

GLACIARES DE CHILE

GLACIARES DE CHILE

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS / MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS



**Dirección
General de
Aguas**
Ministerio de Obras
Públicas

Gobierno de Chile

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

GLACIARES DE CHILE



DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS / MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS





Glaciares de Chile es una publicación de la Dirección General de Aguas DGA Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile

Coordinación General : M^a Belén Varela
Periodista : Pía Rubio
Fotografías : Gonzalo Barcaza - DGA
Estudios Glaciológicos : Antonio Vergara
Alexis Segovia
Armando Peña
David Farias
Diego González
Gonzalo Barcaza
Jorge Huenante
M^a Belén Varela
Concepción Visual : Puracomunicación
Impresión : Maval

Santiago de Chile, febrero de 2014

Prohibida su reproducción, total o parcial, sin autorización del MOP.

Índice

Presentación	05	Glaciares del Volcán Sierra Velluda	48
Introducción	07	Glaciar Nevados de Sollipulli	49
Mapa de Chile	08	Volcán Mocho	50
		Glaciar Nevados de Queulat	51
Zona Glaciológica Norte		Zona Glaciológica Austral	
Glaciar Tapado	10	Glaciar Exploradores	52
Glaciar Rocosó Las Tolas	13	Campo de Hielo	54
Glaciar Rocosó Llano de Las Liebres	14	Glaciar San Rafael	56
		Glaciar San Quintín	61
Zona Glaciológica Centro		Río Nef	62
Glaciar Juncal Norte	15	Glaciar Colonia	64
Glaciar Alto Los Leones	16	Glaciar Ofhidro	68
Glaciar Río Blanco	17	Glaciar Bernardo	69
Glaciar Juncal Sur	18	Glaciar Témpano	70
Glaciar Olivares Alfa	19	Glaciar O´Higgins	72
Glaciar Olivares Beta	20	Glaciar Pío XI	76
Glaciar Olivares Gamma	21	Glaciar Trinidad	78
Glaciar La Paloma	22	Glaciar HPS10	79
Glaciar Bello	24	Glaciar García	80
Glaciar cubierto Pirámide	27	Glaciar Patos	81
Glaciar Echaurren Norte	28	Glaciar Lobos	82
Glaciar Echaurren Sur y laguna Negra	29	Glaciar HPS31	83
Glaciar Marmolejo	30	Glaciar Amalia	84
Glaciar San Francisco	31	Glaciar Pingo	85
Glaciares del Volcán San José	34	Glaciar Tyndall	86
Glaciar Nieves Negras	35	Glaciar Serrano	92
Glaciar cubierto Cachapoal	36	Glaciar Balmaceda	93
Glaciar Cipreses	37	Glaciar Águila	94
Glaciar Cortaderal	38	Glaciar Piloto y Nena	95
Glaciar Universidad	39	Glaciar Garibaldi	96
Glaciares de la cuenca del río Tinguiririca	42	Glaciar Pía	97
Volcán Planchón	43		
Glaciar del Volcán Azufre	44	Agradecimientos	99
Zona Glaciológica Sur			
Nevados de Chillán	46		
Volcán Antuco	47		





Presentación

Uno de los componentes centrales en el ciclo hidrológico de nuestro país son los glaciares, los que junto con ser considerados reservas estratégicas de agua en estado sólido, constituyen buenos indicadores de cambios climáticos.

A nivel mundial, existe consenso sobre los estragos que está provocando dicho fenómeno en los recursos hídricos (IPCC, 2007) y el caso chileno no es la excepción: la mayoría de nuestros glaciares han experimentado retrocesos en un contexto global cada vez más caluroso.

Conocer el estado actual de los glaciares del país es una tarea prioritaria para la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas, por ello, durante más de cuatro años nos abocamos a realizar un detallado inventario de los hielos de Chile y su caracterización, el cual finalmente, y con mucha satisfacción, podemos decir que ha sido terminado.

Al inicio de esta empresa sabíamos que nuestro territorio tenía la mayor cantidad de glaciares de Sudamérica, pero gracias a este trabajo conocemos con precisión dicho número, así como también su distribución a lo largo y ancho de las distintas regiones y cuencas.

De esta forma, Glaciares de Chile es nuestra contribución gráfica al conocimiento de los recursos hídricos en estado sólido de nuestro país, y una manera de acercar un mundo muchas veces lejano y desconocido para la gran mayoría de los chilenos.

Como Dirección General de Aguas esperamos, en este breve recorrido por las principales masas de hielo del país, ser capaces de transmitir la majestuosidad e importancia de nuestros recursos hídricos, algo que muchas veces pasa inadvertido ante nuestros ojos.

Por último, no quisiera dejar de reconocer la invaluable labor del Dr. Gonzalo Barcaza, quién con gran dedicación ha liderado la Unidad de Glaciología y Nieves desde sus orígenes, y la de su equipo, así como también la tarea realizada por decenas de funcionarios de la DGA, quienes a lo largo del país colaboran en el monitoreo de glaciares, enfrentando condiciones climáticas hostiles, que requieren de temple y compromiso para ser superadas exitosamente día tras día.

Francisco Echeverría Ellsworth
Director General de Aguas





Introducción

Los glaciares son importantes componentes del ciclo hidrológico global, por lo que conocer a cabalidad su comportamiento es básico, en especial, si se considera que representan una significativa reserva de agua dulce.

Ahora bien, se definen como “glaciares de montaña” todos aquellos que, con un área aproximada de 785.000 km², representan el 0,5% del hielo de la superficie terrestre, excluidos los grandes casquetes de Antártica y Groenlandia. A nivel sudamericano, Chile contiene más del 70% de los glaciares de la región, por lo que su evolución es muy relevante como señal climática en esta zona del planeta.

En el caso chileno, estas masas de hielo constituyen una superficie aproximada de 23.000 km², por lo que es indispensable contar con un monitoreo detallado sobre su situación. Por ello, la Dirección General de Aguas creó en 2008 la Unidad de Glaciología con el fin de iniciar un programa glaciológico tendiente a inventariar, estudiar y monitorear glaciares a lo largo del país (RES. DGA N° 1043 de 30 de abril de 2008).

Fruto del trabajo desarrollado por esta unidad, se generó la Estrategia Nacional de Glaciares (ENG), cuya implementación de largo plazo apunta a conocer la cantidad y superficie de éstos por cuenca hidrográfica, el volumen de hielo equivalente en agua de los mismos, su aporte hídrico en términos de escorrentía superficial y su evolución en contexto de cambio climático.

