raup, B., Khalsa, S.J.S. y 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).

Rau, F., F. Mauz, S. Vogt, Khalsa, S.J.S., B. Raup. 2005. Illustrated GLIMS Glacier Classification Manual. http://www.glims.org/MapsAndDocs/assets/GLIMS_Glacier-Classification-Manual_V1_2005-02-10.pdf

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.

Skvarca, P., H. De Angelis. 2002. Fifteen Year Changes of Southern Patagonia Icefield Glaciers, Argentina-Chile, Detected from Landsat TM Mosaics. Proceedings of 29th International Symposium on Remote Sensing of Environment, Bs. As., Abril 8-12, 2002.

Skvarca, P. y H. De Angelis. 2003. *First cloud-free Landsat TM image mosaic of Hielo Patagónico Sur, southwestern Patagonia, South America*. Contribución. Buenos Aires, Argentina, Dirección Nacional del Antártico. 10.

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, Argentinien. ("Investigaciones sobre geoformas y sedimentos periglaciales en la 'Lagunita del Plata', Mendoza, Argentina"). *Heidelberger Geographische Arbeiten*, Heft 90: 171 páginas, Heidelberg, Alemania.

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.

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

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 p.

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

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.

7. Anexos

7.1. Imágenes utilizadas en el Inventario de la cuenca del río Vizcachas

Se presentan las tablas, ordenadas por tipo de satélite, con las imágenes utilizadas en el Inventario de la cuenca del río Vizcachas.

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 febrero a abril para estas latitudes) y ausencia de nubes.

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

- Como base de georreferenciación, se emplearon en este caso imágenes del satélite Landsat.
- Para identificar manchones de nieve perenne se emplean 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 del hielo cubierto y glaciares de escombros, se suelen emplear imágenes de sensores de alta resolución.

Satélite: **LANDSAT 5**

Sensor: TM (Thematic Mapper) - ETM (Enhanced Thematic Mapper)

Resolución espacial: 30 m

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

ID imagen	Fecha	Objetivo
LT52300952005091COA00	01 abril 2005	Base georreferenciación
LE72300952005051EDC00	20 febrero 2005	Comparar manchones de nieve

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

Sensor: AVNIR-2 (Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2)

