



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA DE GEOGRAFÍA

Inventario de glaciares descubiertos de la cuenca del río Copiapó y variaciones recientes en sus frentes

Informe final de práctica profesional

Sebastián Vivero Andrade

**Profesor Guía: Andrés Rivera Ibáñez
Profesional a Cargo: Fernando Escobar Cáceres**

Santiago, Julio de 2008

RESUMEN

Se presentan los resultados del inventario de glaciares descubiertos de la cuenca del río Copiapó, localizada entre los 26°30' y 28°30' de latitud sur. Complementariamente, se incluyen los resultados de las variaciones frontales recientes del glaciar Del Potro (28°23'S, 69°36'W).

Se aplicaron métodos digitales en imágenes satelitales ASTER, como *Band Ratios* y elección de umbrales. La fusión del *Digital Elevation Model*, construido con datos altimétricos de la cartografía regular del Instituto Geográfico Militar, y el inventario digitalizado, permite la extracción automática de los parámetros tridimensionales de cada glaciar como son la orientación, altitud mínima y máxima. Adicionalmente, para calcular las variaciones recientes se utilizaron imágenes satelitales MSS, TM y ASTER entre los años 1976 y 2005.

Como resultado del inventario de la cuenca en estudio, se obtuvo en total una superficie de 23,04 km² de hielo y nieve perenne superiores a 0,01 km². Además, se estima que el frente norte del glaciar Del Potro, ha retrocedido 128 metros durante el periodo 1976-2005, lo que representa una tasa frontal de retroceso de 4 m a⁻¹, la cual es más baja que la computada para el glaciar Tronquitos, indicada en un estudio anterior.

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| 1.- INTRODUCCIÓN | 4 |
| 2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 5 |
| 3.- ANTECEDENTES PREVIOS | 7 |
| 4.- MARCO TEÓRICO | 8 |
| 4.1 Percepción Remota y Glaciología | 9 |
| 5.- OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS | 12 |
| 5.1 Objetivo general | 12 |
| 5.2 Objetivos específicos | 12 |
| 6.- HIPÓTESIS DE TRABAJO | 13 |
| 7.- METODOLOGÍA | 14 |
| 7.1 Materiales | 14 |
| a) Cartografía base | 14 |
| b) Imágenes satelitales | 14 |
| c) Software | 16 |
| 7.2 Métodos | 16 |
| a) Clasificación multiespectral de las imágenes | 16 |
| b) Generación de los <i>Digital Elevation Models</i> (DEMs) | 19 |
| c) Definición del área de estudio | 20 |
| d) Generación del inventario y cálculo de la variación frontal | 21 |
| 8.- RESULTADOS | 22 |
| 8.1 Inventario | 22 |
| 8.2 Variaciones frontales recientes | 24 |
| 9.- DISCUSIÓN | 26 |
| 9.1 Comparación con trabajos previos | 26 |
| 9.2 Incertidumbre en la estimación del área inventariada | 27 |

| | |
|--|-----------|
| 10.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 28 |
| 11.- BIBLIOGRAFÍA | 30 |
| 12.- ANEXOS | 34 |
| 12.1 Datos por Glaciar | 34 |
| 12.2 Cartografías | 45 |

1.- INTRODUCCIÓN

De acuerdo al registro geológico de la Tierra se sabe del avance y retroceso de glaciares en diversas ocasiones, incluso durante el periodo Pleistoceno existen evidencias de por lo menos seis glaciaciones que afectaron gran parte del planeta, las cuales llegaron a cubrir un tercio de la superficie de la Tierra. Actualmente, los glaciares cubren aproximadamente el 10 % y se estima que acumulan unos 33 millones de Km³ de agua (BENN & EVANS, 1998).

Por otro lado, según los datos del *Global Water Partnership* (GWP, 2000) sólo el 3% del agua del planeta es dulce y de este porcentaje un 77,06% está congelada en los polos y glaciares de latitudes medias, un 22,9% se encuentra en forma subterránea y solamente el 0,04% es agua que aparece superficialmente en ríos y lagos.

Recientemente, la preocupación por monitorear las variaciones recientes de los glaciares ubicados en latitudes medias ha aumentado, debido a que son considerados como posibles indicadores de los cambios climáticos (IPCC, 2001). Además, los estudios de variabilidad climática en Chile, indican un aumento de las temperaturas y un aumento altitudinal de la isoterma de 0°C, reduciéndose la superficie de nieve durante las estaciones pluviales, lo que producirá una merma del recurso hídrico durante los meses secos (CARRASCO *et al.* 2005; CONAMA, 2006).

En Chile hasta el año 2007, se han inventariado un total de 1835 glaciares los cuales cubren una superficie de 15.489,8 km². Se estima que la superficie no inventariada es de 4.700 km² de hielo (Laboratorio de Glaciología, 2008). Los primeros trabajos sobre inventarios se realizaron principalmente con fotografías aéreas, pero con el advenimiento y masificación de los sensores satelitales, los más recientes inventarios y actualizaciones de éstos (entre otros pueden mencionarse CASASSA *et al.* 2002; ZENTENO *et al.* 2004; BOWN *et al.* 2008), se han realizado con imágenes satelitales de alta resolución espacial, debido a su escala global de observación, coberturas en constante actualización y tratamiento digital de la imágenes, convirtiéndose en un soporte de información eficiente y sin precedentes para estudiar glaciares ubicados en ambientes remotos, los cuales son poco accesibles mediante métodos tradicionales (GAO & LIU, 2001; RAUP *et al.* 2007).

2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El presente proyecto se enmarca en uno de los objetivos de la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas (DGA/MOP), el cual consiste en completar los inventarios de glaciares para Chile continental. Para ello se estudiarán los glaciares descubiertos de la cuenca del río Copiapó. Adicionalmente, se realizará el análisis de las variaciones frontales recientes para algunos glaciares representativos de esta cuenca.

La importancia del presente trabajo radica en que los glaciares en zonas áridas y semiáridas, junto con otros recursos hídricos propios de estos sectores (e.g. vegas y bofedales), presentan un gran valor, tanto como recurso para las actividades humanas, como también para mantener los ecosistemas asociados a estos cuerpos de agua.

La región de Atacama y en especial la cuenca del río Copiapó, ha presentado durante los últimos años un significativo aumento de las actividades mineras, las cuales se han internado en zonas de alta montaña, donde además se encuentran los mayores reservorios de aguas naturales como vegas y bofedales, así como las reservas en estado sólido como son los glaciares, los cuales se pueden ver perjudicados por la presencia de la minería (BÓRQUEZ *et al.* 2006).

La correcta evaluación de los recursos glaciares a nivel de cuenca es de suma importancia para la adecuada “gestión y administración del recurso hídrico en un marco de sustentabilidad” (misión de la Dirección General de Aguas). La DGA ha auspiciado diversos inventarios de glaciares a lo largo de Chile según las normas UNESCO-TTS/WGS (entre otros pueden mencionarse MARANGUNIC, 1979; CAVIEDES, 1987; VALDIVIA, 1984; GARIN, 1987; NOVEROY, 1987 y RIVERA, 1989). Para las cuatro primeras regiones del país, el inventario fue realizado por GARIN (1987), catastrando un total de 80 glaciares, 8 nevados y una cubierta semipermanente de nieve. Este estudio sin embargo, es considerado un inventario preliminar ya que los glaciares no fueron asociados a sus respectivas cuencas hidrográficas, además se estima que en esta región y sobre todo en la cuenca del río Copiapó, falta por incluir algunos glaciares y mejorar la precisión de las zonas ya inventariadas (Figura 1).

Con respecto a las variaciones recientes analizadas en la cuenca del Copiapó, se presenta solo un caso de estudio, donde el Glaciar Tronquitos ha experimentado un gran retroceso frontal, que alcanza a 699 metros durante el periodo 1955-1996, lo que representa una tasa frontal de retroceso de 17 m a^{-1} (RIVERA *et al.* 2000; ACUÑA 2001).

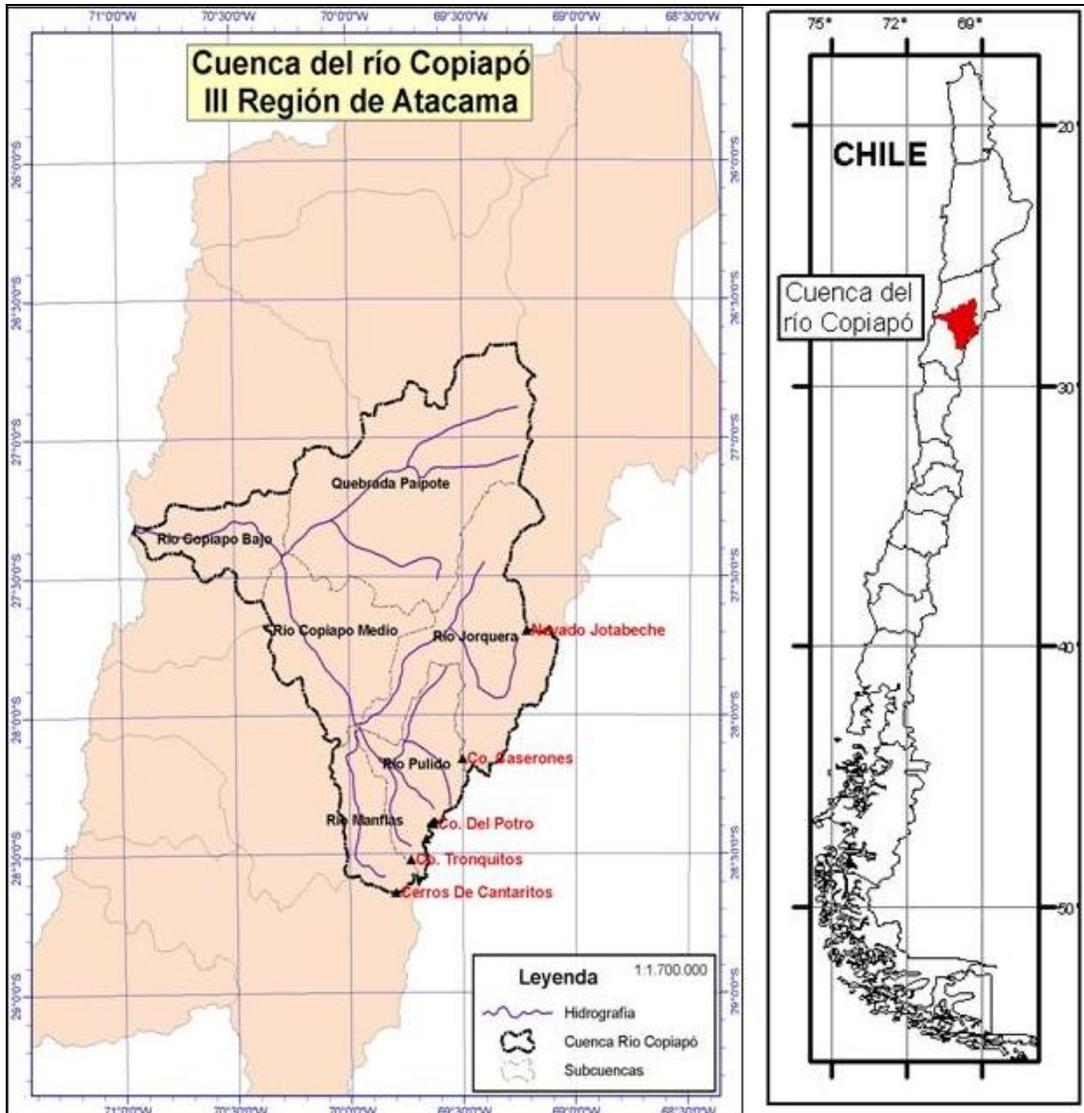


Figura 1. Cuadro de ubicación de la cuenca del río Copiapó.

3.- ANTECEDENTES PREVIOS

Para esta parte del país, BRÜGGEN (1928) indicaba que desde la latitud del Salar de Maricunga (ubicado al este del límite norte de la cuenca del Copiapó) hacia el sur, aumenta el número de cerros cubiertos de “nieves eternas”, no especificando mayores detalles. Más precisamente, BRACKEBUSCH (1892 en BRÜGGEN, 1928) establece que el cerro Del Potro (5864 m) contiene glaciares de cierta importancia. Posteriormente, RISOPATRÓN (1924) señala que el mismo cerro está cubierto de “nieve perpetua” desde los 5.200 m de altura. Por otro lado, LLIBOUTRY (1956) establece que desde 1937 a 1956, los cinco a seis glaciares existentes en el Nevado Tres Cruces (6629 m), ubicado 30 km al este del Salar de Maricunga, no sufrieron cambios apreciables.

Entre los 18° y 32° de latitud sur, GARÍN (1987) inventarió cerca de 90 glaciares (el inventario no incluyó a los glaciares de roca) en el lado chileno de la cordillera de los Andes, 8 de los cuales existirían en la cuenca del Copiapó, representando una superficie de 23,07 km². Esta zona fue inventariada con fotografías aéreas Hycon del año 1955, las cuales fueron analizadas con una barra de paralaje y estereoscopio.

En el glaciar del cerro Tronquitos, ubicado en la cuenca del Copiapó, RIVERA *et al.* (2000) establece que este glaciar presenta temperaturas muy bajas (debido a su gran altura, sobre 4750 m), generando hielo de bajas temperaturas (frío), con poca dinámica y movimiento. Además, posee una superficie de 4,30 km² hacia el año 1984, y presenta una tasa de retroceso frontal de 14 m a⁻¹ entre los años 1955-1984, lo que representa una escasa pérdida de superficie.

El día 14 de mayo de 1985, el glaciar Estero Seco de los Tronquitos, ubicado en las cercanías del cerro Tronquitos, generó un gran aluvión, estimado en 5,0 Hm³, el cual descendió unos 83 km aguas abajo hasta el embalse Lautaro, el cual pudo contener dicho aluvión. Este fenómeno conocido como *Ice Dammed Lake Outburst*, se produjo debido al almacenamiento de agua líquida en forma de un lago sub-glacial que se vació de manera violenta producto de la ruptura de una de las paredes que lo contenía (PEÑA & ESCOBAR, 1987).

En el mes de febrero del año 1999, un grupo de investigadores del *Paul Scherrer Institut* (PSI), lograron extraer un testigo de hielo de 36 metros y medir profundidades máximas de hielo cercanas a 42 metros en la cabecera del glaciar del cerro Tapado (30°08' S, 69°55' W), ubicado en la cuenca del río Elqui. Los análisis demostraron que la variación anual de la acumulación de este glaciar está fuertemente influenciada por el fenómeno La Niña/El Niño, presentando una alta acumulación durante los periodos El Niño (GINOT *et al.* 2002).

4.- MARCO TEÓRICO

El término “glaciar”, helero o ventisquero (denominaciones más comunes) puede ser definido según LLIBOUTRY (1956), como toda masa de hielo perenne, formada por acumulación de nieve, cualquiera que sean sus dimensiones y su forma, que debido a cierto espesor, fluye bajo su propio peso hacia las alturas inferiores. Sin embargo, según POST (1971 en MARANGUNIC, 1979), la definición exacta se complica porque:

- Incluso la acumulación de nieve invernal o estacional muestra propiedades de flujo.
- Pueden existir masas de hielo perenne de dimensiones importantes pero que no evidencian flujo.
- Glaciares anteriormente activos pueden estancarse y cesan de mostrar evidencias de flujo.
- Acumulaciones de hielo perenne alimentado por avalanchas desde glaciares activos colgantes, frecuentemente muestran poco movimiento.

La parte superior del glaciar, la cual presenta un balance de masa anual generalmente positivo, es llamada área de acumulación, mientras que la parte inferior, con un balance anual generalmente negativo, es llamada área de ablación. La línea que divide estas dos áreas es llamada línea de equilibrio ya que en ésta, la ablación es igual a la acumulación. La altura de esta línea se conoce como *Equilibrium Line Altitude* (ELA) y es equivalente a la isolínea hipotética que conecta todos los puntos de un glaciar con balance de masa “cero” (PATERSON, 1994; OERLEMANS, 2001).

4.1 Percepción Remota y Glaciología

El uso de la Percepción Remota (PR) ha venido a constituirse como una fuente de información espacial territorial de primer orden. Desde las primeras cámaras aerotransportadas hasta los potentes sensores hiperespectrales de hoy en día, el uso de la PR ha manifestado un auge espectacular, englobando desde los procesos de adquisición de las imágenes hasta su posterior tratamiento análogo o digital, según sea el caso (CHUVIECO, 2004).

La PR encuentra en el mundo de hoy una infinidad de aplicaciones, entre las que pueden mencionarse: aplicaciones meteorológicas, geológicas, geofísicas, biológicas y glaciológicas. La variedad de las aplicaciones es gracias a que actualmente los sensores son capaces de registrar diferentes regiones del espectro electromagnético (e.g. espectro visible, infrarrojo cercano, medio y lejano). Por otro lado, el uso de esta tecnología en combinación con otras del conjunto de las denominadas tecnologías geoespaciales o geomáticas, como son los Sistemas de Información Geográficos (SIG) y los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), permite mejorar los análisis y resultados obtenidos en glaciología (GAO & LIU. 2001).

La PR necesita de tres elementos básicos: un sensor, un objeto observado y un flujo energético que pone en relación al sensor y el objeto observado. Este flujo energético puede ser reflejado por el objeto observado, emitido por el mismo objeto y emitido-reflejado por el sensor hacia el objeto observado. En el estudio de los hielos, los glaciares pasan a ser el objeto observado por excelencia, los cuales pueden ser estudiados mediante sensores pasivos (donde el sol, como principal fuente de energía provee del flujo energético necesario entre el objeto y el sensor) y sensores activos (los cuales poseen su propia fuente de energía que permite generar el flujo energético entre el objeto y el sensor) (EASTMAN, 2006).