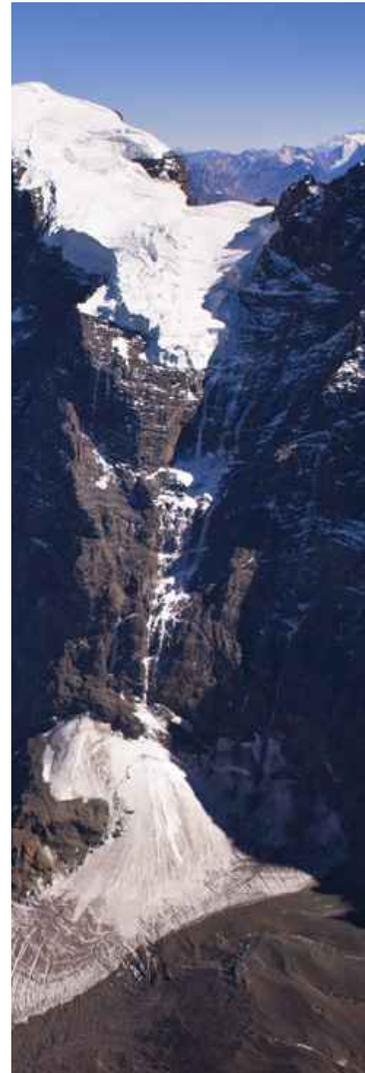
La ENG consta de cinco niveles de detalle, siendo el inventario de glaciares, el que cuenta con información básica para identificar todas las masas glaciares del país y que tras más de cuatro años de trabajo fue finalizado (informe disponible en www.dga.cl).

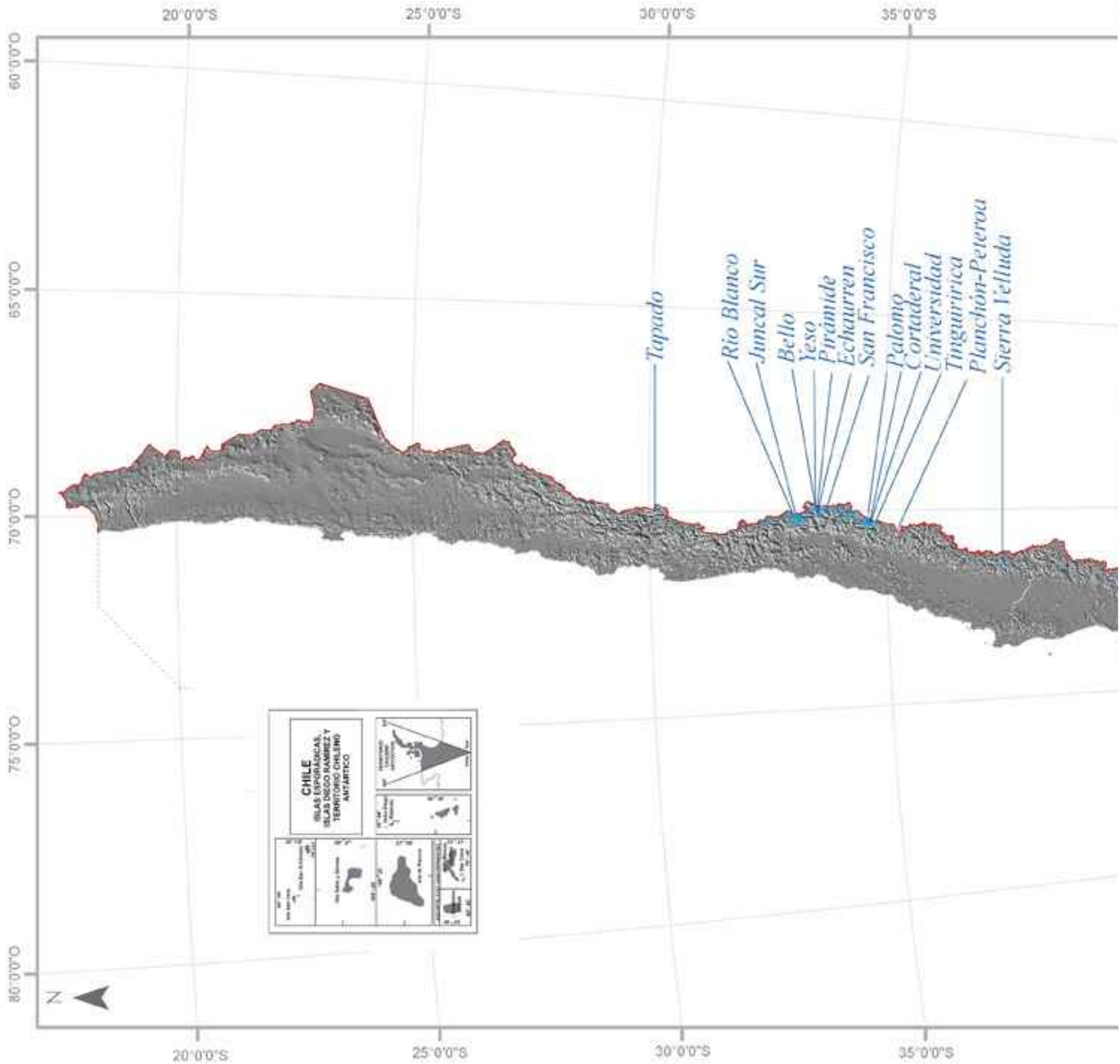
Así, se definieron en la ENG 4 principales zonas glaciológicas; esto dado la extensión de Chile por más de 4.000 km y por las diferencias de elevación desde el nivel del mar hasta cumbres andinas superiores a los 6.000 m. Mientras el norte es árido, el extremo sur es húmedo y los glaciares interactúan con el bosque lluvioso.