Resolución espacial: 10 m

Proveedor: Imágenes gentileza CONAE

ID imagen	Fecha	Objetivo
ALAV2A164764630	26 febrero 2009	Base inventario

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

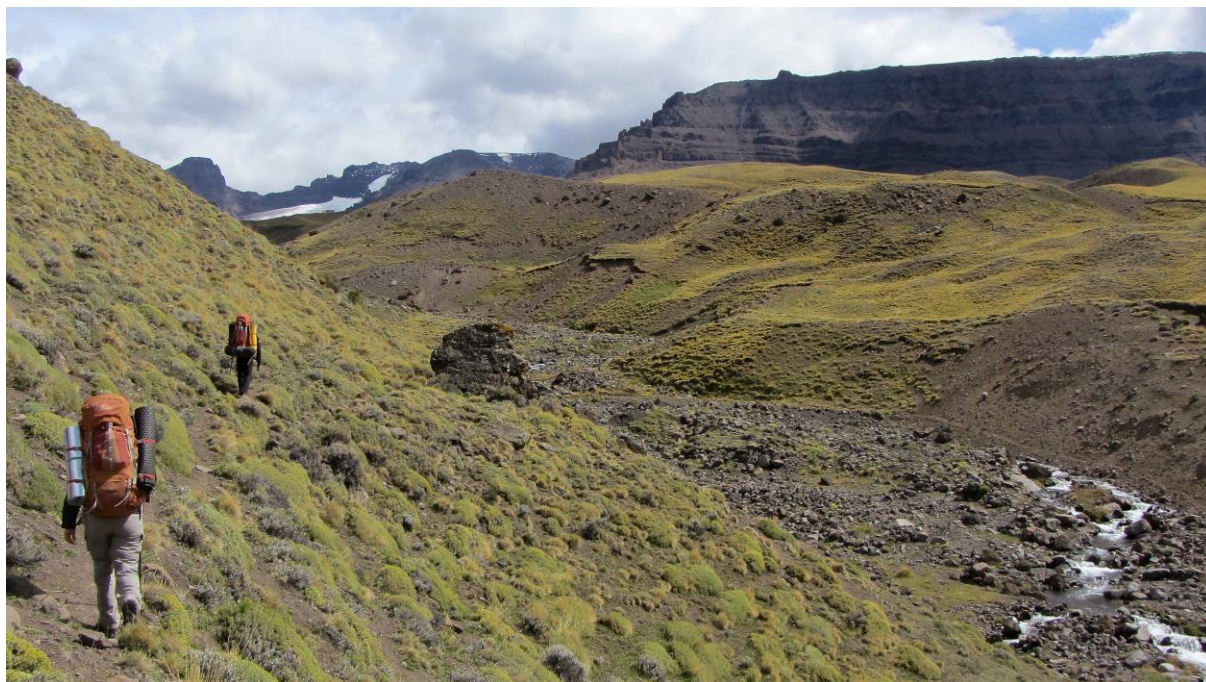
Sensor: HRG1

Resolución espacial: 5 m

Proveedor: Imágenes gentileza CONAE

ID imagen	Fecha	Objetivo
SPOT5_HRG1_2015-01-23_13-26-16_A_682_453_S0_L2A	23 enero 2015	Apoyo para mapeo de hielo cubierto y glaciares de escombros.