En glaciología, la PR se ha transformado en una útil herramienta puesto que permite abordar en tiempo real, durante todo el año, grandes distancias y llevar estudios de largo plazo sobre grandes superficies de una manera regular y sistemática. Por ejemplo, la información proveniente de sensores remotos utilizada en glaciología se ha expandido y perfeccionado en el conocimiento de los factores y mecanismos que controlan la respuesta del glaciar al cambio climático, debido a que las mediciones puntuales de terreno no son necesariamente representativas del conjunto de las masas de hielo (BARCAZA & ANIYA, 2007).

En un futuro escenario de calentamiento climático, los estudios relativos a dinámicas de glaciares y balances de masa serán importantes tópicos para evaluar anticipadamente cambios en el clima, debido a que los glaciares son considerados indicadores claves del cambio climático (IPCC, 2007), y la PR se suma como una importante fuente de información oportuna de parámetros glaciológicos.

Las aplicaciones glaciológicas de la PR permiten obtener varios parámetros como: mapeo de glaciares, cambios frontales, facies glaciares, línea de neviza, balances de masa a través de cambios de elevación superficiales, dinámicas glaciares como velocidades de flujo de hielo (BARCAZA & ANIYA, 2007) y delimitación de glaciares de roca (Tabla1).

| Aplicaciones | Sensores |
|--|--|
| Cubierta de nieve y hielo | TM; ETM+; AVHRR; SPOT; MODIS |
| Cambios frontales y superficiales | MSS; TM; ETM+; RADARSAT-1, ASTER; IKONOS; QuickBird; Cámara fotogramétrica |
| Facies glaciares | TM; ETM+ |
| Línea de neviza | SEASAT; ERS-1/2; RADARSAT-1 |
| Cambios de volumen / DEMs | SRTM; ASTER; ATM; LIDAR |
| Línea de nieve / Altitud de la línea de equilibrio | MSS; TM; ETM+; SPOT |
| Velocidad del flujo de hielo | TM; ETM+; ASTER; SIR-C; ERS-1/2; RADARSAT-1; ENVISAT |
| Glaciares de roca | IKONOS; QuickBird; Cámara fotogramétrica |

MSS: Multispectral Scanner; TM: Thematic Mapper; ETM+: Enhanced Thematic Mapper Plus; SPOT: Satellite Pour l'Observation de la Terre; MODIS: Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer; AVHRR: Advanced Very High Resolution Radiometer; ASTER: Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer; SRTM: Shuttle Radar Topography Mission; ENVISAT: Environmental Satellite; ERS: European Remote Sensing; SIR: Shuttle Imaging Radar; LIDAR: Laser Imaging Detection and Ranging.

Tabla 1. Síntesis de aplicaciones glaciológicas mediante percepción remota (Modificado de BARCAZA & ANIYA, 2007).

Con respecto a la cubierta de nieve y hielo, La teoría de la clasificación multiespectral de imágenes señala que tanto la nieve como el hielo presentan una alta reflectividad en la región del espectro visible (0,4 μm a 0,7 μm), estos mismos elementos en cambio, presentan una baja reflectividad en el infrarrojo cercano y más claramente en el medio (1,5 μm a 1,8 μm) (XIAO *et al.* 2004; BARCAZA & ANIYA 2007). Esta característica conocida como firma espectral, permite distinguir la nieve y el hielo de otros elementos presentes en la naturaleza (e.g. el agua y la vegetación), ya que cada elemento presenta su propia firma espectral (Figura 2).

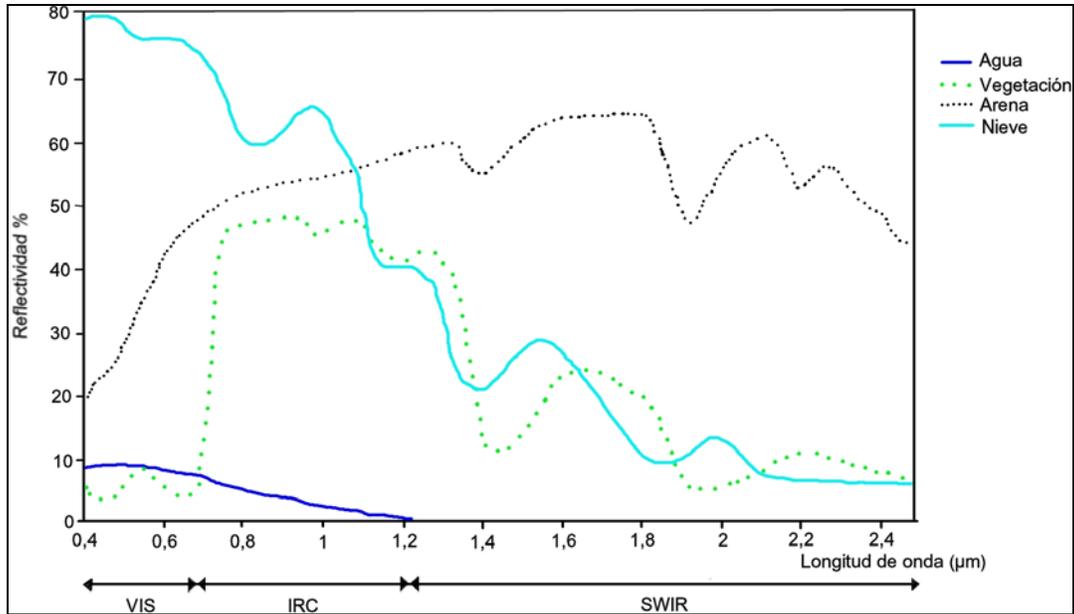


Figura 2. Firmas espectrales típicas para el agua, vegetación, arena y nieve. Datos adquiridos con un espectro-radiómetro GER-2600 (Modificado de CHUVIECO, 2004).

Si bien, la propiedad descrita con anterioridad puede ser efectiva para ciertos glaciares, los diferentes paisajes y tipos de glaciares requieren en algunos casos métodos más específicos debido al contenido de varias mezclas de hielo, nieve, cubierta de detritos y incluso vegetación (RAUP *et al.* 2007). Algunos de estos métodos son indicados en la Tabla 2.

| Método de Clasificación | Terreno apropiado |
|--|---|
| Digitalización manual | cualquiera |
| <i>Band ratio</i> y umbralización | Nieve y hielo glaciar despejados |
| Índice normalizado de la diferencia de nieve | Nieve y hielo glaciar despejados |
| Métodos basados en la Geo-morfometría | Glaciar cubierto de escombros |
| Método de bandas termales | Glaciares despejados o ligeramente cubiertos de escombros |

Tabla 2. Síntesis de los métodos de extracción de los contornos glaciares (RAUP *et al.* 2007).

5.- OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

5.1 Objetivo general

- Inventariar los glaciares descubiertos¹ de la cuenca del río Copiapó, según las normas del *Temporal Technical Secretary of the World Glacier Inventory* (TTS/WGI) y con las recomendaciones del programa *Global Land Ice Measurements from Space* (GLIMS).

5.2 Objetivos específicos

- Determinar las variaciones frontales recientes de algún glaciar del área de estudio.
- Comparar los resultados obtenidos con trabajos anteriores, a modo de cuantificar los posibles cambios en los glaciares.
- Diseñar y completar una base de datos, con todos los parámetros obtenidos para cada glaciar, que sea accesible en forma digital mediante el uso de un Sistema de Información Geográfica (SIG).

¹ El presente inventario está enfocado a los denominados glaciares descubiertos (glaciares con escaso material morrénico en superficie), no incluyéndose a los glaciares rocosos, que serán estudiados por separado.

6.- HIPÓTESIS DE TRABAJO

El inventario de glaciares chilenos entre los 18° y 32° de latitud sur, realizado por GARÍN (1987), indica la existencia de 8 glaciares descubiertos en la cuenca del río Copiapó, los cuales cubrirían una superficie de 23,07 km² hacia el año 1955. Se estima que el actual número y superficie de glaciares descubiertos, glaciaretos y campos de nieve perennes para esta cuenca es inferior a las cifras indicadas, debido al retroceso generalizado de los glaciares producto del cambio climático.

7.- METODOLOGÍA

7.1 Materiales

a) Cartografía base

Se utilizó cartografía regular en escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Militar (IGM), adquirida en formato digital vectorial (curvas de nivel, hidrografía y cotas de altura) (Tabla 3).

| Nombre | Código | Año de edición | Datum | Sectores |
|-------------------------|--------|----------------|---------|--|
| CERRO VIDAL GORMAZ | C-107 | 1983 | PSAD-56 | Nevado de Jotabeche |
| CASERONES | D-7 | 1983 | PSAD-56 | Co. Caserones |
| CERRO DEL POTRO | D-015 | 2006 | WGS-84 | Co. Del Potro, Co. Los Maranceles, Co. La Laguna |
| CERRO TRONQUITOS | D-23 | 1985 | PSAD-56 | Co. Tronquitos, Río Los Cuyanos |
| CERROS DE CANTARITOS | D-22 | 1983 | PSAD-56 | Cerros de Cantaritos, Estero Tronquitos |

Tabla 3. Fuentes cartográficas utilizadas en el presente trabajo.

b) Imágenes satelitales

Las imágenes satelitales utilizadas en el presente trabajo, fueron empleadas para delimitar la superficie de cada glaciar descubierto, glaciarete y campo de nieve perenne. Se utilizaron imágenes del sensor *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer* (ASTER), el cual está montado a bordo del satélite Terra, operado por la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) de los EEUU. Las imágenes ASTER están caracterizadas por poseer una mayor resolución espectral que las tradicionales imágenes multiespectrales, específicamente 14 bandas en el espectro electromagnético (Tabla 4).

| Subsistema | N° de banda | Rango espectral (µm) | Resolución espacial | Niveles de cuantificación |
|------------|-------------|----------------------|---------------------|---------------------------|
| VNIR | 1 | 0.52-0.60 | 15 | 8 bits |
| | 2 | 0.63-0.69 | | |
| | 3N | 0.78-0.86 | | |
| | 3B | 0.78-0.86 | | |
| SWIR | 4 | 1.60-1.70 | 30 | 8 bits |
| | 5 | 2.145-2.185 | | |
| | 6 | 2.185-2.225 | | |
| | 7 | 2.235-2.285 | | |
| | 8 | 2.295-2.365 | | |
| TIR | 9 | 2.360-2.430 | 90 | 12 bits |
| | 10 | 8.125-8.475 | | |
| | 11 | 8.475-8.825 | | |
| | 12 | 8.925-9.275 | | |
| | 13 | 10.25-10.95 | | |
| | 14 | 10.95-11.65 | | |

 Tabla 4. Características de los 3 subsistemas de sensores ASTER (ABRAMS *et al.* 2002).

Las imágenes ASTER fueron adquiridas en su nivel 3 (AST14DMO Orthorectified + DEM) el cual conforma un producto multiarchivo que contiene un *Digital Elevation Model* (DEM) y 15 imágenes (una por banda) ortorectificadas y calibradas radiométricamente. Se desistió de ocupar el DEM generado automáticamente, ya que trabajos previos han demostrado que las pendientes de exposición norte aparecen significativamente acortadas, mientras que las pendientes de exposición sur aparecen más estiradas (KÄÄB, 2002; RIVERA *et al.* 2005).

Para el caso de las variaciones frontales recientes, se utilizaron imágenes *Multispectral Scanner* (MSS) y *Thematic Mapper* (TM), sensores montados en los satélites Landsat 2 y Landsat 5 respectivamente (Tabla 5). Estas imágenes fueron suministradas por *Global Land Cover Facility* (GLCF), ortorectificadas previamente. Adicionalmente, se utilizaron las imágenes ASTER descritas anteriormente.

| Imagen | Fecha | Resolución | Precisión posicional |
|--------|------------|---------------------------------|---------------------------------|
| MSS | 16-03-1976 | 68 x 83 m (Remuestreada a 57 m) | < 100 metros, RMSE ¹ |
| TM | 02-04-1986 | 30 x 30 m | < 50 metros, RMSE ¹ |
| ASTER | 12-03-2002 | 15 x 15 m (Modulo VNIR) | < 25 metros, RMSE ² |
| ASTER | 09-02-2005 | 15 x 15 m (Modulo VNIR) | < 25 metros, RMSE ² |

Tabla 5. Características de las imágenes empleadas para calcular las variaciones frontales.

¹ TUCKER *et al.* 2004

² Jet Propulsion Laboratory

c) Software

Se utilizó software comercial especializado en el manejo y procesamiento de la información espacial (Tabla 6).

| Nombre | Tipo | Versión |
|----------------|---|---------|
| ArcGIS Desktop | Sistema de Información Geografía (SIG) | 9.2 |
| ENVI | Procesador de Imágenes / Percepción Remota (PR) | 4.2 |

Tabla 6. Software utilizado en presente trabajo.

7.2 Métodos

a) Clasificación multiespectral de las imágenes

De un total de 18 imágenes ASTER adquiridas entre los años 2001-2005 (Tabla 7), se optó por elegir las que presentaran una relativamente baja acumulación de nieve y que fueran cercanas al final de la estación de derretimiento, seleccionándose una imagen del año 2002 y dos imágenes del año 2001 (Figura 3).

| Sector | Fecha | Observaciones |
|------------|------------|-----------------------------|
| Jotabeche | 14-02-2001 | Sin nieve / Con nubes |
| Jotabeche | 09-02-2005 | Poca nieve / Sin nubes |
| Jotabeche | 01-02-2002 | Moderada nieve / Sin nubes |
| Jotabeche | 29-01-2001 | Abundante nieve / Sin nubes |
| Caserones | 12-03-2002 | Sin nieve / Sin nubes |
| Caserones | 24-02-2002 | Sin nieve / Sin nubes |
| Caserones | 14-02-2001 | Sin nieve / Con nubes |
| Caserones | 09-02-2005 | Poca nieve / Sin nubes |
| Caserones | 08-02-2002 | Abundante nieve / Sin nubes |
| Caserones | 01-02-2002 | Moderada nieve / Sin nubes |
| Caserones | 29-01-2001 | Poca nieve / Sin nubes |
| Tronquitos | 08-02-2002 | Abundante nieve / Con nubes |
| Tronquitos | 24-02-2002 | Moderada nieve / Sin nubes |
| Tronquitos | 12-03-2002 | Sin nieve / Sin nubes |
| Cantaritos | 14-02-2001 | Poca nieve / Sin nubes |
| Cantaritos | 29-01-2001 | Moderada nieve / Sin nubes |
| Cantaritos | 01-02-2002 | Poca nieve / Sin nubes |
| Cantaritos | 09-02-2005 | Moderada nieve / Sin nubes |

Tabla 7. Imágenes ASTER adquiridas y revisadas

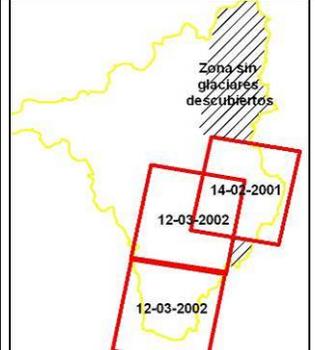
|  | Fecha | Sectores abarcados |
|---|------------|--|
| | 14-02-2001 | Nevado de Jotabeche |
| | 12-03-2002 | Cerro de Caserones |
| | 12-03-2002 | Cerro Del Potro, Cerro Tronquitos y Cerros de Cantaritos |

Figura 3. Diagrama de las imágenes ASTER utilizadas en el área de estudio.

Se utilizaron específicamente las bandas 2 (0.63-0.69 μm) y 4 (1.60-1.70 μm) de las imágenes ASTER. Se aplicó el método de clasificación multiespectral conocido como *band ratio* sobre las bandas 2 y 4, ocupando los Niveles Digitales (ND). Se prefirió utilizar las bandas 2 y 4 en vez de las bandas 3 y 4, ya que el primer método tiene mejores resultados en lugares con sombras profundas, como las que se presentan en el área de estudio (PAUL *et al.* 2002; ANDREASSEN *et al.* 2008). Esta clasificación multiespectral, como muchas otras, permite detectar rápidamente el hielo glaciar descubierto (BARCAZA & ANIYA, 2007; RAUP *et al.* 2007).

Se realizó un análisis de los histogramas de cada *band ratio* efectuado sobre las imágenes ASTER para obtener un umbral, el cual permite separar los píxeles clasificados como hielo/nieve del resto de los píxeles (Figura 4). Adicionalmente, una vez seleccionado el umbral, se procedió a comparar los resultados obtenidos con una combinación en falso color (bandas 5, 4 y 3 como rojo, verde y azul respectivamente) de las mismas imágenes ASTER.