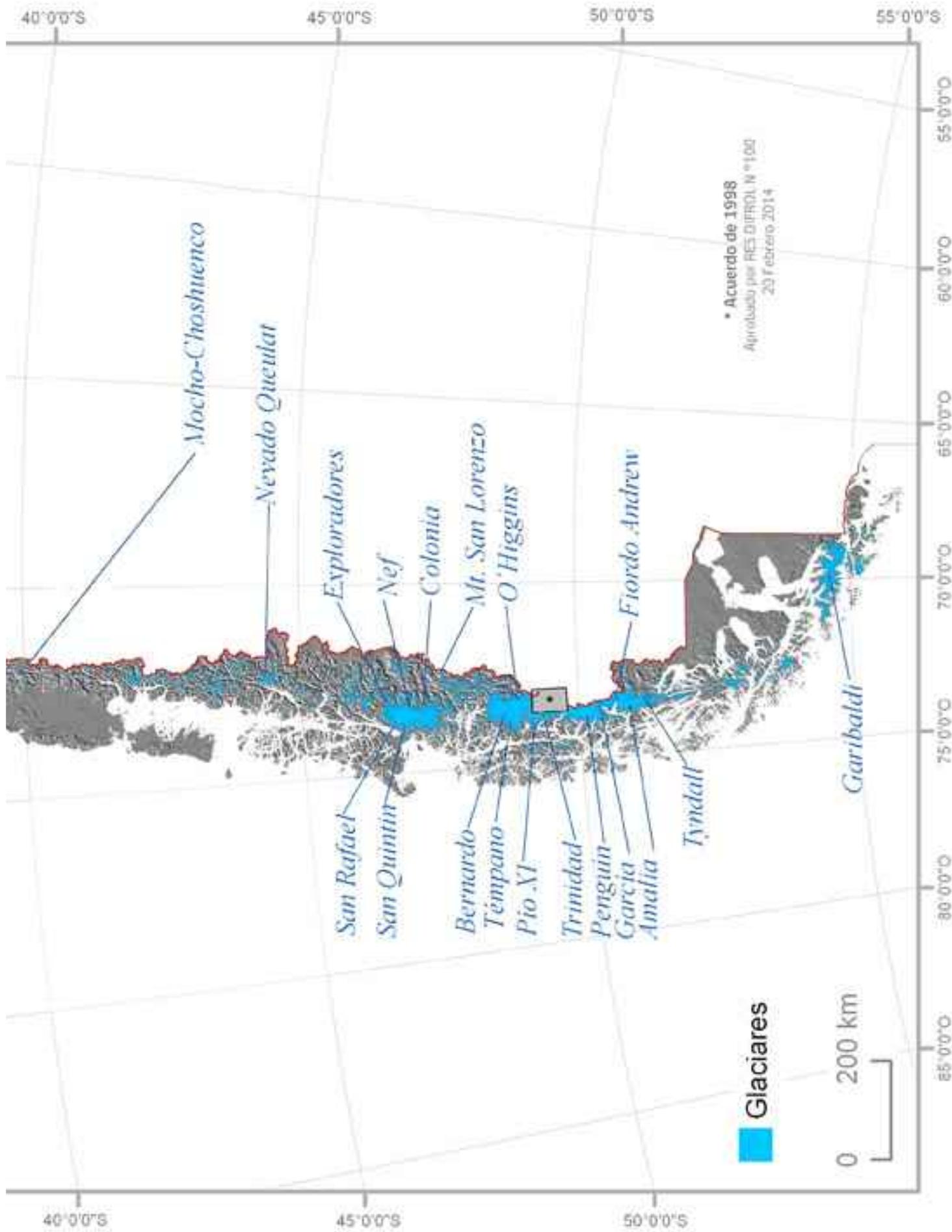
La zona Norte se extiende desde el límite norte hasta la cuenca del río Choapa (32° S) y se caracteriza por su gran aridez, por lo cual los glaciares son en su mayoría escasos, pequeños y se ubican a grandes altitudes. En tanto, la zona Austral abarca desde la cuenca del Río Aysén (46° S) hasta Cabo de Hornos en el extremo sur de Chile (56° S); en esta zona, se encuentran Campos de Hielo Norte y Sur, los cuales representan la mayor superficie glaciaria del país, con glaciares de dimensiones de gran magnitud (área total, S 500 km²), con frentes que terminan en fiordos y lagos de represamiento glacial. El sector se caracteriza por un régimen pluviométrico oceánico, con fuertes precipitaciones que alcanzan su máximo en la parte alta de los Campos de Hielos Patagónicos.

De norte a sur nuestro país posee una diversidad ambiental que refleja distintos tipos de glaciares, teniendo cada uno de ellos sus particularidades, encontrando glaciares descubiertos (hielo limpio), con cubierta de rocas (detritos) y rocosos, los que corresponden a una mezcla entre hielo y detritos.

A continuación, algunas imágenes de los principales glaciares de Chile y del trabajo realizado por la Dirección General de Aguas.







(Fig. 1)

Chile cuenta con glaciares a lo largo de todo el territorio, concentrándose la mayor superficie de éstos en la Zona Austral, específicamente en Campos de Hielo Norte y Sur.

En el mapa se muestran algunos de los glaciares más representativos del país, ya sea por su extensión o por contar con una larga trayectoria de estudios, como es el caso del glaciar Echaurren.

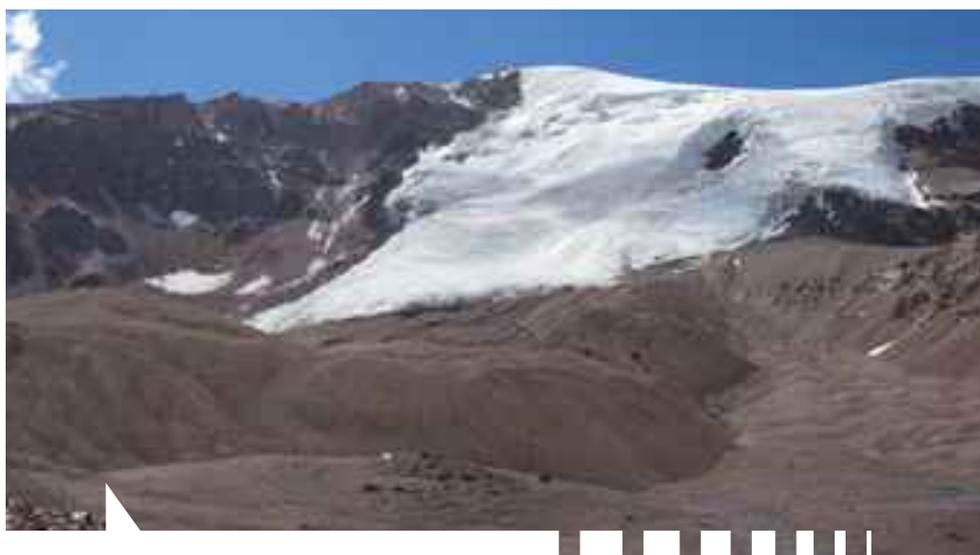






GLACIAR TAPADO
ÁREA CUBIERTA POR UNA CAPA DE DETRITOS. CUENCA DE RÍO ELQUI, REGIÓN DE COQUIMBO. ENERO, 2014.