7.2. Control de campo de la cuenca del río Vizcachas

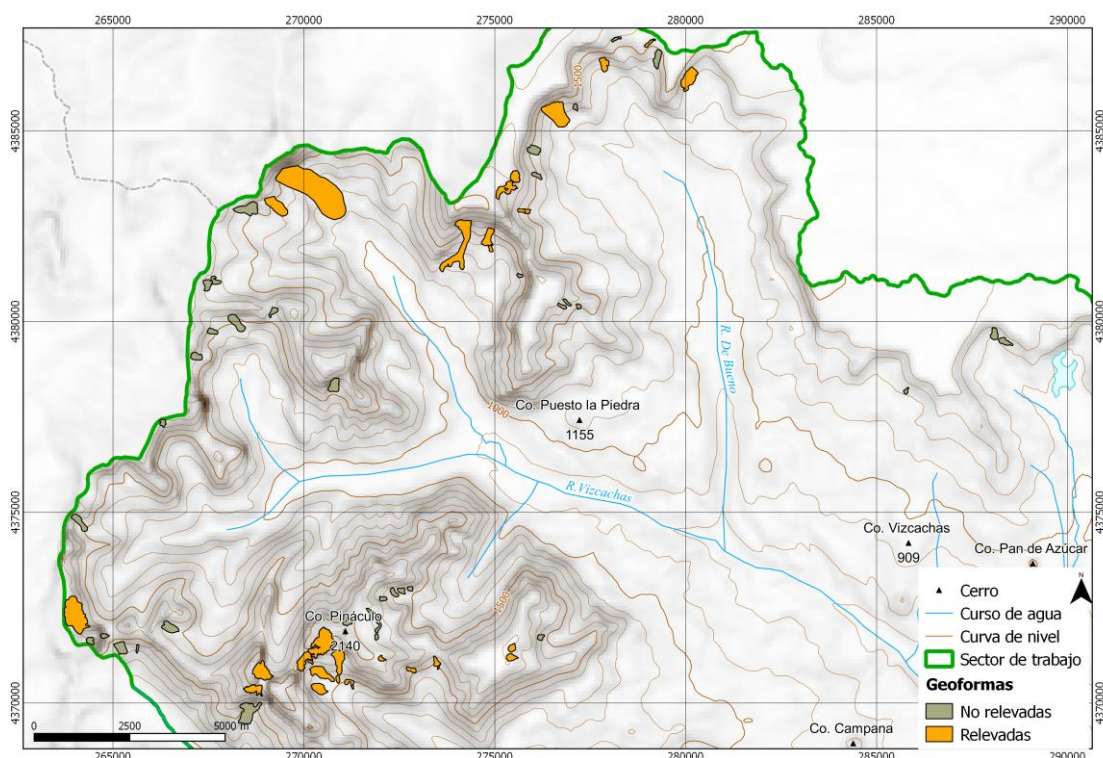


Aproximación a la Sierra de Los Baguales

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

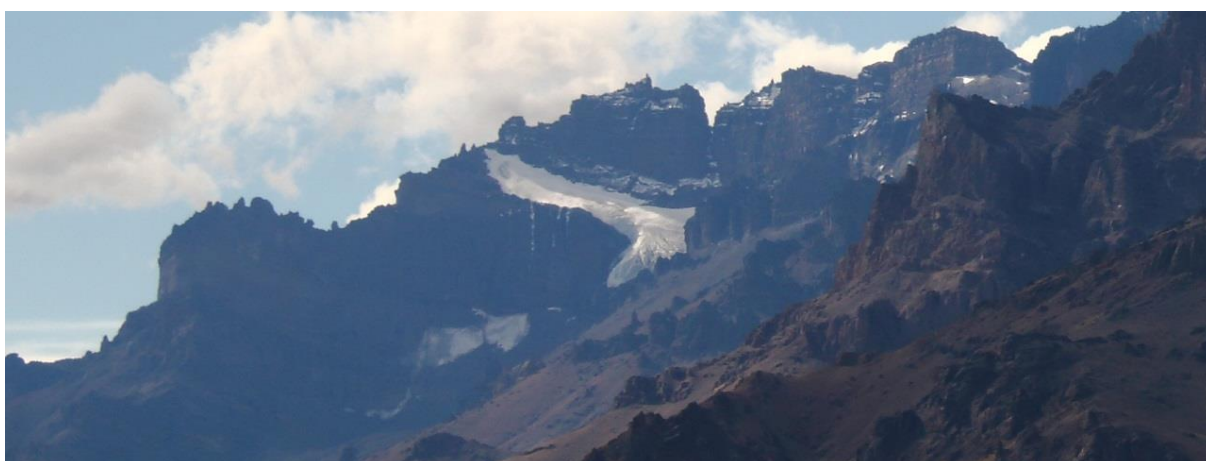


Mapa de ubicación de los glaciares observados en la cuenca del río Vizcachas

7.2.2. Resultados. Geoformas relevadas

Geoforma G287718E50771S

Glaciar descubierto colgado en la ladera este del río binacional Zanja Honda, en la conocida sierras de los Baguales. Esta geoforma presenta una orientación suroeste. Si bien se observó el glaciar a la distancia, puede apreciarse en la foto los rasgos de movimiento típicos de un glaciar como las grietas o crevasses y una lengua poco definida.



Vista del glaciar G287718E50771S desde la estancia La Verdadera Argentina

Geoformas G722330O507665S y G722214O507694S

Estas geoformas se ubican en uno de los circos de la naciente de un río que desciende de las sierras de los Baguales y alimenta aguas abajo al río Vizcachas.

El manchón de nieve o glaciarete G722330O507665S presenta una orientación hacia el sureste. No se observaron grietas características de glaciares descubiertos ni un patrón de flujo marcado. El glaciar de escombros inactivo G722214O507694S de origen criogénico presenta una orientación sureste, se observó una pendiente del talud menor a 30°.

Las observaciones de campo coincidieron con la interpretación realizada en gabinete.



Geoforma G722128O507675S

Glaciar de escombros inactivo criogenico, se ubica el este de la anterior geoforma. Presenta una orientacion suroeste. Se agregó una pequeña parte en la zona sur del glaciar. El talud presenta una pendiente leve sin evidencias de movimientos presentes.



Vista del frente de la geoforma G722128O507675S



Otra vista del glaciar de escombro inactivo G722128O507675S donde se indica la parte que se agregó a la geoforma

Geoforma G722529O507608S

Glaciar descubierto de montaña ubicado en la ladera sur del cerro Pináculo (2.140 msnm), el más alto de la cuenca.