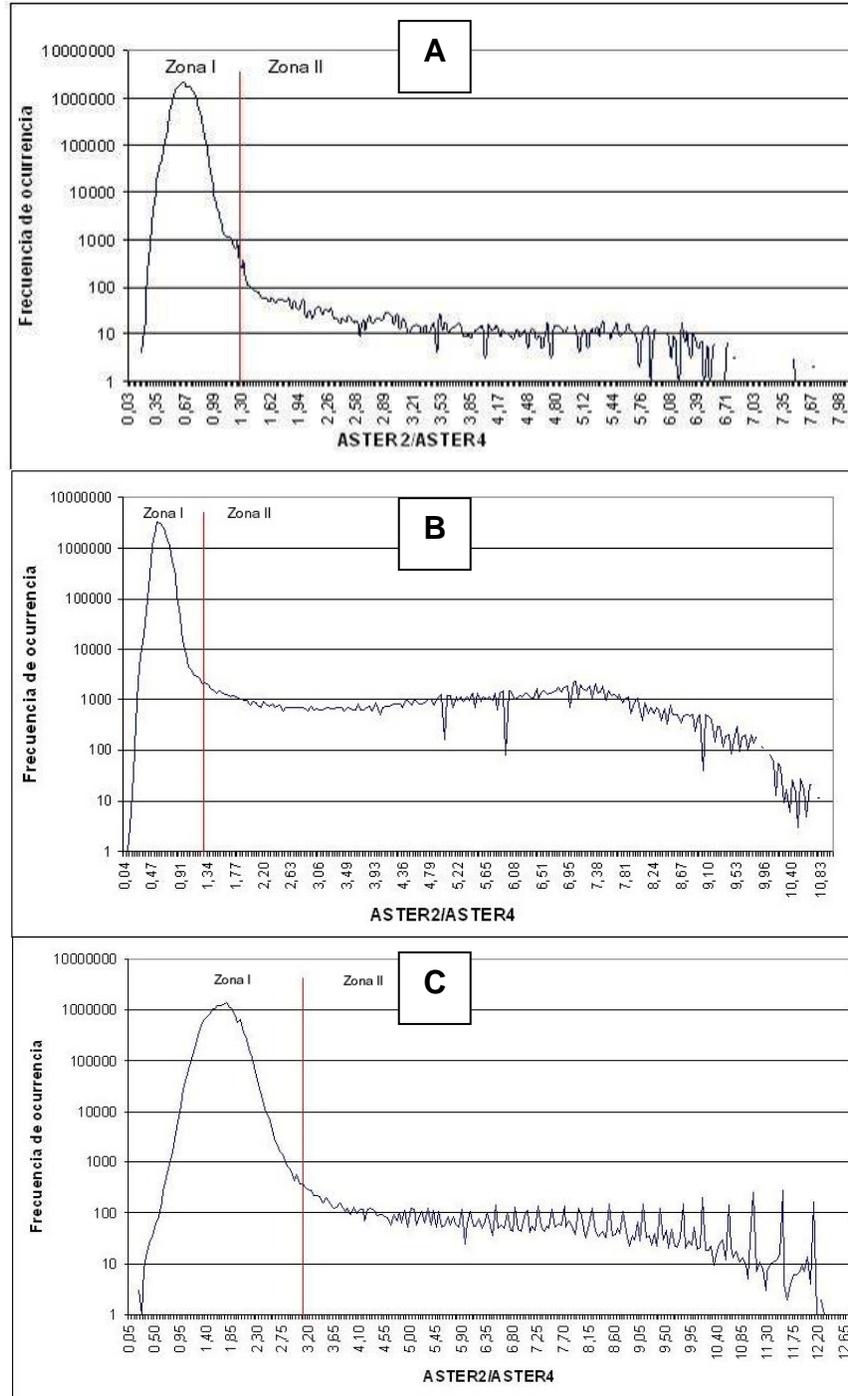


Figura 4. Histogramas de frecuencia en escala logarítmica, donde se muestra la frecuencia de ocurrencia de cada valor de *band ratio* (ASTER2/ASTER4) para las tres imágenes ASTER. La zona I representa los valores que no fueron representados como hielo/nieve, mientras que la zona II representa los valores clasificados como tales. (A) Histograma imagen ASTER sector Caserones. (B) Histograma imagen ASTER sector Tronquitos. (C) Histograma imagen ASTER sector Jotabeche.

Se clasificó como hielo y nieve cuando el valor del *band ratio* fuera $\geq 1,3$ para el caso de las imágenes del 12 de marzo de 2002 y, el valor de $\geq 3,1$ para la imagen del 14 de febrero de 2001 (Figura 4). Esta variación del umbral se debe a que los valores de ND pueden representar distintos niveles de radiancia espectral para una misma cubierta (e.g. hielo), según las condiciones de observación y de iluminación al momento de adquirir la imagen satelital (CHUVIECO, 2002; EASTMAN, 2006).

Los resultados obtenidos se compararon con imágenes de otros años, permitiendo evaluar la persistencia de pequeños glaciaretos y campos de nieve permanentes inferiores a $0,1 \text{ km}^2$ (Figura 5), los cuales son incluidos en el inventario si es que permanecen por lo menos durante dos años consecutivos (MÜLLER *et al.* 1977; RAU *et al.* 2005). Adicionalmente, todos los polígonos generados fueron inspeccionados visualmente. De esta manera, se inventariaron sólo los cuerpos de hielo descubierta y nieve perenne, cuya superficie fuera mayor a $0,01 \text{ km}^2$, quedando excluidos los polígonos con un tamaño inferior a 44 píxeles (i.e. cada píxel ASTER cubre una superficie de 225 m^2).



Figura 5. (A) Fotografía tomada el 02-02-2008 por el autor, durante una campaña de terreno en el sector del cerro Del Potro. (B) Límites de los glaciares digitalizados en el mismo sector del cerro Del Potro mediante la imagen ASTER del 12-03-2002. Adviértase la persistencia temporal de los pequeños campos de nieve perennes.

b) Generación de los *Digital Elevation Models* (DEMs)

Se utilizó cartografía regular digital del Instituto Geográfico Militar (IGM), la cual presenta una escala nominal de 1:50.000 e intervalos de curvas de nivel cada 50 metros. Según la *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing* (ASPRS), la cartografía regular del IGM es clasificada en la clase 1, lo que implica un error estimado de 17 metros en la vertical. Además, la transformación de datum PSAD-56 y el WGS-84 implica un error de ± 5 metros, más el error original de la producción y digitalización de la cartografía (IGM, 2008). Los parámetros utilizados en la transformación de datum, mediante el método de translación geocéntrica, son expuestos en la tabla 8:

| |
|-----------------------------|
| Lat. cercana a los 19° |
| $\Delta X = -270 \text{ m}$ |
| $\Delta Y = 183 \text{ m}$ |
| $\Delta Z = -390 \text{ m}$ |

Tabla 8. Parámetros de transformación PSAD56 – WGS84.

Se seleccionó la información altimétrica de las curvas de nivel y de las cotas de altura presentes en las cartas (información discontinua espacialmente), las cuales sirven para generar la interpolación conocida como *Triangular Irregular Network* (TIN), proceso que es realizado mediante el criterio de triangulación de Delaunay (Figura 6). Todos estos procesos permiten obtener un DEM que coincida especialmente con las imágenes satelitales ASTER.

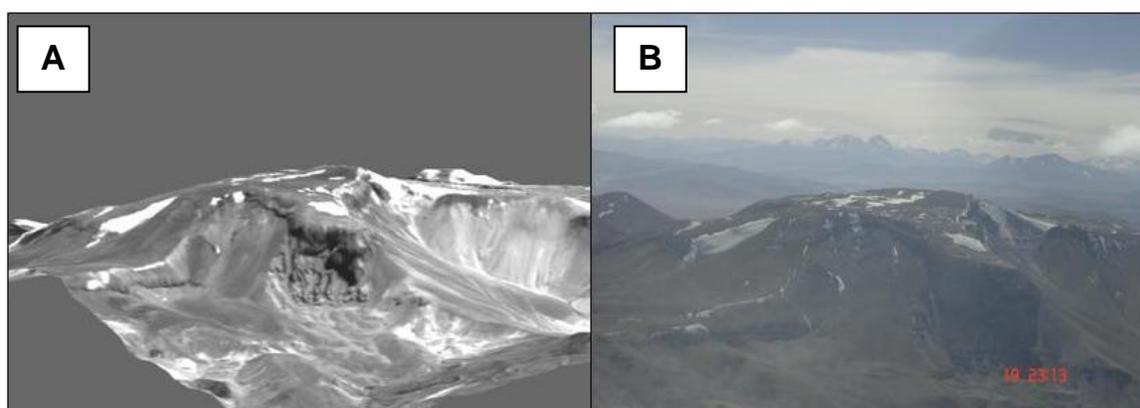


Figura 6. Ejemplo de comparación entre el DEM construido y una fotografía del sector del Nevado de Jotabeche. (A) Banda ASTER 1 sobre el DEM, mirando hacia el NE. (B) Fotografía tomada por Fernando Escobar desde un avión en abril del 2007, mirando hacia el NE.

c) Definición del área de estudio

Para el área de estudio se tomó como base la cuenca del río Copiapó, pero en los sectores orientales fronterizos con la República de Argentina, se respetó el límite internacional² establecido por la Dirección de Fronteras y Límites del Estado (DIFROL). Dicho límite es el que usa la cartografía regular IGM, el cual cuenta con la debida autorización por parte de DIFROL. Por lo tanto, sólo se incluyeron los cuerpos de hielo chilenos que se encuentran total o parcialmente en la cuenca del río Copiapó.

² El Artículo Primero del Tratado de Límites entre la República de Chile y La República Argentina, firmado el 23 de julio de 1881, establece que: “El límite entre Chile y la República Argentina es, de Norte a Sur, hasta el paralelo cincuenta y dos de latitud, la Cordillera de los Andes. La línea fronteriza correrá en esa extensión por las cumbres más elevadas de dicha Cordillera que dividan las aguas y pasará por entre las vertientes que se desprenden a un lado y otro.”.

d) Generación del inventario y cálculo de la variación frontal

Una vez obtenidos los contornos de los glaciares a través de la clasificación multiespectral, éstos son exportados a archivos *Shapefile* de ESRI, los cuales son superpuestos al DEM en el SIG, permitiendo el cálculo de varias variables propias de cada glaciar, así como también, la asignación de nombres, códigos, áreas y ubicación, entre otros parámetros. De esta manera la tabla es completada y unida con los vectores digitalizados de los glaciares correspondientes.

Se calculó el error de la medición del área por glaciar, y se procedió a eliminar los glaciares cuyo error de medición fuera mayor o igual a su área total. Este error se calculó en base a la siguiente ecuación, y asumiendo un error de medio píxel en cada imagen ASTER:

$$E = P \cdot E_p$$

donde

| | |
|----------------|---|
| E | Error de la estimación del área en m ² |
| P | Perímetro de cada glaciar en metros |
| E _p | Error del píxel en metros |

En la estimación de los volúmenes de hielo, se utilizaron los valores propuestos por MARANGUNIC (1979) detallados en la Tabla 9. Estos datos relativos de espesor tienen su fundamento en observaciones y mediciones empíricas derivadas de investigaciones que correlacionan el área del glaciar con el espesor del manto de hielo (VALDIVIA, 1984).

| Área (km ²) | Espesor Medio (m) |
|-------------------------|-------------------|
| 0 - 0,10 | 5 |
| 0,11 - 0,50 | 20 |
| 0,51 - 1,00 | 40 |
| 1,01 - 2,00 | 65 |
| 2,01 - 5,00 | 90 |
| 5,01 - 10,00 | 120 |

Tabla 9. Estimación de espesor según magnitud superficial (MARANGUNIC, 1979).

Para calcular la variación frontal, se ocupó el mismo método del *band ratio* en las imágenes TM y ASTER (para la imagen MSS se recurrió a la digitalización manual de los bordes, debido a la falta de una banda que cubriera el rango del espectro 1.60-1.70 μm). Esta información se ingresa en formato vectorial al SIG, permitiendo medir las distancias promedio obtenidas, entre los límites del frente glaciar que presenta cada imagen. Finalmente, es importante destacar que cada medida es variable, según el grado de precisión posicional obtenida para cada imagen ortorectificada y del tamaño del píxel (Tabla 5).

8.- RESULTADOS

8.1 Inventario

Para la cuenca del río Copiapó se han inventariado un total de 92 glaciares descubiertos, glaciaretos y campos de nieve perennes, con superficies superiores a 0,01 km². De éstos, 28 son glaciares con una superficie superior a 0,10 km² y 64 presentan una superficie entre 0,01 y 0,09 km².

Los 92 glaciares descubiertos, glaciaretos y campos de nieve perennes cubren un área de 23,04 ± 1,40 km². Sin embargo, si se toma en cuenta únicamente los glaciares con una superficie superior a 0,10 km², el área total se reduce a 21,10 km², lo que equivale a un 91% del total. De la superficie inventariada, unos 1,81 km² corresponden a la subcuenca del río Jorquera, 14,37 km² a la subcuenca del río Pulido y 6,86 km² a la subcuenca del río Manflas (Tabla 10).

| Subcuenca | 0,01-0,09 km ² | 0,10-0,99 km ² | 1,00-9,99 km ² | Total |
|-------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------|
| Río | | | | |
| Jorquera | 0,7 | 1,11 | - | 1,81 |
| Río Pulido | 0,88 | 2,54 | 10,95 | 14,37 |
| Río Manflas | 0,36 | 3,72 | 2,78 | 6,86 |
| Total | 1,94 | 7,37 | 13,73 | 23,04 |
| % | 8,42 | 31,98 | 59,59 | 100 |

Tabla 10. Total de la superficie inventariada por rango de tamaño.

En la Tabla 11 se observa que del total inventariado, un 69,56% corresponde a superficies entre 0,01 y 0,09 km² y sólo un 5,43% son superficies superiores a 1,00 km². Esto, comparado con el total de superficie por rango de tamaño, destaca que únicamente un 8,42% de la superficie inventariada está entre los 0,01 y 0,09 km², en comparación con el 59,59% de la superficie total que está entre 1,00 y 9,99 km².

| Subcuenca | 0,01-0,09 km ² | 0,10-0,99 km ² | 1,00-9,99 km ² | Total |
|-------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------|
| Río | | | | |
| Jorquera | 24 | 5 | - | 29 |
| Río Pulido | 31 | 9 | 4 | 44 |
| Río Manflas | 9 | 9 | 1 | 19 |
| Total | 64 | 23 | 5 | 92 |
| % | 69,56 | 25 | 5,43 | 100 |

Tabla 11. Número de glaciares descubiertos, glaciaretos y campos de nieve perennes, por subcuencas y rangos de tamaño.

El rango de tamaño más significativo en cuanto a su aporte a la superficie total está entre los 1,00 y 9,99 km². Son un total de 5 glaciares los cuales están sobre los 1,00 km², destacando el glaciar del C° Del Potro localizado en los 28°23'S y 69°36'W, con una superficie de 4,88 km², lo que lo convierte en uno de los glaciares más grandes del norte de Chile.

Debido a las condiciones de altitud y azimut solar propias del hemisferio sur, la mayor parte de los glaciares, glaciaretos y campos de nieve perenne se encuentran orientados entre el SE y el SW, representando en su conjunto un 68% del total del inventario (Figura 7).

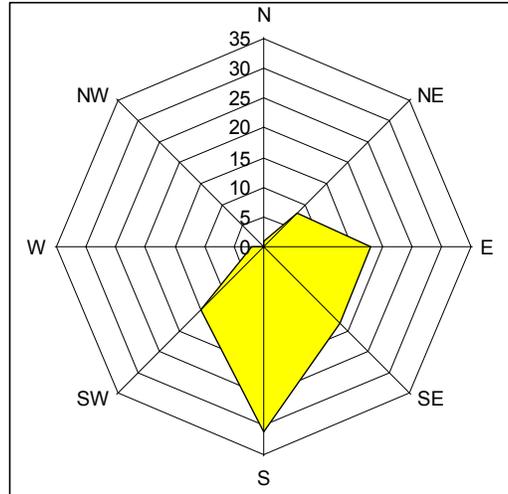


Figura 7. Gráfico radial que muestra la orientación de los cuerpos inventariados según los 8 puntos cardinales.

El promedio de las alturas máximas de los 92 cuerpos inventariados es de 5380 m, mientras que el promedio de las alturas mínimas es de 5220 m. La mayor cota englaciada esta situada a los 5755 m en el glaciar Del Potro, mientras que la menor cota englaciada esta situada a los 4675 m en un pequeño campo de nieve perenne (RC10341/29).

El volumen de los glaciares, glaciaretos y campos de nieve perennes inventariados para la cuenca del Copiapó es de 1,42 km³, suponiendo que la densidad media del hielo es de 0,8 g/cm³, las reservas de agua líquida en estado sólido corresponden a 1,13 km³.

Para obtener detalles más específicos sobre un glaciar, revisar el anexo 12.1 (Datos por glaciar) y el anexo 12.2 (Cartografía).

8.2 Variaciones frontales recientes

Los primeros estudios o descripciones de variaciones glaciares para el norte de Chile son los trabajos de LLIBOUTRY (1956) y LLIBOUTRY *et al.* (1958). Identificando unos cinco o seis glaciares en un estado estacionario, ubicados sobre la falda NE de los Nevados Tres Cruces entre los años 1937 y 1956, sector cercano a la cuenca del Copiapó. Posteriormente, el único glaciar estudiado en esta cuenca, en términos de sus variaciones frontales y superficiales, corresponde al glaciar Tronquitos (28°32'S/69°43'W) con una orientación SW, abarcando desde los 5642 m hasta los 4850 m para el año 1996 (ACUÑA, 2001) (Tabla 12).

| Periodo | Retroceso Frontal (m) | Tasa de retroceso (m a ⁻¹) | Cambio total de área (km ²) | Tasa de pérdida de superficie (%) |
|-----------|-----------------------|--|---|-----------------------------------|
| 1955-1984 | -420 | -14 | -0,52 | -11,4 |
| 1984-1996 | -279 | -23 | | |
| 1955-1996 | -699 | -17 | | |

Tabla 12. Variaciones recientes del glaciar Tronquitos (ACUÑA, 2001; RIVERA *et al.* 2002).

Para el glaciar Del Potro se consideró un período de tiempo de 29 años, en donde se grafican las variaciones sufridas por este glaciar en su frente, el cual tiene una exposición N. El mayor retroceso ocurre en el último período contemplado, en comparación con la baja variación anual del período intermedio (Tabla 13, Figuras 8 y 9). Además, la variación altitudinal entre los años 1976-2005 es de aproximadamente 45, ya que para el año 1976 el frente estaba situado a una altura de 5050 m, y para el año 2005 habría ascendido hacia los 5095 m.

| Período | Cambio de distancia frontal (m) | Variación promedio anual (m a ⁻¹) | Imagen |
|-----------|---------------------------------|---|------------|
| 1976-1986 | -57 | -5,7 | MSS; TM |
| 1986-2002 | -25 | -1,5 | TM; ASTER |
| 2002-2005 | -46 | -15,3 | ASTER |
| 1976-2005 | -128 | -4,4 | MSS; ASTER |

Tabla 13. Variaciones frontales del glaciar Del Potro.