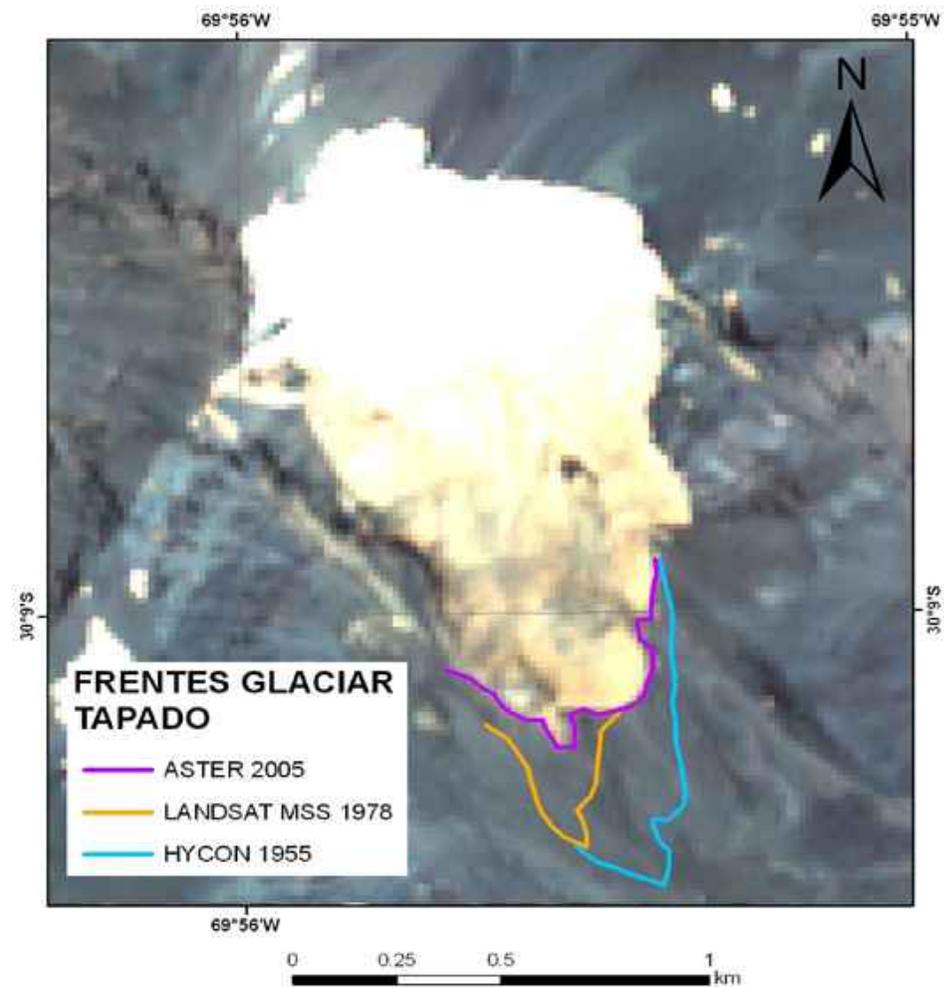




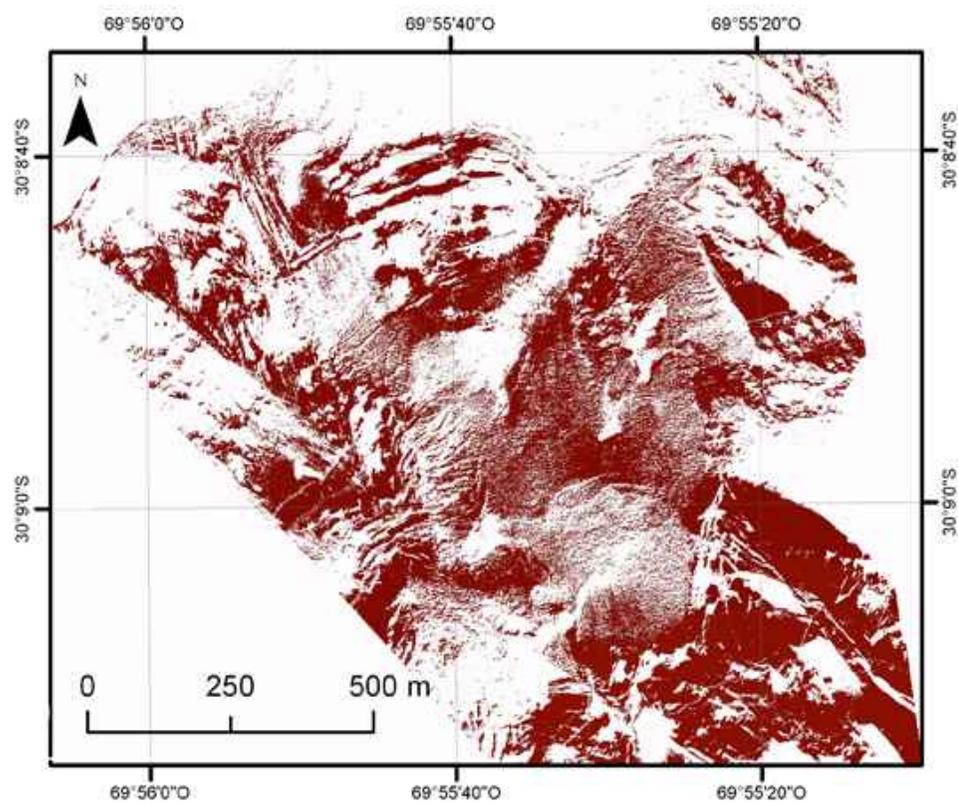
El glaciar Tapado se ubica dentro de la Zona Glaciológica Norte, región de Coquimbo. Presenta una altitud media de 4.800 m.s.n.m.

Morfológicamente corresponde a un "Glaciar de Montaña" con orientación sur-este, cuyos deshielos aportan a la cuenca del Río Elqui. Tiene un espesor medio de 38 m, y una superficie de 2,2 km², lo que lo convierte en el quinto glaciar de mayores dimensiones en toda la zona norte.

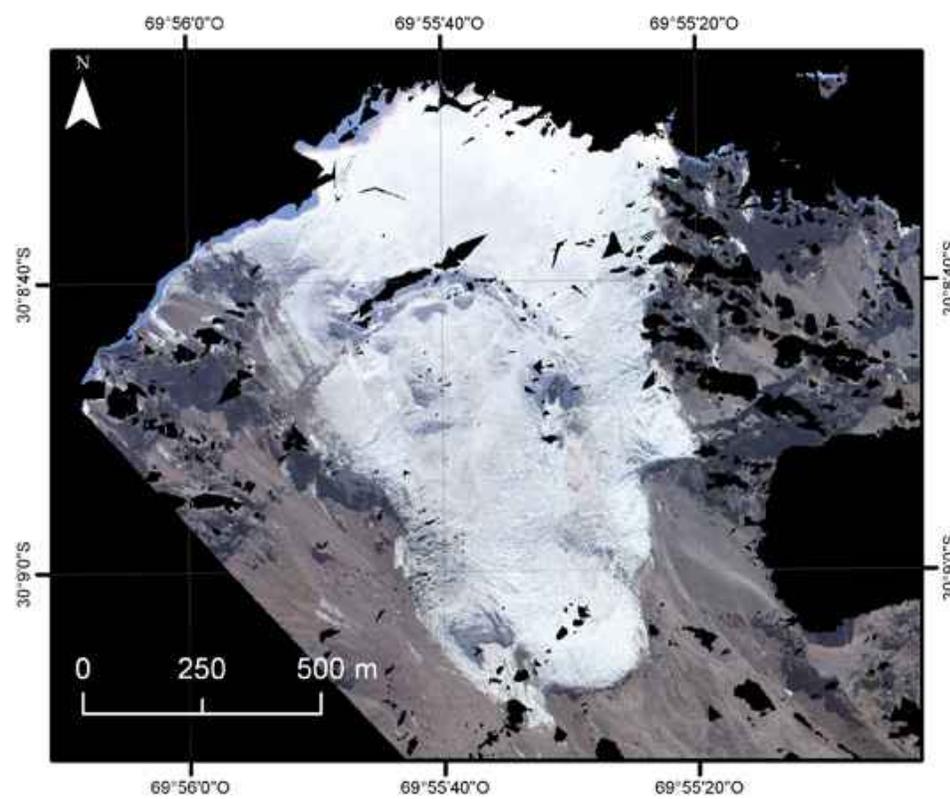
El glaciar Tapado experimentó entre los años 1955 y 2005 una variación areal de -2,40 km², con una tasa de -0,05 km² por año, lo que equivale a un 67% de pérdida total de área. En cuanto a la variación frontal, el glaciar ha retrocedido 315 m.