Se observó que el área del glaciar ha disminuido notablemente con respecto a la imagen de base utilizada para el inventario (2009). Se identificaron grietas transversales, indicadoras de la extensión longitudinal del cuerpo de hielo.

Las observaciones de campo coincidieron con la interpretación realizada en gabinete.



Glaciar de montaña G722529O507608S

Geoforma G722629O507668S

Glaciar descubierto de montaña también ubicado en la ladera sur del cerro Pináculo. Se pudieron observar los rasgos indicadores del movimiento del glaciar y algo de sedimento sobre la superficie glaciaria.



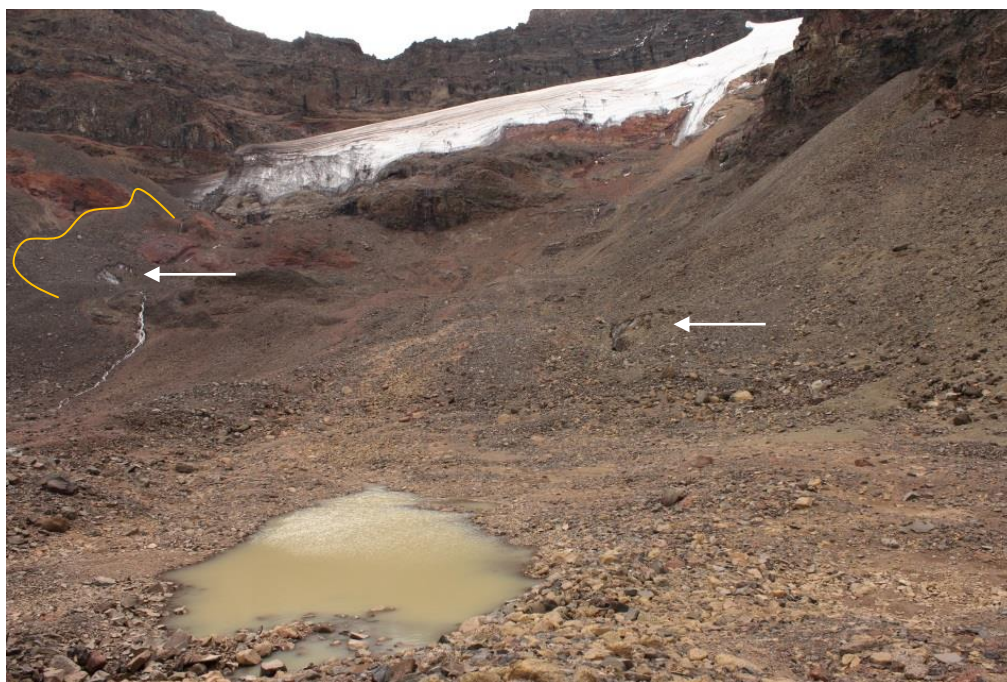
Glaciar de montaña G722629O507668S

Geoforma G722556O507687S

Glaciar cubierto, ubicado en el valle de las nacientes del mismo tributario al río Vizcachas.

En campo se observó hielo cubierto por sedimentos (hielo enterrado) en la geoforma mapeada, por lo tanto la clasificación realizada en gabinete es correcta. Se editó el contorno de la figura en la zona alta.

Esta geoforma se encuentra desconectada del glaciar descubierto que se observa en la foto, razón por la que no se asignó a una misma unidad.



Vista del glaciar cubierto G722556O507687S. En naranja el sector que se agregó a la geoforma, las flechas blancas indican el hielo enterrado



Detalle de sectores donde es visible el hielo enterrado

Geoforma G722573O507725S

Glaciar cubierto ubicado en el mismo sitio. Las observaciones de campo coincidieron con la interpretación realizada en gabinete.



Glaciar cubierto G722573O507725S

Geoforma G722488O507654S

Esta geoforma estaba clasificada como glaciar de escombros activo pero en el campo se observó gran parte del glaciar con hielo cubierto sobre la zona de alimentación. Este sector no estaba mapeado por encontrarse en sombra. Se editó el contorno del polígono y se modificó la clasificación a glaciar cubierto con glaciar de escombros.