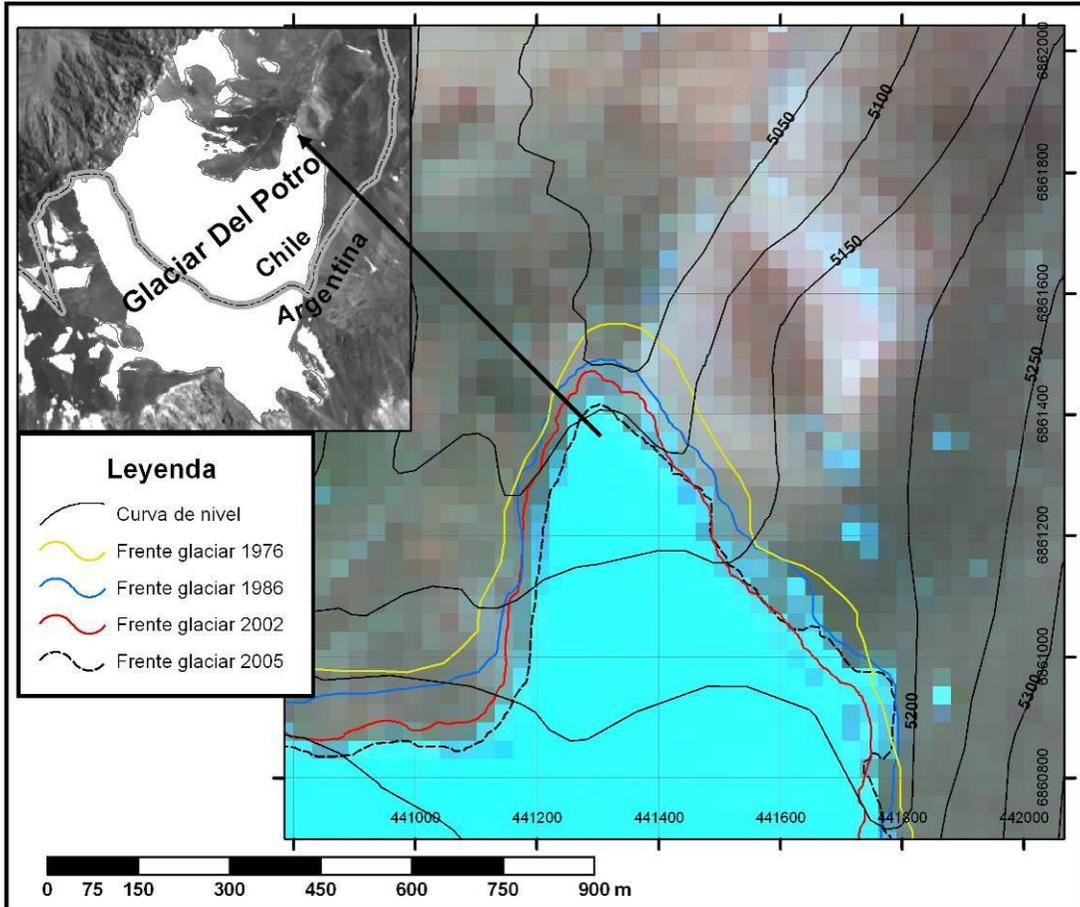


Figura 8. Variaciones del glaciar Del Potro 1976-2005.



Figura 9. Vista del frente N del glaciar Del Potro. Fotografía tomada el 02-02-2008 por el autor.

9.- DISCUSIÓN

9.1 Comparación con trabajos previos

Los resultados del inventario son comparados con el único inventario previo disponible de la cuenca, el cual abarca entre los 18° y 32° de latitud sur (GARÍN, 1987). Este inventario fue realizado con fotografías aéreas verticales Hycon del año 1955 y Aero Service del año 1961. Así, para la cuenca del río Copiapó se identificaron 8 glaciares cuya superficie global se estimó en 23,07 km² hacia el año 1955 (año de las fotografías con las que fue confeccionado el sector del Copiapó).

Las cifras de ambos inventarios son bastantes dispares: 92 cuerpos inventariados en el presente trabajo, versus 8 cuerpos en el inventario previo. En cuanto a los valores de superficie, el presente inventario indica una superficie de 23,04 ± 1,40 km² hacia el año 2002, mientras que el inventario previo indica una superficie de 23,07 km² para el año 1955, lo que implicaría un pérdida de tan solo 0,03 km² entre los años 1955 y 2002.

Teniendo en cuenta la globalidad del presente inventario (debido a la gran superficie abarcada por la imágenes satelitales y su homogeneidad de análisis), en comparación a la relativa puntualidad con la que fue realizado el inventario previo (i.e. menor superficie abarcada por las fotografías aéreas), la comparación es realizada entre los 8 glaciares inventariados previamente y los mismos glaciares inventariados hacia el año 2002 mediante imágenes satelitales ASTER (Tabla 14).

| Nombre del glaciar (GARÍN, 1987) | Nuevo código del glaciar | Área 1955 (km ²) | Área 2002 (km ²) | Altura mínima 1955 (m) | Altura mínima 2002 (m) |
|----------------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------|------------------------|
| QUEBRADA SECA 5400 | - | 0,85 | - | 5100 | - |
| CERRO QUEBRADA SECA | - | 0,63 | - | 4675 | - |
| CERRO DEL POTRO | RC10341/12 | 1,9 | 4,88 | 5525 | 5050 |
| CERRO MARANCEL | RC10341/18 | 4,36 | 2,65 | 5506 | 5140 |
| CERRO MARANCEL | RC10341/23 | 3,13 | 2,32 | 5506 | 4860 |
| CERRO LOS TRONQUITOS | RC10342/2 | 1,5 | 0,68 | 5325 | 5060 |
| CERRO LOS TRONQUITOS | RC10342/3 | 8,8 | 2,78 | 5200 | 4820 |
| CERRO LOS TRONQUITOS | RC10342/6 | 1,9 | 0,98 | 5150 | 5095 |

Tabla 14. Comparación entre los inventarios

La muestra de 8 glaciares comparados entre 1955 y el 2002 indica principalmente que: hacia el año 2002 habrían desaparecido 2 glaciares inventariados, que el glaciar Del Potro aumenta su área en 2,98 km² y que el glaciar Tronquitos disminuye su área en 6 km². Un análisis más acucioso de los procedimientos metodológicos del inventario previo, sugieren que los errores en la delimitación manual de los glaciares y el uso de fotografías aéreas sin ningún proceso de rectificación (e.g. distorsiones producidas por el lente biconvexo, orografía y posibles errores en el revelado de la película fotográfica) pueden implicar una gran imprecisión en la determinación de las áreas reales de los glaciares, por lo que el

error en la delimitación del inventario previo se estima muy elevada y la comparación con el presente inventario resulta poco significativa, en términos de cuantificación de superficies ganadas o perdidas.

9.2 Incertidumbre en la estimación del área inventariada

El área total inventariada, depende en gran medida del grado de generalización de los límites elegidos por el operador y de lo que puede ser considerado cuerpos de nieve/hielo perennes de lo que puede ser considerado temporal, debido a que ciertos años pueden haber nevadas excepcionales, generando principalmente campos de nieve que pueden demorar años en desaparecer. Por lo tanto, se genera cierta incertidumbre en relación a la variabilidad decadal de los cuerpos de hielo/nieve más pequeños inventariados ($<0,1 \text{ km}^2$), no así de los cuerpos glaciares con superficies más significativas.

10.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados finales muestran una cantidad de cuerpos inventariados superior a la determinada por GARÍN (1987), esto refleja la mayor cobertura que presentan las imágenes satelitales, y la mejor precisión de los métodos de clasificación multiespectrales. De esta forma, la clasificación multiespectral se presenta como una manera robusta, rápida y precisa para identificar grandes, dispersas y diversas cantidades de hielo descubierto. La intervención en los procesos es mínima y sólo se requiere de la corrección manual en casos muy puntuales.

El uso de la percepción remota en áreas donde la observación y medición en terreno es difícil, debido a condiciones como la gran altura, las malas condiciones del tiempo y los elevados costos del trabajo en terreno, son problemas que se pueden subsanar mediante estas técnicas, aunque no desplazan del todo al trabajo en terreno, el cual puede servir para comparar la validez de los métodos utilizados. Además, se requiere el uso de otras técnicas para inventariar la totalidad de los glaciares rocosos de la cuenca, los que no fueron incluidos en el presente trabajo.

Uno de los principales problemas del inventario fue el de definir las zonas de acumulación y ablación de los glaciares, debido a que no siempre son claramente detectables, sobre todo en los glaciaretos y campos de nieve perennes. Además, se estima que para gran parte de los cuerpos inventariados durante el período estival, toda su superficie correspondería a su área de ablación, mientras que en la estación pluvial toda su superficie correspondería a su área de acumulación. Por estos motivos, es que se desistió de completar este parámetro del inventario.

Una situación paradójica se puede producir en el sector, la cual consiste en que a pesar de que los glaciares pueden estar retrocediendo y, por lo tanto, disminuyendo su superficie, la cantidad numérica de los cuerpos se puede estar manteniendo constante o incluso aumentando, debido a la disgregación de los cuerpos en unidades menores, hecho observado preliminarmente en el glaciar Del Potro. Por lo tanto, la superficie total inventariada es una variable más confiable que la cantidad numérica de glaciares, ya que un posible aumento de los glaciares por disgregación puede suscitar confusiones.

Desarrollar más estudios sobre variaciones recientes en la zona, combinando las imágenes satelitales más recientes con las fotografías aéreas más antiguas disponibles para el sector (Vuelo Hycon). Precisando y mejorando las variaciones de los glaciares en esta cuenca ubicada en el límite sur de la diagonal árida de los Andes.

La zona presenta interesantes condiciones para las investigaciones glaciológicas, climáticas y paleoclimáticas. Cabe destacar, que el glaciar Del Potro ostenta condiciones únicas por su magnitud y accesibilidad (camino de fácil acceso), el cual podría ser considerado en mediciones de espesor y en la obtención de testigos de hielo en futuras investigaciones, ya que preliminarmente presenta

mejores condiciones de extraer testigos de hielo más profundos, incluso más que los obtenidos en el glaciar del cerro Tapado, ubicado en la cuenca del río Elqui.

Mejorar la clasificación de glaciares del WGI, mediante la incorporación de rangos más específicos para cuerpos de hielo más pequeños, como son los glaciaretos y campos de nieve perenne, ya que estos presentan diversas características que las normas del WGI no logran reflejar con fidelidad.

11.- BIBLIOGRAFÍA

ABRAMS, M., S. HOOK, & B. RAMACHANDRAN. 2002. ASTER user handbook. Version 2. Jet Propulsion Laboratory / California Institute of Technology, 135 pp.

ACUÑA, C. 2001. Variaciones Recientes de los Glaciares entre 28° y 41° de Latitud Sur y su Relación con Cambios Climáticos. Memoria de Título, Departamento de Geografía, Universidad de Chile, Santiago, 90 pp.

ANDREASSEN, L., F. PAUL, A. KÄÄB, and J. HAUSBERG. 2008. The new Landsat-derived glacier inventory for Jotunheimen, Norway, and deduced glacier changes since the 1930s. *The Cryosphere Discuss.*, 2, 299-339.

BARCAZA, G. & ANIYA, M. 2007. Applications of remote sensing to glacier studies. *SEPPYO* 69 (2): 201-220.

BENN, D. & EVANS, D. 1998. *Glaciers and Glaciation*. Arnold, London, 734 pp.

BÓRQUEZ, R., LARRAÍN, S., POLANCO, R., URQUIDI, J. 2006. Glaciares chilenos: reservas estratégicas de agua dulce para la sociedad, los ecosistemas y la economía. LOM Ediciones, Santiago de Chile, 125 pp.

BOWN, F., A. RIVERA & C. ACUÑA. 2008. Recent glaciers variations at the Aconcagua basin, central Chilean Andes. *Annals of Glaciology*, 48, 43-48.

BRÜGGEN, J. 1928. La glaciación actual y cuaternaria de la cordillera de los Andes. *Anales de la Universidad de Chile*, tercer trimestre. 601-684.

CARRASCO, J., CASASSA, G. & QUINTANA, J. 2005. Changes of the 0°C isotherm and the equilibrium line altitude in central Chile during the last quarter of the 20th century. *Hydrological Sciences Journal*, 50(6), 933-948.

CASASSA, G., SMITH, K., RIVERA, A., ARAOS, J., SCHNIRCH, M., DCHNEIDER, C. 2002. Inventory of glaciers in isla Riesco, Patagonia, Chile, based on aerial photography and satellite imagery. *Annals of Glaciology*, 34:373-378.

CAVIEDES, J. 1979. Inventario de Glaciares en la Hoya del río Cachapoal y Predicción de la Escorrentía del Deshielo. Andes Centrales. Universidad de Chile, Departamento de Geología, 216 pp.

CHUVIECO, E. 2002. Teledetección ambiental: La observación de la Tierra desde el espacio. Ariel Ciencia, España, 586 pp.

CONAMA. 2006. Estudio de la variabilidad climática en Chile para el siglo XXI. Informe final. Realizado por el Departamento de Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. 63 pp.

EASTMAN, R. 2006. Idrisi Andes guide to GIS and image processing. Worcester, USA. Clark University, 328 pp.

GAO, J. & LIU, Y. 2001. Applications of remote sensing, Gis and GPS in glaciology: a review. *Progress in Physical Geography*, *Progress in Physical Geography*, 25: 520–540.

GARÍN, C. 1987. Inventario de Glaciares de los Andes Chilenos desde los 18° a los 32° de latitud sur. *Revista de Geografía Norte Grande*, 14: 35-48.

GWP. 2000. Manejo integrado de los recursos hídricos. Technical Advisory Comité (TAC), Background papers N°4, Global Water Partnership, Suecia, 76 pp.

GINOT, P., M. SCHWIKOWSKI, N. GAGGELER, U. SCHOTTERER, C. KULL, M. FUNK, A. RIVERA, F. STAMPFLI & W. STICHLER. 2002. First results of a paleoatmospheric chemistry and climate study of Cerro Tapado glacier, Chile. In CASASSA, G., F. SEPÚLVEDA & R. SINCLAIR (Eds.), *The Patagonian Icefields. A unique natural laboratory for environmental and climate change studies*, Series of the Centro de Estudios Científicos, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 157-167.

IGM. 2008. Nuevo marco de referencia geodésico, RGN SIRGAS – Chile. Santiago, 62 pp.

IPCC. 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, Contribution of working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental panel on Climate Change. Houlton, J.Y., Ding, D., Griggs, M., Noguer, P., Van der Linden, X., Dai, K. Maskell & C. Johnson (eds.) Cambridge, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA, 881 pp.

IPCC. 2007. *Climate Change 2007: Synthesis Report*, Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.

KÄÄB, A. 2002. Monitoring high-mountain terrain deformation from repeated air- and spaceborne optical data: examples using digital aerial imagery and ASTER data. *ISPRS j. Photogramm. Rem. Sens.*, 57: 39-52.

KHALSA, S.J.S., DYURGEROV, M., KHROMOVA, T., RAUP, B. & BARRY, R. 2004. Space-based mapping of glacier changes using ASTER and GIS tools. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 42: 2177-2182.

Laboratorio de Glaciología. 2008. Inventario de glaciares de Chile. Página de Glaciología de Andrés Rivera del CECS y la Universidad de Chile, Web <www.glaciologia.cl> revisada en junio de 2008.

- LLIBOUTRY, L. 1956. Nieves y Glaciares de Chile. Fundamentos de Glaciología. Ediciones de la Universidad de Chile, Santiago, 471 pp.
- LLIBOUTRY, L., GONZALEZ, O. & SIMKEN, J. 1958. Les Glaciers du Desert Chilien. En: Extrait des Comptes Rendus et Rapports. Assemblée Generale de Toronto, Tome IV: 291-300.
- MARANGUNIC, C. 1979. Inventario de Glaciares. Hoya del río Maipo. Dirección General de Aguas, Publicación V.1, Santiago, 65 pp.
- MÜLLER, F., CAFLISCH, T., AND MÜLLER, G. 1977. Instructions for a compilation and assemblage of data for a World Glacier Inventory. Temporal Technical Secretariat for the World Glacier Inventory (TTS/WGI), Zürich, 28 pp.
- NOVEROY, C. 1987. Inventario de Glaciares de la hoya del río Mataquito. Dirección general de Aguas, Publicación Interna, Santiago, 38 pp.
- OERLEMANS, J., 2001. Glaciers and Climate Change. Wilco, Amsterdam, 148 pp.
- PATERSON, W. 1994. "The Physics of Glaciers". 2nd Edition. Pergamon Press. Oxford, New Cork, Seoul y Tokio, 385 pp.
- PAUL, F., KÄÄB, A., MAISCH, M., KELLENBERGER, T. and HAEBERLI, W. 2002. The new remote sensing derived Swiss glacier inventory: I. Methods. Ann.Glaciol., 34, 355-361.
- PEÑA, H. y ESCOBAR, F. 1987. "Análisis del Aluvión de Mayo de 1985 del Río Manflas: Cuenca del Río Copiapó". Publicación Interna 87/3. Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Santiago, 14 pp.
- RAU, F., MAUZ, F., VOGT, S., KHALSA, S.J.S., and RAUP, B. 2005. Illustrated GLIMS glacier classification manual. Glacier classification guidance for the GLIMS inventory. NSIDC: 36 pp.
- RAUP, B., KÄÄB, A., KARGEL, J., BISHOP, M., HAMILTON, G., LEE, E., PAUL, F., RAU, F., SOLTESZ, D., KHALSA, S.J.S., BEEDLE, M., HELM, C. 2007. Remote sensing and GIS technology in the Global Land Ice Measurements from Space (GLIMS) Project. Computers & Geosciences, 33: 104-125.
- RISOPATRÓN, L. 1924. Diccionario Geográfico de Chile. Imprenta Universitaria, Santiago, 958 pp.
- RIVERA, A. 1989. Inventario de Glaciares entre las cuencas de los ríos Bio Bio y Petrohué. Su relación con el volcanismo activo: Caso Volcán Lonquimay. Memoria de Título, Departamento de Geografía, Universidad de Chile, Santiago, 197 pp.