(Fig. 2) Variaciones históricas del frente glaciar Tapado desde el año 1955 hasta el año 2005.



(Fig. 3) Lidar terrestre, topografía superficial, permite determinar los cambios de elevación glaciar Tapado.



(Fig. 4) Modelo digital de elevación con fotografía.



GLACIAR ROCOSO LAS TOLAS
UBICADO A UN COSTADO DEL GLACIAR TAPADO, CUENCA DE RÍO ELQUI
REGIÓN DE COQUIMBO. ENERO, 2014.

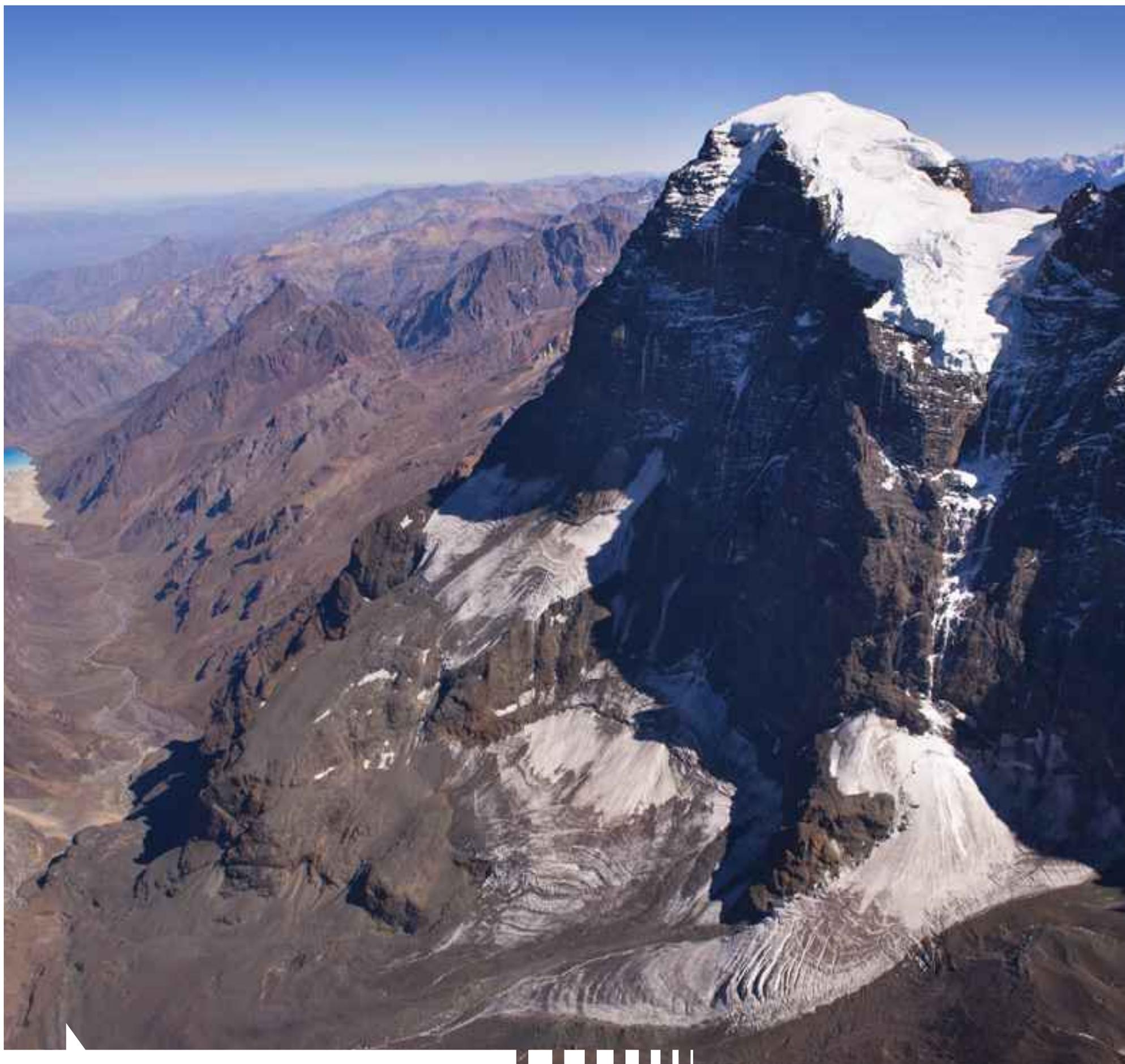


GLACIAR ROCOSO LLANO DE LAS LIEBRES
FRENTE DEL GLACIAR ROCOSO LLANO DE LAS LIEBRES, CUENCA DE RÍO ELQUI,
REGIÓN DE COQUIMBO. FEBRERO, 2014.