Geoforma G722488O507654S



Geoforma G722488O507654S. Sector que se encontraba en sombra

Geoforma G722462O507714S

Glaciar de escombros activo criogénico. En un principio estaba clasificado como inactivo pero en campo se observó que el frente tiene una pendiente mayor a 35° y selección vertical del sedimento. Además se identificó en el terreno un sector inactivo.



Vista del talud sureste de la geoforma G722462O507714S



Talud inactivo de la geoforma G722462O507714S

Geoformas G721848O507675S y G721844O507653S

Manchones de nieve sobre la sierra de los Baguales. El glaciarete que se observa a la derecha no se encuentra inventariado porque tiene una superficie menor a una hectarea.



Manchones de nieve

Geoforma G721860O506674S

Glaciar de escombros activo de origen criogénico ubicado en uno de los circos del valle río Ensenada de Flores, antes de la confluencia con el río Vizcachas. Presenta una cota máxima en la zona de la raíz de 1.530 msnm y 1.362 msnm en la altura mínima alcanzada en el pie del talud. La observación en campo permitió definir una parte inactiva al oeste de la geoforma. En la foto se aprecia claramente las canaletas de avalanchas nivodetríticas (multiraiz).



Vista del frente del glaciar de escombros activo G721860O506674S



Sector inactivo del glaciar de escombros G721860O506674S

Geoforma G721940O506667S

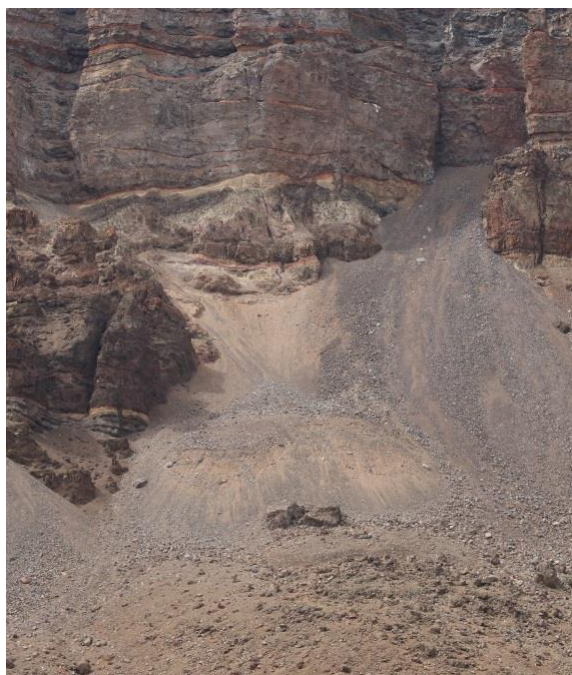
Glaciar cubierto con glaciar de escombros ubicado en el mismo circo del valle río Ensenada de Flores, antes de la confluencia con el río Vizcachas. Se observó un sector de hielo cubierto que no estaba incorporado por lo tanto se editó el contorno de la geoforma.



Glaciar G721940O506667S, en amarillo el sector que se agregó a la geoforma

Geoforma G721756O506777S

Este pequeño glaciar de escombros criogenico ubicado al este de la anterior geoforma no estaba inventariado, en gabinete se midió la superficie y presenta un area mayor a una hectarea por lo tanto fue incorporado al mapeo.



Glaciar de escombros G721756O506777S

Geoforma G722531O506530S

Esta geoforma se ubica en el mismo valle, estaba clasificada como glaciar cubierto pero en campo se observaron tambien formas típicas de un glaciar de escombros activo, razón por la que se decidió modificar la clasificacion a glaciar cubierto con glaciar de esombros.



Geoforma G722531O506530S

Geoforma G722651O506584S

Glaciar de escombros activo al sur de la anterior geoforma, presenta una orientacion hacia el sureste conformado por una unidad de origen criogenico y varias raices de alimentacion (multiraiz) . A pesar de realizar la observacion a la distancia se aprecian los surcos, crestas y un talud importante (mayor a 35°).