RIVERA, A., CASASSA, G., ACUÑA, C. & LANGE, H. 2000. Variaciones recientes de glaciares en Chile. *Revista Investigaciones Geográficas*, 34: 25-52.

RIVERA, A., ACUÑA, C., CASASSA, G. and BOWN, F. (2002): Use of remote sensing and field data to estimate the contribution of Chilean glaciers to the sea level rise. *Annals of Glaciology*, 34: 367-372.

RIVERA, A., CASASSA, G., BGAMBER, J., KÄÄB, A. 2005. Ice-elevation changes of Glaciar Chico, southern Patagonia, using ASTER DEMs, aerial photographs and GPS data. *Journal of Glaciology*, 51: 105-112.

TUCKER, C., GRANT, D., and DYKSTRA, J. 2004. NASA's Global Orthorectified Landsat Data Set. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol.70, No.3, 313-322.

VALDIVIA, P. 1984. Inventario de Glaciares, Andes de Chile Central (32°-35° Lat. S). Hoyas de los ríos Aconcagua, Maipo, Cachapoal y Tinguiririca. EN: *Jornadas de Hidrología de Nieves y Hielos en América del Sur*. Programa Hidrológico Internacional, Santiago de Chile, 24 pp.

XIAO, X., ZHANG, Q., BOLES, S., RAWLINS, M. and MOORE, B. 2004. Mapping snow cover in the pan-Arctic zone, using multi-year (1998-2001) images from optical VEGETATION sensor. *International Journal of Remote Sensing*, 24: 5731-5744.

ZENTENO, P., A. RIVERA & GARCIA, R. 2004. Glacier inventory of the Itata basin derived from satellite imagery: historical trends and recent variations at nevados de Chillán volcano (36°56'S - 71°20'W). VIII Congreso Internacional de Ciencias de la Tierra, Santiago, Chile, Octubre.

12.- ANEXOS

12.1 Datos por Glaciar

Los datos para cada glaciar se presentan ordenados por filas, mientras que las columnas representan los campos completados para cada glaciar. Estos resultados se presentan en 5 tarjetas. Los significados de cada campo son los siguientes:

| CAMPO | DESCRIPCIÓN |
|------------|--|
| COD_GLA | Código del Glaciar |
| NOMBRE | Nombre del Glaciar |
| LATITUD | Coordenadas geográficas |
| LONGITUD | Coordenadas geográficas |
| HUSO | Zona cartográfica en la que se encuentra el glaciar |
| ESTE | Coordenada UTM Este |
| NORTE | Coordenada UTM Norte |
| N_CUEN | Nº de cuencas de drenaje que posee el glaciar |
| N_EST_IND | Nº de Estados independientes (países) en los que se encuentra el glaciar |
| MAPIGM_EMP | Cartografía IGM que se utilizó para su digitalización |
| ESCALA_MAP | Escala del mapa empleado en la digitalización |
| AÑO_MAPA | Año del mapa empleado en la digitalización |
| FOTO_VUELO | Vuelo de las fotografías aéreas (nombre, características) |
| AÑO_FOTO | Año de las fotografías empleadas |
| AREA_TOTAL | Área total del glaciar |
| TOTAL_EST | Área total del glaciar en Chile |
| AREA_EXP | Área expuesta del glaciar |
| AREA_CUB | Área cubierta del glaciar |
| AREA_ABLAC | Área de ablación del glaciar |
| ANCHO_PROM | Ancho promedio del glaciar |
| LARGO_PROM | Largo promedio del glaciar |
| LMAXTOTAL | Largo máximo total del glaciar |
| L_MAX_EXP | Largo máximo expuesto del glaciar |
| ORIENTA | Orientación principal del glaciar |
| HMAX | Altitud máxima del glaciar |
| HMEDIA | Altitud media del glaciar |
| HMINTOTAL | Altitud mínima total |
| HMINEXP | Altitud mínima de área expuesta |
| CLASIFICA | Clasificación del glaciar según normas de UNESCO (WGI) |
| ESP_MED | Espesor medio del glaciar |

* Los datos sin información aparecen como S/I

Para más información sobre el significado de cada campo se recomienda revisar los siguientes documentos: MÜLLER *et al.* 1977; MARANGUNIC, 1979 y RIVERA, 1989.

TARJETA 1

| COD_GLA | NOMBRE | LATITUD | LONGITUD | HUSO | ESTE | NORTE |
|------------|-----------------|------------------|------------------|------|--------|---------|
| RC10340/1 | | 27° 42' 34,11" S | 69° 14' 47,70" W | 19S | 475691 | 6934956 |
| RC10340/10 | | 27° 40' 45,99" S | 69° 12' 48,02" W | 19S | 478962 | 6938289 |
| RC10340/11 | | 27° 40' 45,23" S | 69° 12' 39,69" W | 19S | 479190 | 6938312 |
| RC10340/12 | Jotabeche 2 | 27° 41' 59,53" S | 69° 12' 32,11" W | 19S | 479402 | 6936026 |
| RC10340/13 | | 27° 41' 46,28" S | 69° 12' 49,22" W | 19S | 478933 | 6936433 |
| RC10340/14 | | 27° 41' 32,40" S | 69° 12' 48,38" W | 19S | 478955 | 6936861 |
| RC10340/15 | | 27° 41' 34,81" S | 69° 12' 39,67" W | 19S | 479193 | 6936787 |
| RC10340/16 | | 27° 41' 1,05" S | 69° 12' 26,76" W | 19S | 479545 | 6937826 |
| RC10340/17 | | 27° 41' 45,28" S | 69° 12' 18,28" W | 19S | 479780 | 6936466 |
| RC10340/18 | Jotabeche 3 | 27° 41' 22,54" S | 69° 12' 5,88" W | 19S | 480118 | 6937166 |
| RC10340/19 | | 27° 41' 6,18" S | 69° 11' 56,01" W | 19S | 480388 | 6937670 |
| RC10340/2 | Jotabeche 1 | 27° 41' 46,31" S | 69° 14' 15,28" W | 19S | 476575 | 6936428 |
| RC10340/21 | Jotabeche 4 | 27° 42' 29,02" S | 69° 11' 47,92" W | 19S | 480614 | 6935121 |
| RC10340/22 | | 27° 42' 5,51" S | 69° 11' 51,41" W | 19S | 480517 | 6935844 |
| RC10340/23 | | 27° 41' 57,05" S | 69° 11' 28,16" W | 19S | 481153 | 6936106 |
| RC10340/24 | Jotabeche 5 | 27° 41' 45,97" S | 69° 11' 10,61" W | 19S | 481633 | 6936447 |
| RC10340/25 | | 27° 42' 19,95" S | 69° 9' 57,22" W | 19S | 483645 | 6935405 |
| RC10340/26 | | 28° 11' 30,80" S | 69° 29' 35,65" W | 19S | 451590 | 6881442 |
| RC10340/27 | | 28° 11' 12,52" S | 69° 29' 28,71" W | 19S | 451776 | 6882006 |
| RC10340/28 | | 28° 9' 41,17" S | 69° 28' 47,51" W | 19S | 452889 | 6884821 |
| RC10340/29 | | 28° 9' 6,89" S | 69° 29' 45,83" W | 19S | 451294 | 6885870 |
| RC10340/3 | | 27° 41' 30,90" S | 69° 14' 17,06" W | 19S | 476526 | 6936902 |
| RC10340/4 | | 27° 41' 45,47" S | 69° 13' 37,25" W | 19S | 477617 | 6936456 |
| RC10340/5 | | 27° 41' 41,26" S | 69° 13' 26,42" W | 19S | 477913 | 6936586 |
| RC10340/6 | | 27° 41' 51,20" S | 69° 13' 23,41" W | 19S | 477997 | 6936280 |
| RC10340/7 | | 27° 42' 27,53" S | 69° 13' 27,67" W | 19S | 477882 | 6935162 |
| RC10340/8 | | 27° 42' 12,84" S | 69° 13' 21,68" W | 19S | 478045 | 6935615 |
| RC10340/9 | | 27° 41' 10,69" S | 69° 13' 1,39" W | 19S | 478597 | 6937528 |
| RC1034020 | | 27° 41' 38,63" S | 69° 11' 57,50" W | 19S | 480349 | 6936671 |
| RC10341/1 | | 28° 9' 55,48" S | 69° 29' 43,04" W | 19S | 451376 | 6884375 |
| RC10341/10 | | 28° 22' 13,98" S | 69° 36' 30,41" W | 19S | 440381 | 6861598 |
| RC10341/11 | | 28° 22' 20,32" S | 69° 36' 27,89" W | 19S | 440451 | 6861404 |
| RC10341/12 | Del Potro | 28° 23' 14,18" S | 69° 36' 37,19" W | 19S | 440206 | 6859745 |
| RC10341/14 | | 28° 23' 15,15" S | 69° 38' 40,74" W | 19S | 436844 | 6859697 |
| RC10341/15 | | 28° 22' 51,71" S | 69° 39' 20,12" W | 19S | 435768 | 6860413 |
| RC10341/16 | | 28° 24' 11,10" S | 69° 39' 0,75" W | 19S | 436309 | 6857973 |
| RC10341/17 | | 28° 24' 2,59" S | 69° 39' 48,86" W | 19S | 434998 | 6858228 |
| RC10341/18 | Maranceles Este | 28° 25' 39,72" S | 69° 38' 59,27" W | 19S | 436364 | 6855246 |
| RC10341/19 | | 28° 24' 51,88" S | 69° 40' 8,72" W | 19S | 434466 | 6856708 |
| RC10341/2 | Caserones | 28° 10' 8,66" S | 69° 29' 42,27" W | 19S | 451399 | 6883969 |
| RC10341/20 | | 28° 25' 7,28" S | 69° 39' 43,79" W | 19S | 435147 | 6856238 |
| RC10341/21 | | 28° 25' 26,63" S | 69° 39' 44,28" W | 19S | 435137 | 6855642 |
| RC10341/22 | | 28° 25' 37,10" S | 69° 39' 54,83" W | 19S | 434852 | 6855318 |
| RC10341/23 | Maranceles | 28° 25' 25,22" S | 69° 40' 53,05" W | 19S | 433266 | 6855675 |
| RC10341/24 | | 28° 25' 17,31" S | 69° 42' 32,33" W | 19S | 430563 | 6855903 |

TARJETA 1

| COD_GLA | NOMBRE | LATITUD | LONGITUD | HUSO | ESTE | NORTE |
|------------|------------------|------------------|------------------|------|--------|---------|
| RC10341/25 | | 28° 25' 25,72" S | 69° 42' 45,91" W | 19S | 430195 | 6855642 |
| RC10341/26 | | 28° 25' 30,08" S | 69° 43' 16,17" W | 19S | 429373 | 6855503 |
| RC10341/27 | | 28° 25' 52,99" S | 69° 43' 19,50" W | 19S | 429287 | 6854797 |
| RC10341/28 | | 28° 25' 33,29" S | 69° 43' 48,03" W | 19S | 428507 | 6855399 |
| RC10341/29 | | 28° 25' 43,32" S | 69° 44' 0,56" W | 19S | 428168 | 6855088 |
| RC10341/3 | | 28° 12' 11,60" S | 69° 30' 0,29" W | 19S | 450923 | 6880184 |
| RC10341/30 | Colorado | 28° 26' 55,20" S | 69° 41' 4,58" W | 19S | 432968 | 6852904 |
| RC10341/31 | | 28° 28' 27,89" S | 69° 41' 9,14" W | 19S | 432860 | 6850051 |
| RC10341/32 | Mongotes | 28° 31' 39,38" S | 69° 39' 56,36" W | 19S | 434872 | 6844169 |
| RC10341/33 | | 28° 31' 20,11" S | 69° 40' 1,02" W | 19S | 434742 | 6844761 |
| RC10341/34 | | 28° 34' 40,52" S | 69° 40' 59,62" W | 19S | 433184 | 6838585 |
| RC10341/35 | | 28° 34' 54,71" S | 69° 41' 10,42" W | 19S | 432893 | 6838147 |
| RC10341/36 | | 28° 35' 10,39" S | 69° 41' 32,68" W | 19S | 432292 | 6837661 |
| RC10341/37 | Río Grande | 28° 34' 58,96" S | 69° 42' 4,42" W | 19S | 431427 | 6838007 |
| RC10341/38 | Los Cuyanos Sur | 28° 34' 16,58" S | 69° 42' 6,63" W | 19S | 431360 | 6839311 |
| RC10341/39 | | 28° 33' 26,62" S | 69° 42' 23,07" W | 19S | 430904 | 6840846 |
| RC10341/4 | | 28° 12' 10,85" S | 69° 29' 39,42" W | 19S | 451492 | 6880210 |
| RC10341/40 | | 28° 33' 9,90" S | 69° 42' 28,57" W | 19S | 430751 | 6841360 |
| RC10341/41 | Los Cuyanos | 28° 32' 12,64" S | 69° 42' 52,94" W | 19S | 430079 | 6843118 |
| RC10341/42 | | 28° 31' 17,00" S | 69° 43' 41,32" W | 19S | 428754 | 6844822 |
| RC10341/43 | | 28° 31' 5,92" S | 69° 43' 40,03" W | 19S | 428787 | 6845164 |
| RC10341/44 | | 28° 30' 57,47" S | 69° 43' 37,68" W | 19S | 428849 | 6845424 |
| RC10341/45 | | 28° 30' 37,94" S | 69° 43' 49,28" W | 19S | 428530 | 6846023 |
| RC10341/5 | | 28° 12' 22,19" S | 69° 29' 15,27" W | 19S | 452152 | 6879863 |
| RC10341/6 | | 28° 14' 55,07" S | 69° 30' 25,31" W | 19S | 450262 | 6875151 |
| RC10341/7 | Potro Norte | 28° 21' 48,51" S | 69° 36' 37,08" W | 19S | 440196 | 6862381 |
| RC10341/8 | | 28° 21' 53,82" S | 69° 36' 6,92" W | 19S | 441018 | 6862222 |
| RC10341/9 | | 28° 22' 5,76" S | 69° 36' 28,70" W | 19S | 440426 | 6861852 |
| RC10342/1 | | 28° 31' 38,78" S | 69° 45' 16,26" W | 19S | 426177 | 6844136 |
| RC10342/10 | | 28° 35' 23,01" S | 69° 45' 12,17" W | 19S | 426332 | 6837236 |
| RC10342/11 | Cantaritos 4 | 28° 36' 4,78" S | 69° 45' 21,38" W | 19S | 426090 | 6835949 |
| RC10342/12 | | 28° 35' 30,30" S | 69° 45' 34,07" W | 19S | 425738 | 6837008 |
| RC10342/13 | | 28° 35' 46,79" S | 69° 46' 27,37" W | 19S | 424294 | 6836491 |
| RC10342/14 | | 28° 37' 15,82" S | 69° 44' 36,35" W | 19S | 427326 | 6833771 |
| RC10342/15 | Cantaritos 2 | 28° 37' 0,63" S | 69° 45' 24,75" W | 19S | 426009 | 6834230 |
| RC10342/16 | Cantaritos | 28° 37' 27,95" S | 69° 45' 34,83" W | 19S | 425741 | 6833387 |
| RC10342/17 | | 28° 36' 51,15" S | 69° 46' 14,77" W | 19S | 424649 | 6834513 |
| RC10342/18 | Cantaritos 3 | 28° 37' 7,23" S | 69° 46' 16,24" W | 19S | 424612 | 6834018 |
| RC10342/19 | Cantaritos 1 | 28° 38' 12,81" S | 69° 46' 3,02" W | 19S | 424984 | 6832002 |
| RC10342/2 | Tronquitos Oeste | 28° 31' 40,19" S | 69° 44' 37,12" W | 19S | 427241 | 6844099 |
| RC10342/3 | Tronquitos | 28° 32' 17,15" S | 69° 43' 52,90" W | 19S | 428450 | 6842969 |
| RC10342/4 | | 28° 31' 34,67" S | 69° 43' 30,95" W | 19S | 429039 | 6844280 |
| RC10342/5 | | 28° 33' 25,62" S | 69° 43' 2,62" W | 19S | 429829 | 6840870 |
| RC10342/6 | Estero Seco | 28° 33' 48,18" S | 69° 42' 54,10" W | 19S | 430065 | 6840177 |
| RC10342/7 | | 28° 33' 52,99" S | 69° 43' 31,00" W | 19S | 429063 | 6840023 |
| RC10342/8 | | 28° 35' 25,22" S | 69° 43' 50,05" W | 19S | 428563 | 6837182 |
| RC10342/9 | | 28° 36' 11,40" S | 69° 44' 33,15" W | 19S | 427401 | 6835754 |