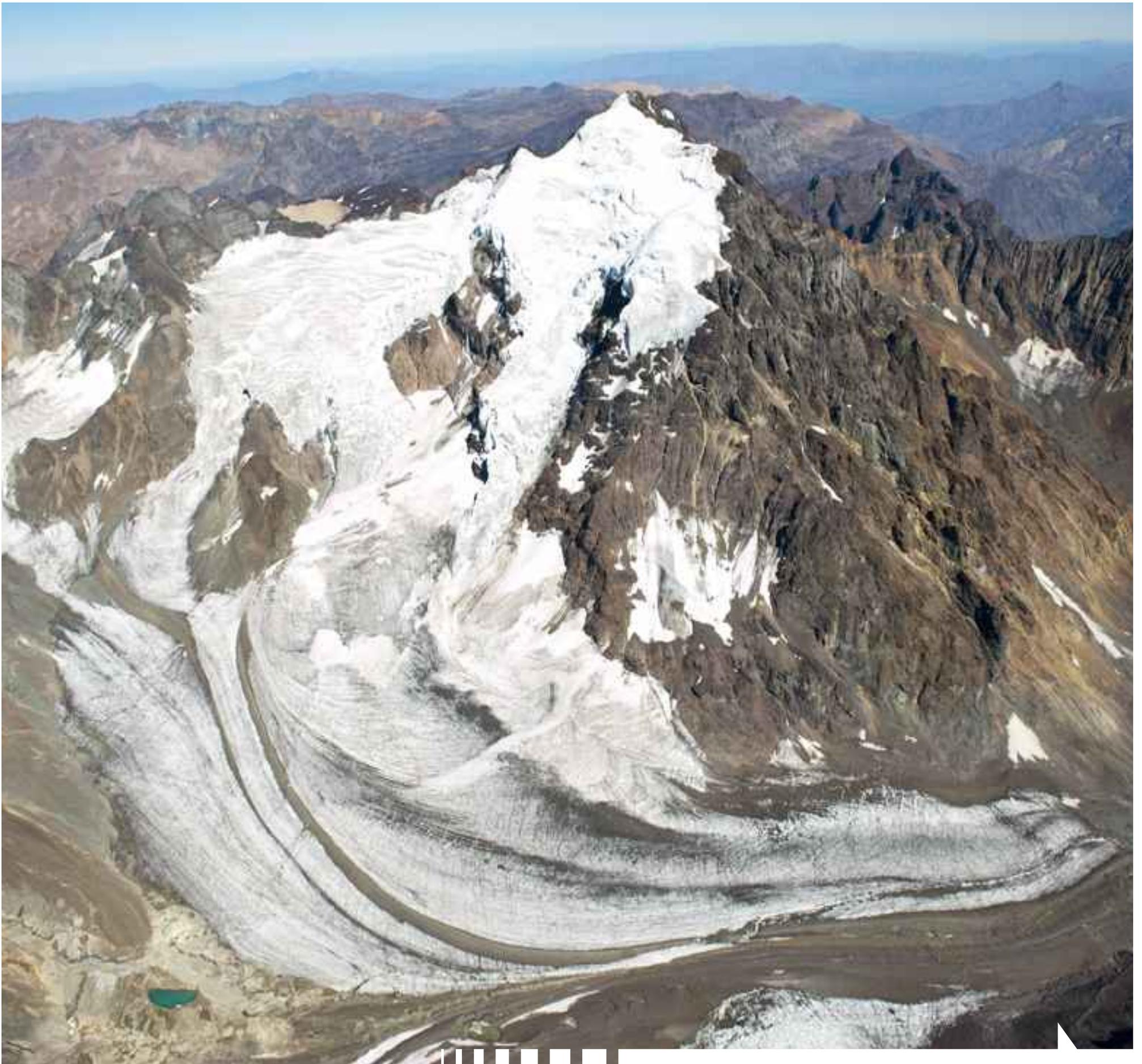


GLACIAR JUNCAL NORTE
CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA, REGIÓN DE VALPARAÍSO. FEBRERO, 2014.



GLACIAR ALTO LOS LEONES
VISTA DESDE LA PARED NORTE. CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA, REGIÓN DE VALPARAÍSO.
FEBRERO, 2014.



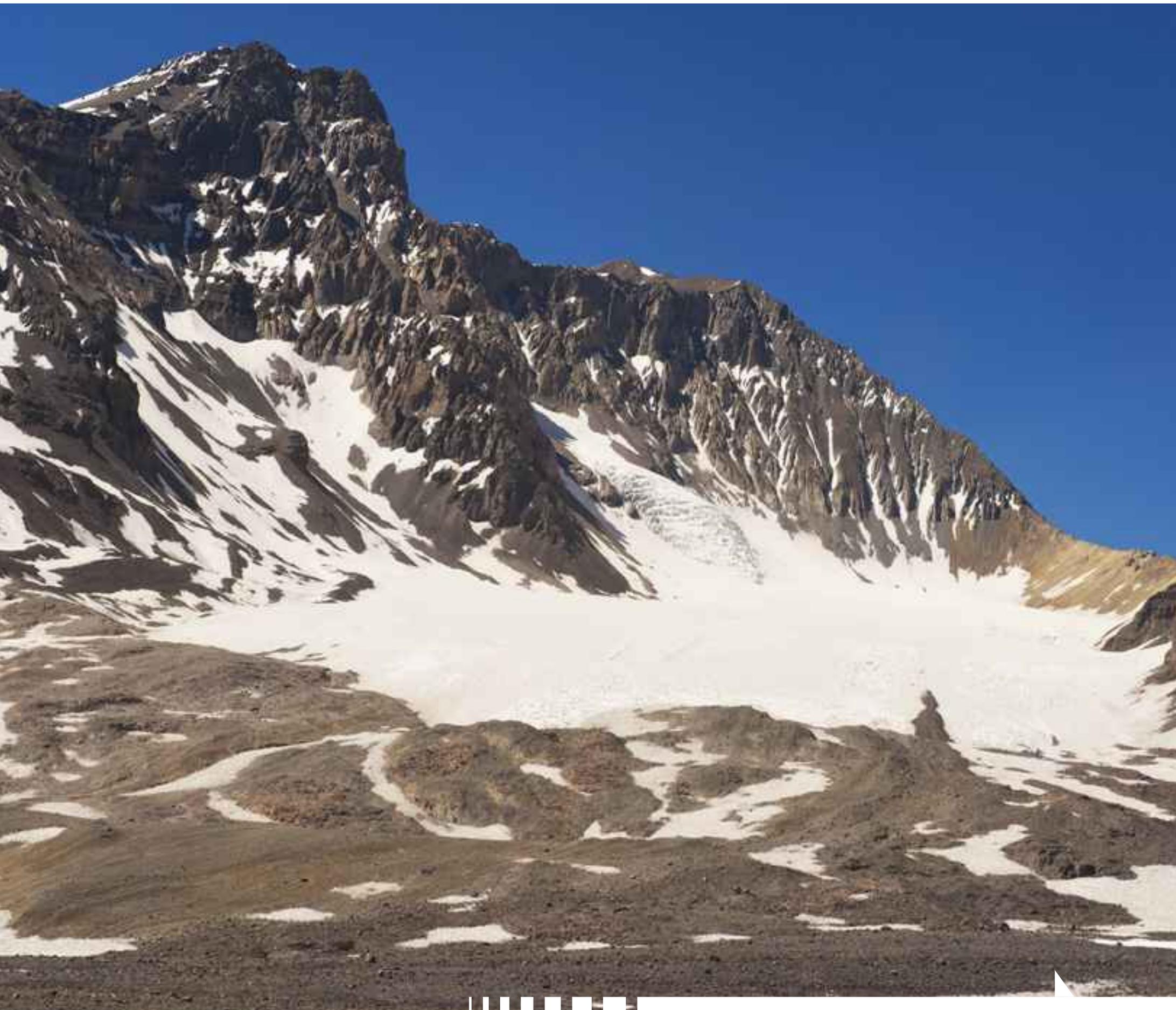


GLACIAR RÍO BLANCO
CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA, REGIÓN DE VALPARAÍSO. FEBRERO, 2014.



GLACIAR JUNCAL SUR
CUENCA DEL RÍO MAIPO, REGIÓN METROPOLITANA. FEBRERO, 2014.





GLACIAR OLIVARES ALFA
CUENCA DEL RÍO MAIPO, REGIÓN METROPOLITANA. DICIEMBRE, 2013.