La clasificacion realizada en gabinete coincide con las observaciones de campo.



Geoforma G722651O506584S

Geoformas G721777O506563S y G71761O506543S

Glaciares descubiertos de montaña ubicados en la ladera oeste del valle del río de Bueno, antes de la confluencia con el río Vizcachas.



Glaciares descubiertos G721777O506563S y G71761O506543S

Geoforma G721743O506624S

Glaciar de escombros criogénico conformado por dos unidades, un sector activo donde el talud presenta mayor pendiente y una parte de inactividad.

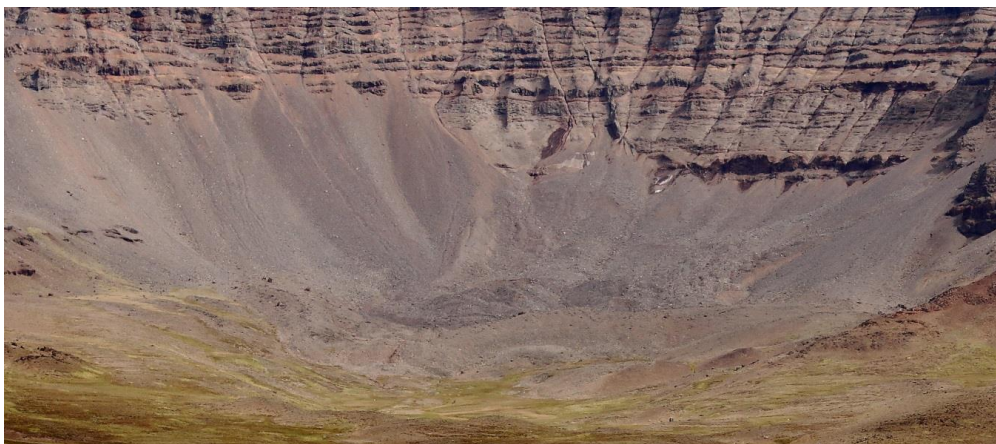
La clasificación realizada en gabinete coincide con las observaciones de campo.



Geoforma G721743O506624S. En rojo se señala el sector activo y en azul el inactivo

Geoforma G721602O506392S

Esta geoforma se ubica en el mismo valle del río de Bueno y en un principio estaba clasificado como glaciar de escombros activo, a partir de la observación de campo se decidió modificar a glaciar cubierto debido a que la forma de la superficie estaría indicando la presencia de hielo cubierto por detrito.



Geoforma G721602O506392S

Geoforma G721411O506282S

Glaciar de escombros activo de origen criogenico ubicado en la ladera este del mismo valle, presenta una orientacion hacia el sur, conformado por una unidad y varias raices de alimentación. A pesar de que la observación se realizó a la distancia se pudo apreciar un talud marcado indicando la actividad presente del glaciar.



Geoforma G721411O506282S

Geoforma G721098O506325S

Glaciar de escombros criogénico con orientación sureste. Esta geoforma coalescente está compuesta por varias unidades inactivas y varias raíces de alimentación.

La clasificacion realizada en gabinete coincide con las observaciones de campo.



Geoforma G721098O506325S. En negro se indica el frente de la geoforma

Geoforma G721363O506229S

Manchón de nieve permanente o glaciarete. No se observaron grietas indicadoras de movimiento.



Manchón de nieve G721363O506229S

Geoforma G723468O507528S

Glaciar descubierta de montaña, forma de circo. Se corroboró la clasificación realizada en gabinete.



Geoforma G722783O507690S

Glaciar descubierto de montaña, forma de circo. Se pudo observar que la superficie glaciaria ha disminuido notablemente en comparación con la imagen de base utilizada para el inventario (2009).

Se corroboró la clasificación realizada en gabinete.



Geoforma G722783O507690S

7.2. 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. 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 km².
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. CUYO
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 cuenca del río Vizcachas, provincia de Santa Cruz.