TARJETA 2

| COD_GLA | N_CUEN | N_EST_IND | MAPIGM_EMP | ESCALA_MAP | AÑO_MAPA |
|------------|--------|-----------|--------------------|------------|----------|
| RC10340/1 | 1 | 1 | CERRO VIDAL GORMAZ | 50 | 79 |
| RC10340/10 | 1 | 1 | CERRO VIDAL GORMAZ | 50 | 79 |
| RC10340/11 | 1 | 1 | CERRO VIDAL GORMAZ | 50 | 79 |
| RC10340/12 | 1 | 1 | CERRO VIDAL GORMAZ | 50 | 79 |
| RC10340/13 | 1 | 1 | CERRO VIDAL GORMAZ | 50 | 79 |
| RC10340/14 | 1 | 1 | CERRO VIDAL GORMAZ | 50 | 79 |
| RC10340/15 | 1 | 1 | CERRO VIDAL GORMAZ | 50 | 79 |
| RC10340/16 | 1 | 1 | CERRO VIDAL GORMAZ | 50 | 79 |
| RC10340/17 | 1 | 1 | CERRO VIDAL GORMAZ | 50 | 79 |
| RC10340/18 | 1 | 1 | CERRO VIDAL GORMAZ | 50 | 79 |
| RC10340/19 | 1 | 1 | CERRO VIDAL GORMAZ | 50 | 79 |
| RC10340/2 | 1 | 1 | CERRO VIDAL GORMAZ | 50 | 79 |
| RC10340/21 | 1 | 1 | CERRO VIDAL GORMAZ | 50 | 79 |
| RC10340/22 | 1 | 1 | CERRO VIDAL GORMAZ | 50 | 79 |
| RC10340/23 | 1 | 1 | CERRO VIDAL GORMAZ | 50 | 79 |
| RC10340/24 | 1 | 1 | CERRO VIDAL GORMAZ | 50 | 79 |
| RC10340/25 | 1 | 1 | CERRO VIDAL GORMAZ | 50 | 79 |
| RC10340/26 | 1 | 1 | CASERONES | 50 | 70 |
| RC10340/27 | 1 | 1 | CASERONES | 50 | 70 |
| RC10340/28 | 1 | 1 | CASERONES | 50 | 70 |
| RC10340/29 | 1 | 1 | CASERONES | 50 | 70 |
| RC10340/3 | 1 | 1 | CERRO VIDAL GORMAZ | 50 | 79 |
| RC10340/4 | 1 | 1 | CERRO VIDAL GORMAZ | 50 | 79 |
| RC10340/5 | 1 | 1 | CERRO VIDAL GORMAZ | 50 | 79 |
| RC10340/6 | 1 | 1 | CERRO VIDAL GORMAZ | 50 | 79 |
| RC10340/7 | 1 | 1 | CERRO VIDAL GORMAZ | 50 | 79 |
| RC10340/8 | 1 | 1 | CERRO VIDAL GORMAZ | 50 | 79 |
| RC10340/9 | 1 | 1 | CERRO VIDAL GORMAZ | 50 | 79 |
| RC1034020 | 1 | 1 | CERRO VIDAL GORMAZ | 50 | 79 |
| RC10341/1 | 1 | 1 | CASERONES | 50 | 70 |
| RC10341/10 | 1 | 1 | CERRO DEL POTRO | 50 | 96 |
| RC10341/11 | 1 | 1 | CERRO DEL POTRO | 50 | 96 |
| RC10341/12 | 1 | 1 | CERRO DEL POTRO | 50 | 96 |
| RC10341/14 | 1 | 1 | CERRO DEL POTRO | 50 | 96 |
| RC10341/15 | 1 | 1 | CERRO DEL POTRO | 50 | 96 |
| RC10341/16 | 1 | 1 | CERRO DEL POTRO | 50 | 96 |
| RC10341/17 | 1 | 1 | CERRO DEL POTRO | 50 | 96 |
| RC10341/18 | 1 | 2 | CERRO DEL POTRO | 50 | 96 |
| RC10341/19 | 1 | 1 | CERRO DEL POTRO | 50 | 96 |
| RC10341/2 | 1 | 1 | CASERONES | 50 | 70 |
| RC10341/20 | 1 | 1 | CERRO DEL POTRO | 50 | 96 |
| RC10341/21 | 1 | 1 | CERRO DEL POTRO | 50 | 96 |
| RC10341/22 | 1 | 1 | CERRO DEL POTRO | 50 | 96 |
| RC10341/23 | 1 | 1 | CERRO DEL POTRO | 50 | 96 |
| RC10341/24 | 1 | 1 | CERRO DEL POTRO | 50 | 96 |

TARJETA 2

| COD_GLA | N_CUEN | N_EST_IND | MAPIGM_EMP | ESCALA_MAP | AÑO_MAPA |
|------------|--------|-----------|----------------------|------------|----------|
| RC10341/25 | 1 | 1 | CERRO DEL POTRO | 50 | 96 |
| RC10341/26 | 1 | 1 | CERRO DEL POTRO | 50 | 96 |
| RC10341/27 | 1 | 1 | CERRO DEL POTRO | 50 | 96 |
| RC10341/28 | 1 | 1 | CERRO DEL POTRO | 50 | 96 |
| RC10341/29 | 1 | 1 | CERRO DEL POTRO | 50 | 96 |
| RC10341/3 | 1 | 1 | CASERONES | 50 | 70 |
| RC10341/30 | 1 | 1 | CERRO DEL POTRO | 50 | 96 |
| RC10341/31 | 1 | 1 | CERRO DEL POTRO | 50 | 96 |
| RC10341/32 | 1 | 2 | CERRO TRONQUITOS | 50 | 70 |
| RC10341/33 | 1 | 1 | CERRO TRONQUITOS | 50 | 70 |
| RC10341/34 | 1 | 1 | CERRO TRONQUITOS | 50 | 70 |
| RC10341/35 | 1 | 1 | CERRO TRONQUITOS | 50 | 70 |
| RC10341/36 | 1 | 1 | CERRO TRONQUITOS | 50 | 70 |
| RC10341/37 | 1 | 1 | CERRO TRONQUITOS | 50 | 70 |
| RC10341/38 | 1 | 1 | CERRO TRONQUITOS | 50 | 70 |
| RC10341/39 | 1 | 1 | CERRO TRONQUITOS | 50 | 70 |
| RC10341/4 | 1 | 1 | CASERONES | 50 | 70 |
| RC10341/40 | 1 | 1 | CERRO TRONQUITOS | 50 | 70 |
| RC10341/41 | 1 | 1 | CERRO TRONQUITOS | 50 | 70 |
| RC10341/42 | 1 | 1 | CERRO TRONQUITOS | 50 | 70 |
| RC10341/43 | 1 | 1 | CERRO TRONQUITOS | 50 | 70 |
| RC10341/44 | 1 | 1 | CERRO TRONQUITOS | 50 | 70 |
| RC10341/45 | 1 | 1 | CERRO TRONQUITOS | 50 | 70 |
| RC10341/5 | 1 | 1 | CASERONES | 50 | 70 |
| RC10341/6 | 1 | 1 | CASERONES | 50 | 70 |
| RC10341/7 | 1 | 1 | CERRO DEL POTRO | 50 | 96 |
| RC10341/8 | 1 | 1 | CERRO DEL POTRO | 50 | 96 |
| RC10341/9 | 1 | 1 | CERRO DEL POTRO | 50 | 96 |
| RC10342/1 | 1 | 1 | CERROS DE CANTARITOS | 50 | 70 |
| RC10342/10 | 1 | 1 | CERROS DE CANTARITOS | 50 | 70 |
| RC10342/11 | 1 | 1 | CERROS DE CANTARITOS | 50 | 70 |
| RC10342/12 | 1 | 1 | CERROS DE CANTARITOS | 50 | 70 |
| RC10342/13 | 1 | 1 | CERROS DE CANTARITOS | 50 | 70 |
| RC10342/14 | 1 | 1 | CERROS DE CANTARITOS | 50 | 70 |
| RC10342/15 | 1 | 1 | CERROS DE CANTARITOS | 50 | 70 |
| RC10342/16 | 1 | 1 | CERROS DE CANTARITOS | 50 | 70 |
| RC10342/17 | 1 | 1 | CERROS DE CANTARITOS | 50 | 70 |
| RC10342/18 | 1 | 1 | CERROS DE CANTARITOS | 50 | 70 |
| RC10342/19 | 1 | 1 | CERROS DE CANTARITOS | 50 | 70 |
| RC10342/2 | 1 | 1 | CERRO TRONQUITOS | 50 | 70 |
| RC10342/3 | 1 | 1 | CERRO TRONQUITOS | 50 | 70 |
| RC10342/4 | 1 | 1 | CERRO TRONQUITOS | 50 | 70 |
| RC10342/5 | 1 | 1 | CERRO TRONQUITOS | 50 | 70 |
| RC10342/6 | 1 | 1 | CERRO TRONQUITOS | 50 | 70 |
| RC10342/7 | 1 | 1 | CERRO TRONQUITOS | 50 | 70 |
| RC10342/8 | 1 | 1 | CERRO TRONQUITOS | 50 | 70 |
| RC10342/9 | 1 | 1 | CERROS DE CANTARITOS | 50 | 70 |

TARJETA 3

| COD_GLA | FOTO_VUELO | AÑO_FOTO | AREA_TOTAL | TOTAL_EST |
|------------|--------------------------------------|----------|------------|-----------|
| RC10340/1 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 01 | 0,02 | 0,02 |
| RC10340/10 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 01 | 0,02 | 0,02 |
| RC10340/11 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 01 | 0,01 | 0,01 |
| RC10340/12 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 01 | 0,46 | 0,46 |
| RC10340/13 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 01 | 0,02 | 0,02 |
| RC10340/14 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 01 | 0,01 | 0,01 |
| RC10340/15 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 01 | 0,01 | 0,01 |
| RC10340/16 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 01 | 0,03 | 0,03 |
| RC10340/17 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 01 | 0,03 | 0,03 |
| RC10340/18 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 01 | 0,1 | 0,1 |
| RC10340/19 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 01 | 0,05 | 0,05 |
| RC10340/2 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 01 | 0,15 | 0,15 |
| RC10340/21 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 01 | 0,28 | 0,28 |
| RC10340/22 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 01 | 0,01 | 0,01 |
| RC10340/23 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 01 | 0,07 | 0,07 |
| RC10340/24 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 01 | 0,12 | 0,12 |
| RC10340/25 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 01 | 0,02 | 0,02 |
| RC10340/26 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,02 | 0,02 |
| RC10340/27 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,05 | 0,05 |
| RC10340/28 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,03 | 0,03 |
| RC10340/29 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,06 | 0,06 |
| RC10340/3 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 01 | 0,01 | 0,01 |
| RC10340/4 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 01 | 0,02 | 0,02 |
| RC10340/5 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 01 | 0,03 | 0,03 |
| RC10340/6 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 01 | 0,07 | 0,07 |
| RC10340/7 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 01 | 0,05 | 0,05 |
| RC10340/8 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 01 | 0,02 | 0,02 |
| RC10340/9 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 01 | 0,01 | 0,01 |
| RC1034020 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 01 | 0,03 | 0,03 |
| RC10341/1 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,02 | 0,02 |
| RC10341/10 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,02 | 0,02 |
| RC10341/11 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,01 | 0,01 |
| RC10341/12 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 4,88 | 4,88 |
| RC10341/14 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,16 | 0,16 |
| RC10341/15 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,02 | 0,02 |
| RC10341/16 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,13 | 0,13 |
| RC10341/17 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,08 | 0,08 |
| RC10341/18 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 2,63 | 2,6 |
| RC10341/19 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,02 | 0,02 |
| RC10341/2 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,18 | 0,18 |
| RC10341/20 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,19 | 0,19 |
| RC10341/21 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,02 | 0,02 |
| RC10341/22 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,07 | 0,07 |
| RC10341/23 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 2,32 | 2,32 |
| RC10341/24 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,02 | 0,02 |

TARJETA 3

| COD_GLA | FOTO_VUELO | AÑO_FOTO | AREA_TOTAL | TOTAL_EST |
|------------|--------------------------------------|----------|------------|-----------|
| RC10341/25 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,02 | 0,02 |
| RC10341/26 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,05 | 0,05 |
| RC10341/27 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,03 | 0,03 |
| RC10341/28 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,04 | 0,04 |
| RC10341/29 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,01 | 0,01 |
| RC10341/3 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,06 | 0,06 |
| RC10341/30 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,27 | 0,27 |
| RC10341/31 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,02 | 0,02 |
| RC10341/32 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,52 | 0,49 |
| RC10341/33 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,01 | 0,01 |
| RC10341/34 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,03 | 0,03 |
| RC10341/35 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,03 | 0,03 |
| RC10341/36 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,03 | 0,03 |
| RC10341/37 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,53 | 0,53 |
| RC10341/38 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,2 | 0,2 |
| RC10341/39 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,04 | 0,04 |
| RC10341/4 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,02 | 0,02 |
| RC10341/40 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,02 | 0,02 |
| RC10341/41 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 1,12 | 1,12 |
| RC10341/42 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,02 | 0,02 |
| RC10341/43 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,02 | 0,02 |
| RC10341/44 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,02 | 0,02 |
| RC10341/45 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,04 | 0,04 |
| RC10341/5 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,02 | 0,02 |
| RC10341/6 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,02 | 0,02 |
| RC10341/7 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,39 | 0,39 |
| RC10341/8 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,02 | 0,02 |
| RC10341/9 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,03 | 0,03 |
| RC10342/1 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,02 | 0,02 |
| RC10342/10 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,02 | 0,02 |
| RC10342/11 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,46 | 0,46 |
| RC10342/12 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,11 | 0,11 |
| RC10342/13 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,04 | 0,04 |
| RC10342/14 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,05 | 0,05 |
| RC10342/15 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,35 | 0,35 |
| RC10342/16 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,58 | 0,58 |
| RC10342/17 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,06 | 0,06 |
| RC10342/18 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,21 | 0,21 |
| RC10342/19 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,21 | 0,21 |
| RC10342/2 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,68 | 0,68 |
| RC10342/3 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 2,78 | 2,78 |
| RC10342/4 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,07 | 0,07 |
| RC10342/5 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,03 | 0,03 |
| RC10342/6 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,98 | 0,98 |
| RC10342/7 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,04 | 0,04 |
| RC10342/8 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,03 | 0,03 |
| RC10342/9 | Imagen ASTER Bandratio ASTER2/ASTER4 | 02 | 0,14 | 0,14 |

TARJETA 4

| COD_GLA | AREA_EXP | AREA_CUB | AREA_ABLAC | ANCHO_PROM | LARGO_PROM | LMAXTOTAL |
|------------|----------|----------|------------|------------|------------|-----------|
| RC10340/1 | 0,02 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10340/10 | 0,02 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10340/11 | 0,01 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10340/12 | 0,46 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10340/13 | 0,02 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10340/14 | 0,01 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10340/15 | 0,01 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10340/16 | 0,03 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10340/17 | 0,03 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10340/18 | 0,1 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10340/19 | 0,05 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10340/2 | 0,15 | 0 | S/I | S/I | S/I | 0,92 |
| RC10340/21 | 0,28 | 0 | S/I | S/I | S/I | 0,64 |
| RC10340/22 | 0,01 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10340/23 | 0,07 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10340/24 | 0,12 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10340/25 | 0,02 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10340/26 | 0,02 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10340/27 | 0,05 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10340/28 | 0,03 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10340/29 | 0,06 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10340/3 | 0,01 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10340/4 | 0,02 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10340/5 | 0,03 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10340/6 | 0,07 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10340/7 | 0,05 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10340/8 | 0,02 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10340/9 | 0,01 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC1034020 | 0,03 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/1 | 0,02 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/10 | 0,02 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/11 | 0,01 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/12 | 4,88 | 0 | S/I | S/I | S/I | 4,32 |
| RC10341/14 | 0,16 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/15 | 0,02 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/16 | 0,13 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/17 | 0,08 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/18 | 2,63 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/19 | 0,02 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/2 | 0,18 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/20 | 0,19 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/21 | 0,02 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/22 | 0,07 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/23 | 2,32 | 0 | S/I | S/I | S/I | 1,56 |
| RC10341/24 | 0,02 | 0 | S/I | S/I | S/I | |

TARJETA 4

| COD_GLA | AREA_EXP | AREA_CUB | AREA_ABLAC | ANCHO_PROM | LARGO_PROM | LMAXTOTAL |
|------------|----------|----------|------------|------------|------------|-----------|
| RC10341/25 | 0,02 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/26 | 0,05 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/27 | 0,03 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/28 | 0,04 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/29 | 0,01 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/3 | 0,06 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/30 | 0,27 | 0 | S/I | S/I | S/I | 0,38 |
| RC10341/31 | 0,02 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/32 | 0,52 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/33 | 0,01 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/34 | 0,03 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/35 | 0,03 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/36 | 0,03 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/37 | 0,53 | 0 | S/I | S/I | S/I | 1,81 |
| RC10341/38 | 0,2 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/39 | 0,04 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/4 | 0,02 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/40 | 0,02 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/41 | 1,12 | 0 | S/I | S/I | S/I | 1,8 |
| RC10341/42 | 0,02 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/43 | 0,02 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/44 | 0,02 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/45 | 0,04 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/5 | 0,02 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/6 | 0,02 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/7 | 0,39 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/8 | 0,02 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10341/9 | 0,03 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10342/1 | 0,02 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10342/10 | 0,02 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10342/11 | 0,46 | 0 | S/I | S/I | S/I | 1,05 |
| RC10342/12 | 0,11 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10342/13 | 0,04 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10342/14 | 0,05 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10342/15 | 0,35 | 0 | S/I | S/I | S/I | 1 |
| RC10342/16 | 0,58 | 0 | S/I | S/I | S/I | 1,25 |
| RC10342/17 | 0,06 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10342/18 | 0,21 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10342/19 | 0,21 | 0 | S/I | S/I | S/I | 1,74 |
| RC10342/2 | 0,68 | 0 | S/I | S/I | S/I | 1,7 |
| RC10342/3 | 2,78 | 0 | S/I | S/I | S/I | 3,36 |
| RC10342/4 | 0,07 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10342/5 | 0,03 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10342/6 | 0,98 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10342/7 | 0,04 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10342/8 | 0,03 | 0 | S/I | S/I | S/I | |
| RC10342/9 | 0,14 | 0 | S/I | S/I | S/I | |