GLACIAR OLIVARES BETA
VISTA FRONTAL. CUENCA DEL RÍO MAIPO, REGIÓN METROPOLITANA. DICIEMBRE, 2013.

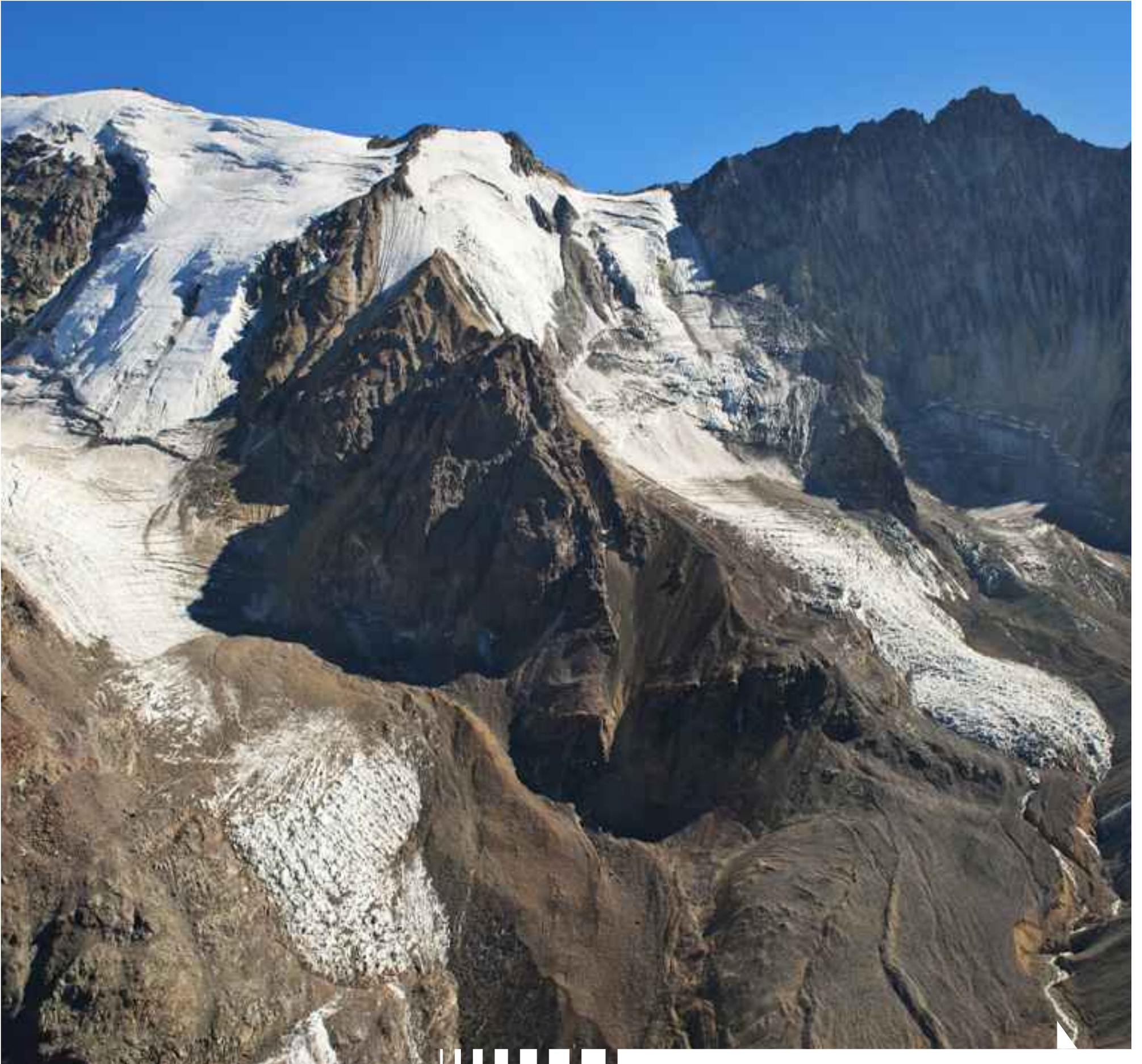


GLACIAR OLIVARES GAMMA
CUENCA DEL RÍO MAIPO, REGIÓN METROPOLITANA. DICIEMBRE, 2013.





GLACIAR LA PALOMA
CUENCA DEL RÍO MAIPO, REGIÓN METROPOLITANA. FEBRERO, 2014.



GLACIAR LA PALOMA
CUENCA DEL RÍO MAIPO, REGIÓN METROPOLITANA. FEBRERO, 2014.



GLACIAR BELLO
CUENCA DEL RÍO MAIPO, REGIÓN METROPOLITANA. FEBRERO, 2014.





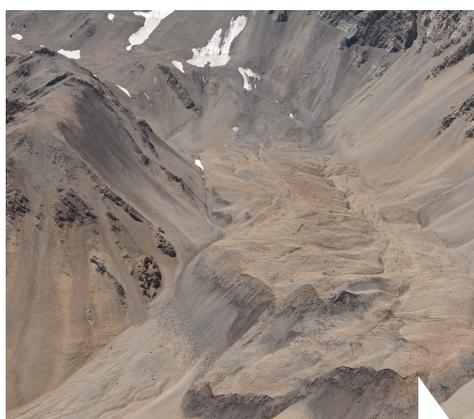
CABECERA DEL GLACIAR YESO, AL FONDO EL CERRO BELLO.
CUENCA DEL RÍO MAIPO, REGIÓN METROPOLITANA. FEBRERO, 2014.



ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA EN EL GLACIAR YESO.
CUENCA DEL RÍO MAIPO, REGIÓN METROPOLITANA. ABRIL, 2013.



GLACIAR BELLO
ESTACIÓN METEOROLÓGICA PORTÁTIL Y MARCO DE ABLACIÓN EN LA SUPERFICIE DEL GLACIAR BELLO. CUENCA DEL RÍO MAIPO, REGIÓN METROPOLITANA. FEBRERO, 2014.



GLACIAR ROCOSO PIRÁMIDE. CUENCA DEL RÍO MAIPO, REGIÓN METROPOLITANA. FEBRERO, 2014.



MEDICIONES GPS EN EL GLACIAR CUBIERTO PIRÁMIDE. CUENCA DEL RÍO MAIPO. ABRIL, 2013.



ESTACIÓN METEOROLÓGICA PORTÁTIL SOBRE LA SUPERFICIE DEL GLACIAR CUBIERTO PIRÁMIDE. FEBRERO, 2014.

GLACIAR CUBIERTO PIRÁMIDE
CUENCA DEL RÍO MAIPO,
REGIÓN METROPOLITANA.
FEBRERO, 2014.





GLACIAR ECHAURREN NORTE
CABECERA DE GLACIAR. CUENCA DEL RÍO MAIPO, REGIÓN METROPOLITANA. ABRIL, 2010.





GLACIAR ECHAUREN SUR Y LAGUNA NEGRA
CUENCA DEL RÍO MAIPO, REGIÓN METROPOLITANA. MARZO, 2012.