TARJETA 5

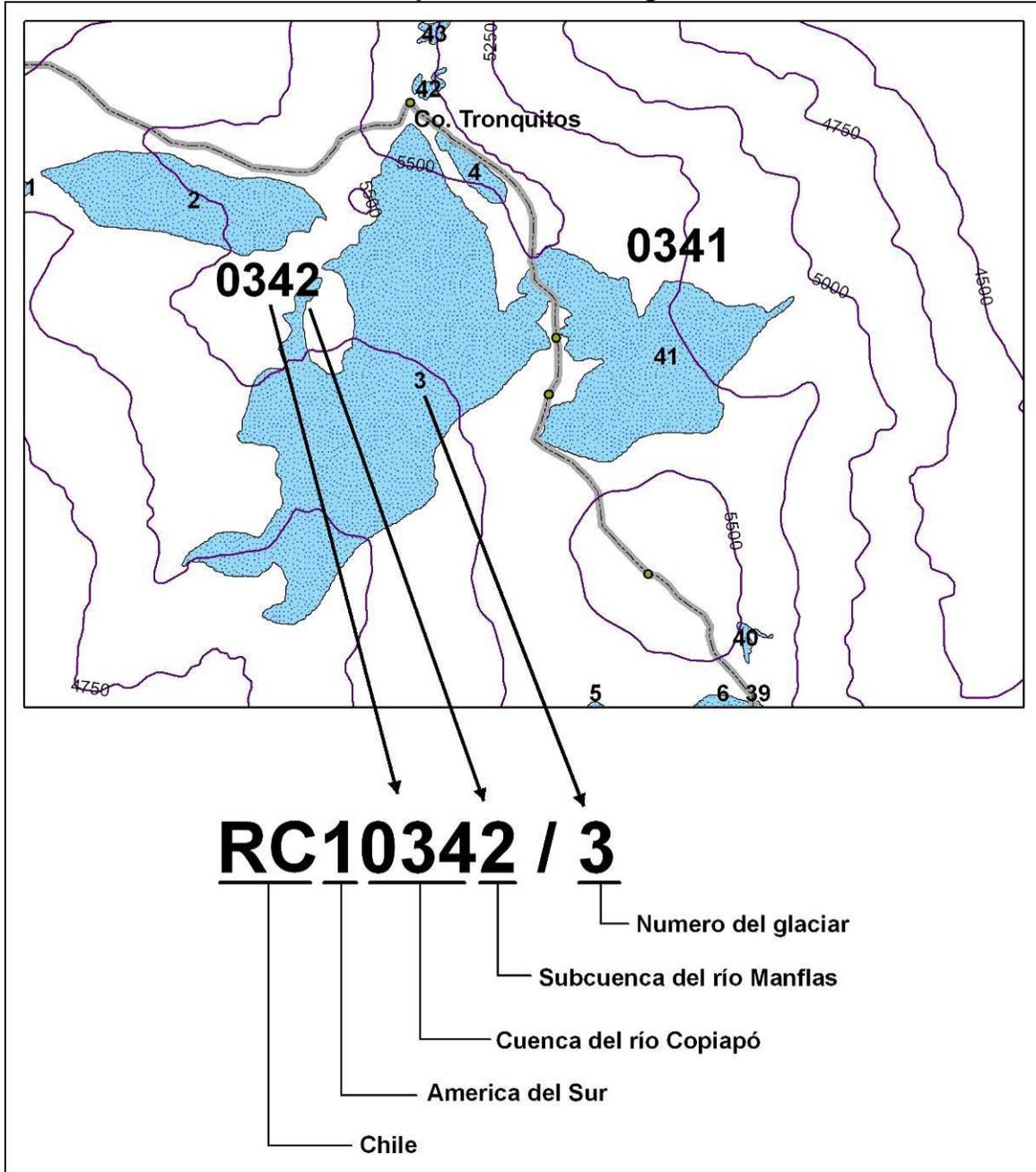
| COD_GLA | L_MAX_EXP | ORIENTA | HMAX | HMEDIA | HMIN | HMINEXP | CLASIFICA | ESP_MED |
|------------|-----------|---------|------|--------|------|---------|-----------|---------|
| RC10340/1 | | S | 5075 | 5025 | 4975 | 4975 | 700110 | 5 |
| RC10340/10 | | S | 5625 | 5618 | 5610 | 5610 | 700010 | 5 |
| RC10340/11 | | S | 5620 | 5610 | 5600 | 5600 | 700010 | 5 |
| RC10340/12 | | SE | 5830 | 5645 | 5460 | 5460 | 780010 | 20 |
| RC10340/13 | | NE | 5730 | 5705 | 5680 | 5680 | 700010 | 5 |
| RC10340/14 | | E | 5675 | 5665 | 5655 | 5655 | 700010 | 5 |
| RC10340/15 | | E | 5650 | 5650 | 5650 | 5650 | 700010 | 5 |
| RC10340/16 | | NE | 5635 | 5628 | 5620 | 5620 | 700010 | 5 |
| RC10340/17 | | SE | 5615 | 5603 | 5590 | 5590 | 700010 | 5 |
| RC10340/18 | | E | 5600 | 5588 | 5575 | 5575 | 780010 | 5 |
| RC10340/19 | | SE | 5590 | 5573 | 5555 | 5555 | 700110 | 5 |
| RC10340/2 | 0,92 | SW | 5620 | 5410 | 5200 | 5200 | 650110 | 20 |
| RC10340/21 | 0,64 | SE | 5585 | 5498 | 5410 | 5410 | 680010 | 20 |
| RC10340/22 | | SE | 5550 | 5550 | 5550 | 5550 | 700010 | 5 |
| RC10340/23 | | SE | 5540 | 5503 | 5465 | 5465 | 780010 | 5 |
| RC10340/24 | | SE | 5500 | 5473 | 5445 | 5445 | 780010 | 20 |
| RC10340/25 | | S | 5005 | 4973 | 4940 | 4940 | 700010 | 5 |
| RC10340/26 | | SE | 5300 | 5258 | 5215 | 5215 | 700110 | 5 |
| RC10340/27 | | SE | 5300 | 5250 | 5200 | 5200 | 700110 | 5 |
| RC10340/28 | | E | 5090 | 5035 | 4980 | 4980 | 700110 | 5 |
| RC10340/29 | | NE | 5310 | 5215 | 5120 | 5120 | 700110 | 5 |
| RC10340/3 | | SW | 5500 | 5473 | 5445 | 5445 | 700110 | 5 |
| RC10340/4 | | SW | 5750 | 5740 | 5730 | 5730 | 700010 | 5 |
| RC10340/5 | | W | 5790 | 5775 | 5760 | 5760 | 700010 | 5 |
| RC10340/6 | | SW | 5820 | 5780 | 5740 | 5740 | 780010 | 5 |
| RC10340/7 | | S | 5600 | 5548 | 5495 | 5495 | 770110 | 5 |
| RC10340/8 | | SE | 5700 | 5660 | 5620 | 5620 | 710010 | 5 |
| RC10340/9 | | NE | 5650 | 5650 | 5650 | 5650 | 700010 | 5 |
| RC1034020 | | SE | 5580 | 5573 | 5565 | 5565 | 700010 | 5 |
| RC10341/1 | | SE | 5450 | 5370 | 5290 | 5290 | 790110 | 5 |
| RC10341/10 | | E | 5350 | 5298 | 5245 | 5245 | 790010 | 5 |
| RC10341/11 | | E | 5300 | 5263 | 5225 | 5225 | 790010 | 5 |
| RC10341/12 | 4,32 | E | 5755 | 5402 | 5050 | 5050 | 670112 | 90 |
| RC10341/14 | | W | 5705 | 5598 | 5490 | 5490 | 780010 | 20 |
| RC10341/15 | | SW | 5110 | 5060 | 5010 | 5010 | 700010 | 5 |
| RC10341/16 | | S | 5550 | 5478 | 5405 | 5405 | 780010 | 20 |
| RC10341/17 | | S | 5200 | 5150 | 5100 | 5100 | 700010 | 5 |
| RC10341/18 | | SW | 5550 | 5345 | 5140 | 5140 | 600010 | 90 |
| RC10341/19 | | S | 5500 | 5478 | 5455 | 5455 | 700010 | 5 |
| RC10341/2 | | SE | 5400 | 5285 | 5170 | 5170 | 700110 | 20 |
| RC10341/20 | | S | 5515 | 5463 | 5410 | 5410 | 780010 | 20 |
| RC10341/21 | | S | 5360 | 5340 | 5320 | 5320 | 790110 | 5 |
| RC10341/22 | | S | 5325 | 5235 | 5145 | 5145 | 790110 | 5 |
| RC10341/23 | 1,56 | S | 5510 | 5185 | 4860 | 4860 | 600410 | 90 |
| RC10341/24 | | S | 5270 | 5203 | 5135 | 5135 | 700010 | 5 |

TARJETA 5

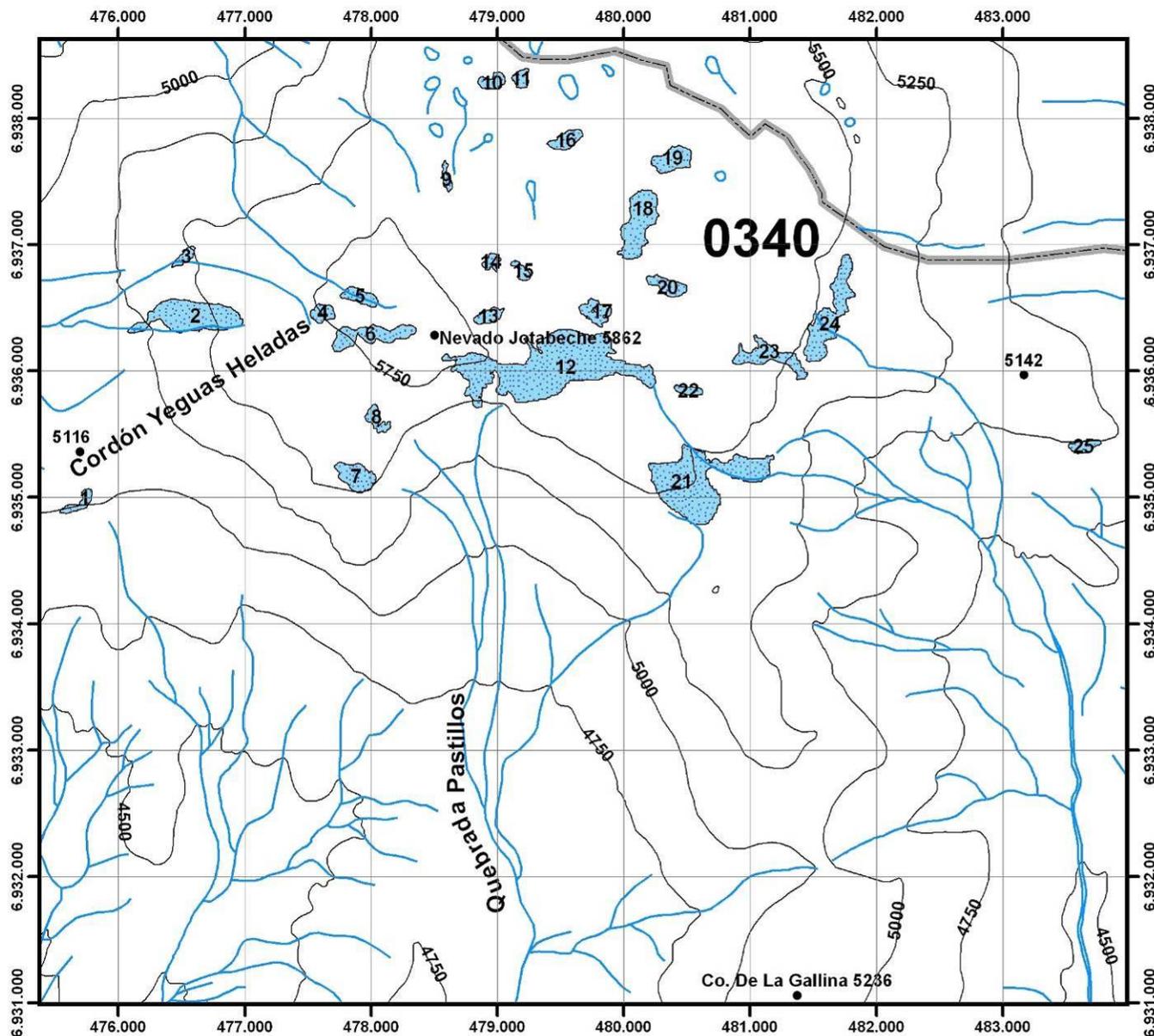
| COD_GLA | L_MAX_EXP | ORIENTA | HMAX | HMEDIA | HMIN | HMINEXP | CLASIFICA | ESP_MED |
|------------|-----------|---------|------|--------|------|---------|-----------|---------|
| RC10341/25 | | S | 5230 | 5068 | 4905 | 4905 | 770210 | 5 |
| RC10341/26 | | SE | 5195 | 5138 | 5080 | 5080 | 700110 | 5 |
| RC10341/27 | | S | 5045 | 4973 | 4900 | 4900 | 700110 | 5 |
| RC10341/28 | | S | 5015 | 4935 | 4855 | 4855 | 750110 | 5 |
| RC10341/29 | | SW | 4735 | 4705 | 4675 | 4675 | 700010 | 5 |
| RC10341/3 | | S | 5315 | 5208 | 5100 | 5100 | 700110 | 5 |
| RC10341/30 | 0,38 | SW | 5150 | 5050 | 4950 | 4950 | 670010 | 20 |
| RC10341/31 | | SW | 5230 | 5150 | 5070 | 5070 | 700010 | 5 |
| RC10341/32 | | S | 5350 | 5125 | 4900 | 4900 | 600110 | 40 |
| RC10341/33 | | SE | 5280 | 5265 | 5250 | 5250 | 700010 | 5 |
| RC10341/34 | | NE | 4900 | 4875 | 4850 | 4850 | 700110 | 5 |
| RC10341/35 | | SE | 4925 | 4908 | 4890 | 4890 | 700110 | 5 |
| RC10341/36 | | E | 5025 | 5005 | 4985 | 4985 | 790110 | 5 |
| RC10341/37 | 1,81 | E | 5280 | 5112 | 4945 | 4945 | 650110 | 40 |
| RC10341/38 | | E | 5345 | 5253 | 5160 | 5160 | 790110 | 20 |
| RC10341/39 | | E | 5415 | 5315 | 5215 | 5215 | 700010 | 5 |
| RC10341/4 | | S | 5190 | 5118 | 5045 | 5045 | 700110 | 5 |
| RC10341/40 | | E | 5505 | 5423 | 5340 | 5340 | 700010 | 5 |
| RC10341/41 | 1,8 | NE | 5500 | 5268 | 5035 | 5035 | 650110 | 65 |
| RC10341/42 | | E | 5600 | 5530 | 5460 | 5460 | 700110 | 5 |
| RC10341/43 | | E | 5600 | 5515 | 5430 | 5430 | 700110 | 5 |
| RC10341/44 | | E | 5545 | 5423 | 5300 | 5300 | 700110 | 5 |
| RC10341/45 | | N | 5390 | 5313 | 5235 | 5235 | 700110 | 5 |
| RC10341/5 | | S | 5020 | 4985 | 4950 | 4950 | 700110 | 5 |
| RC10341/6 | | E | 4975 | 4950 | 4925 | 4925 | 700010 | 5 |
| RC10341/7 | | SE | 5550 | 5395 | 5240 | 5240 | 690110 | 20 |
| RC10341/8 | | SE | 5175 | 5128 | 5080 | 5080 | 700010 | 5 |
| RC10341/9 | | E | 5355 | 5303 | 5250 | 5250 | 790010 | 5 |
| RC10342/1 | | S | 5105 | 5060 | 5015 | 5015 | 790110 | 5 |
| RC10342/10 | | E | 5085 | 5020 | 4955 | 4955 | 700110 | 5 |
| RC10342/11 | 1,05 | S | 5245 | 5088 | 4930 | 4930 | 600110 | 20 |
| RC10342/12 | | E | 5330 | 5225 | 5120 | 5120 | 780010 | 20 |
| RC10342/13 | | SW | 4900 | 4813 | 4725 | 4725 | 700110 | 5 |
| RC10342/14 | | S | 5320 | 5287 | 5255 | 5255 | 700010 | 5 |
| RC10342/15 | 1 | S | 5400 | 5293 | 5185 | 5185 | 600110 | 20 |
| RC10342/16 | 1,25 | SW | 5335 | 5145 | 4955 | 4955 | 600010 | 40 |
| RC10342/17 | | S | 5220 | 5180 | 5140 | 5140 | 700110 | 5 |
| RC10342/18 | | SW | 5150 | 5000 | 4850 | 4850 | 770010 | 20 |
| RC10342/19 | 1,74 | E | 5435 | 5325 | 5215 | 5215 | 670210 | 20 |
| RC10342/2 | 1,7 | SW | 5425 | 5243 | 5060 | 5060 | 670110 | 40 |
| RC10342/3 | 3,36 | SW | 5600 | 5210 | 4820 | 4820 | 640110 | 90 |
| RC10342/4 | | S | 5600 | 5543 | 5485 | 5485 | 790110 | 5 |
| RC10342/5 | | S | 5350 | 5350 | 5350 | 5350 | 700110 | 5 |
| RC10342/6 | | SW | 5435 | 5265 | 5095 | 5095 | 680110 | 40 |
| RC10342/7 | | S | 5180 | 5130 | 5080 | 5080 | 700110 | 5 |
| RC10342/8 | | S | 5160 | 5140 | 5120 | 5120 | 700110 | 5 |
| RC10342/9 | | NE | 5210 | 5080 | 4950 | 4950 | 700110 | 20 |

12.2 Cartografías

Descripción de la cartografía



Inventario de Glaciares Descubiertos. Sector Nevado De Jotabeche



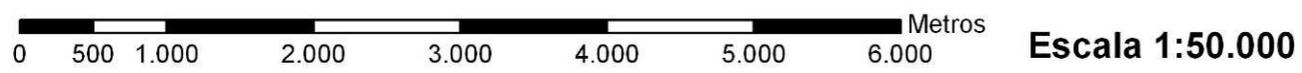
Legenda

- Red Hídrica
- Cotas de Altitud
- Curvas de Nivel
- Límite de la Cuenca
- Glaciares

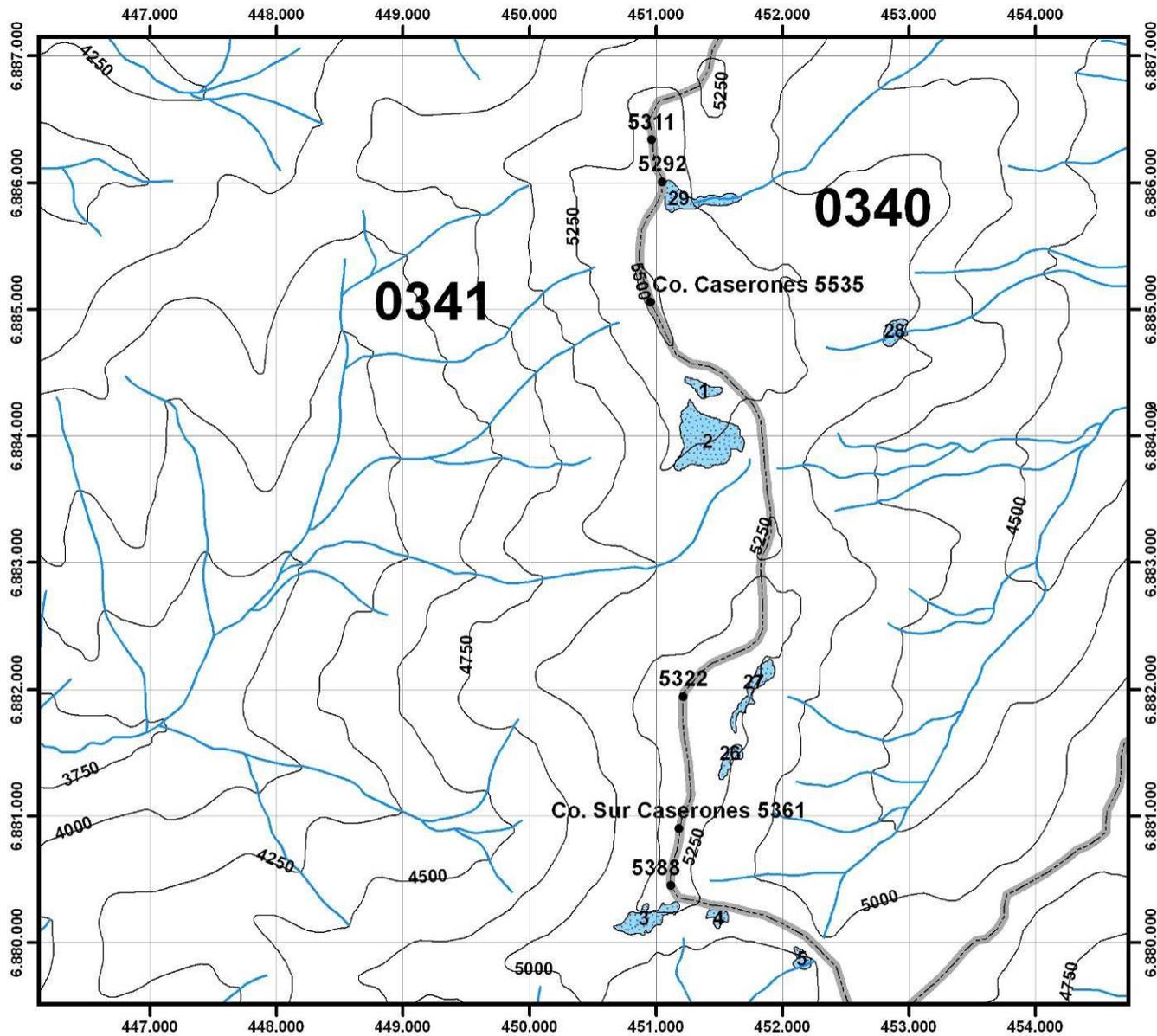
Ubicación En La Cuenca

Elaboración propia mediante Imagen Satelital ASTER
Adquirida el 14-02-2001

Base Cartográfica:
Carta regular 1:50.000
CERRO VIDAL GORMAZ C-107



Inventario de Glaciares Descubiertos. Sector Caserones



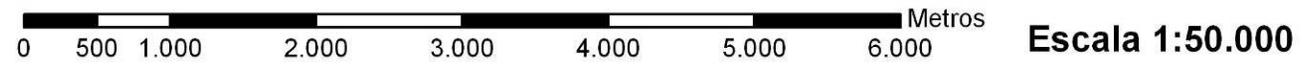
Leyenda

- Red Hídrica
- Cotas de Altitud
- Curvas de Nivel
- Límite de la Subcuenca
- Glaciares

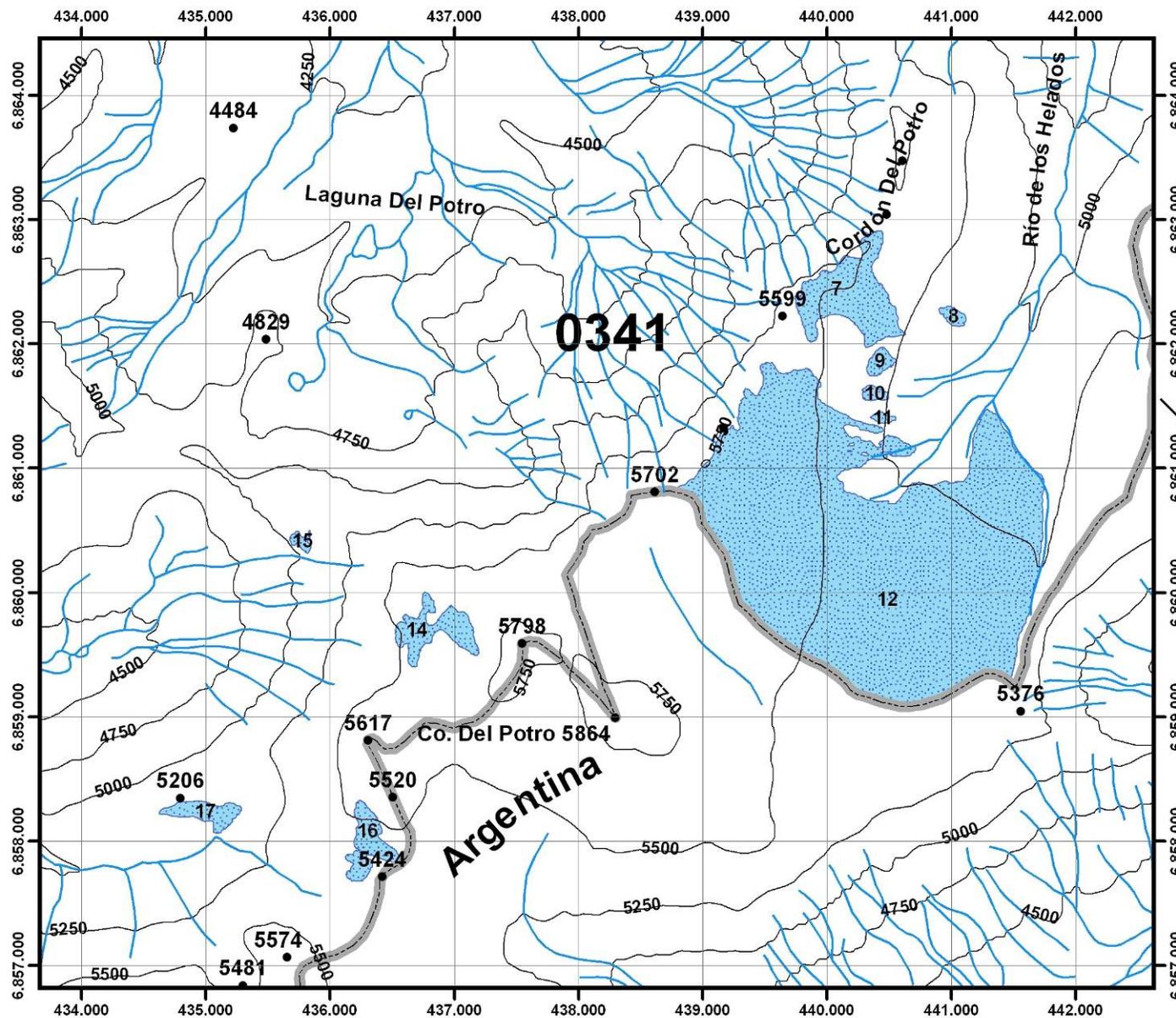
Ubicación En La Cuenca

Elaboración propia mediante Imagen Satelital ASTER Adquirida el 12-03-2002

Base Cartográfica:
Carta regular 1:50.000
CASERONES D-7



Inventario de Glaciares Descubiertos. Sector Co. Del Potro



Leyenda

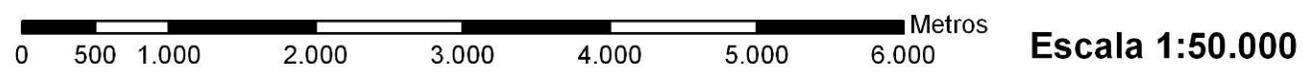
- Cotas de Altitud
- ~ Red Hídrica
- ~ Curvas de Nivel
- Glaciares
- Límite Internacional

Ubicación En La Cuenca

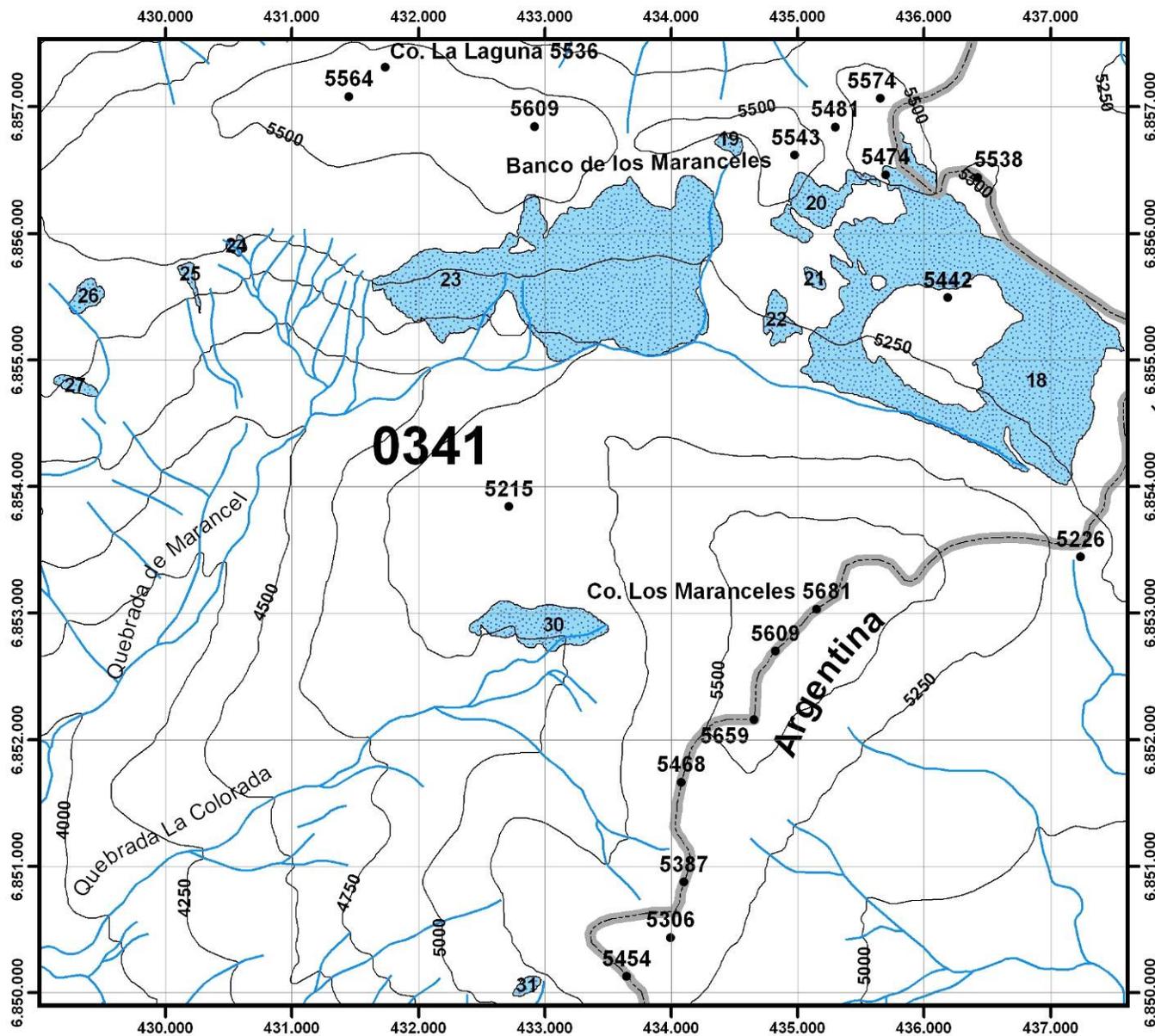
The inset map shows the Copiapó basin with sub-basins Río Copiapó Bajo, Río Copiapó Medio, and Río Copiapó Alto. The study area is highlighted with a red box in the Río Copiapó Alto sub-basin. Other rivers shown include Quebrada Palmita and Río Joyas.

Elaboración propia mediante Imagen Satelital ASTER Adquirida el 12-03-2002

Base Cartográfica:
 Cartas regulares 1:50.000
 -CERRO DEL POTRO D-015



Inventario de Glaciares Descubiertos. Sector Co. Los Maranceles



Leyenda

- Red Hídrica
- Cotas de Altitud
- Curvas de Nivel
- Límite Internacional
- Glaciares

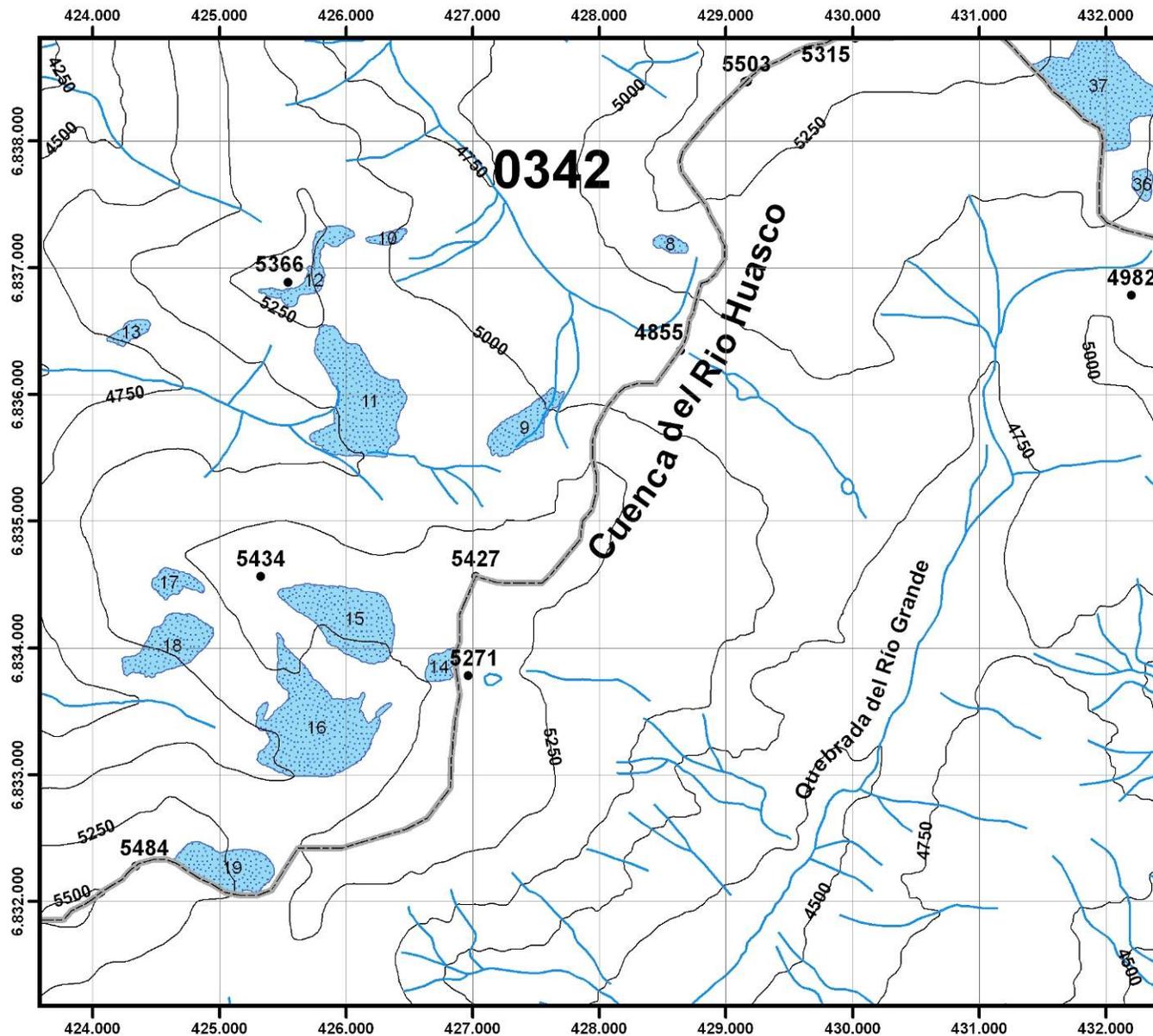
Ubicación En La Cuenca

Elaboración propia mediante Imagen Satelital ASTER
 Adquirida el 12-03-2002

Base Cartográfica:
 Carta regular 1:50.000
 CERRO DEL POTRO D-015

0 500 1.000 2.000 3.000 4.000 5.000 6.000 Metros **Escala 1:50.000**

Inventario de Glaciares Descubiertos. Sector Cerros de Cantaritos



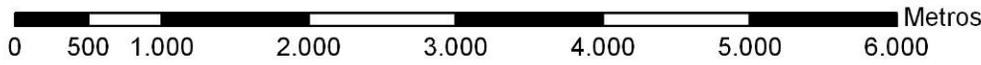
Leyenda

- Límite de la Cuenca
- Cotas de Altitud
- Red Hídrica
- Curvas de Nivel
- Glaciares

Ubicación En La Cuenca

Elaboración propia mediante Imagen Satelital ASTER
 Adquirida el 12-03-2002

Base Cartográfica:
 Cartas regulares 1:50.000
 -CERRO TRONQUITOS D-23
 -CERROS DE CANTARITOS D-22



Escala 1:50.000