GLACIAR MARMOLEJO
CUENCA DEL RÍO MAIPO, REGIÓN METROPOLITANA. FEBRERO, 2014





GLACIAR SAN FRANCISCO
CABECERA DEL GLACIAR. CUENCA DEL RÍO MAIPO, REGIÓN METROPOLITANA. ENERO, 2014.



GLACIAR SAN FRANCISCO
CAMPAÑA DGA. CUENCA DEL RÍO MAIPO, REGIÓN METROPOLITANA. ABRIL, 2013.



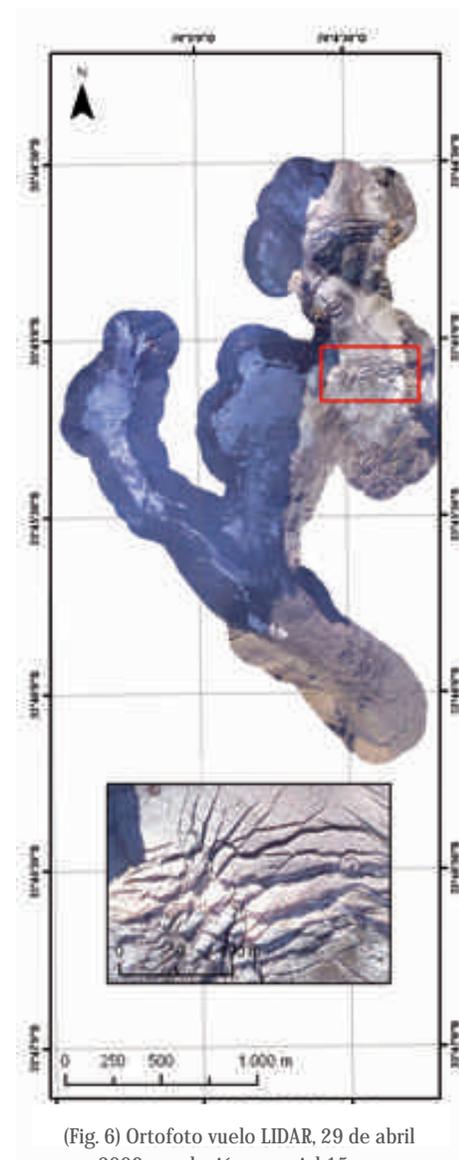


El glaciar San Francisco se ubica dentro de la Zona Glaciológica Centro, en la Región Metropolitana de Santiago, comuna de San José de Maipo. Presenta una altitud media 3.045 m.s.n.m.

Morfológicamente corresponde a un "Glaciar de Montaña" con orientación sur, cuyos deshielos aportan a la cuenca del río Maipo. Tiene un espesor medio de 31,2 m. y una superficie de 1,3 km².



(Fig. 5) Imagen satelital ASTER 2011, resolución espacial 15 m.

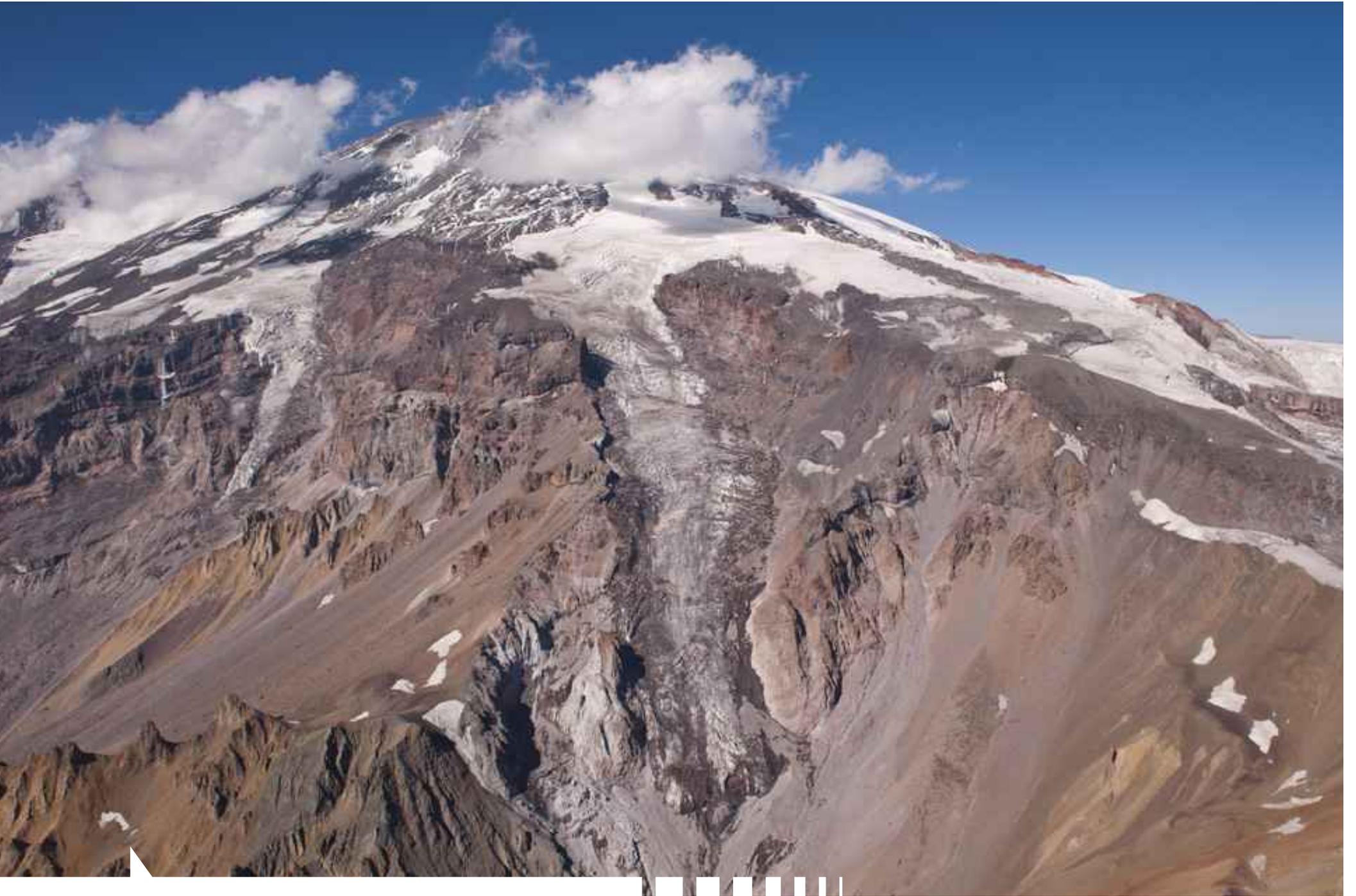


(Fig. 6) Ortofoto vuelo LIDAR, 29 de abril 2009, resolución espacial 15 cm.



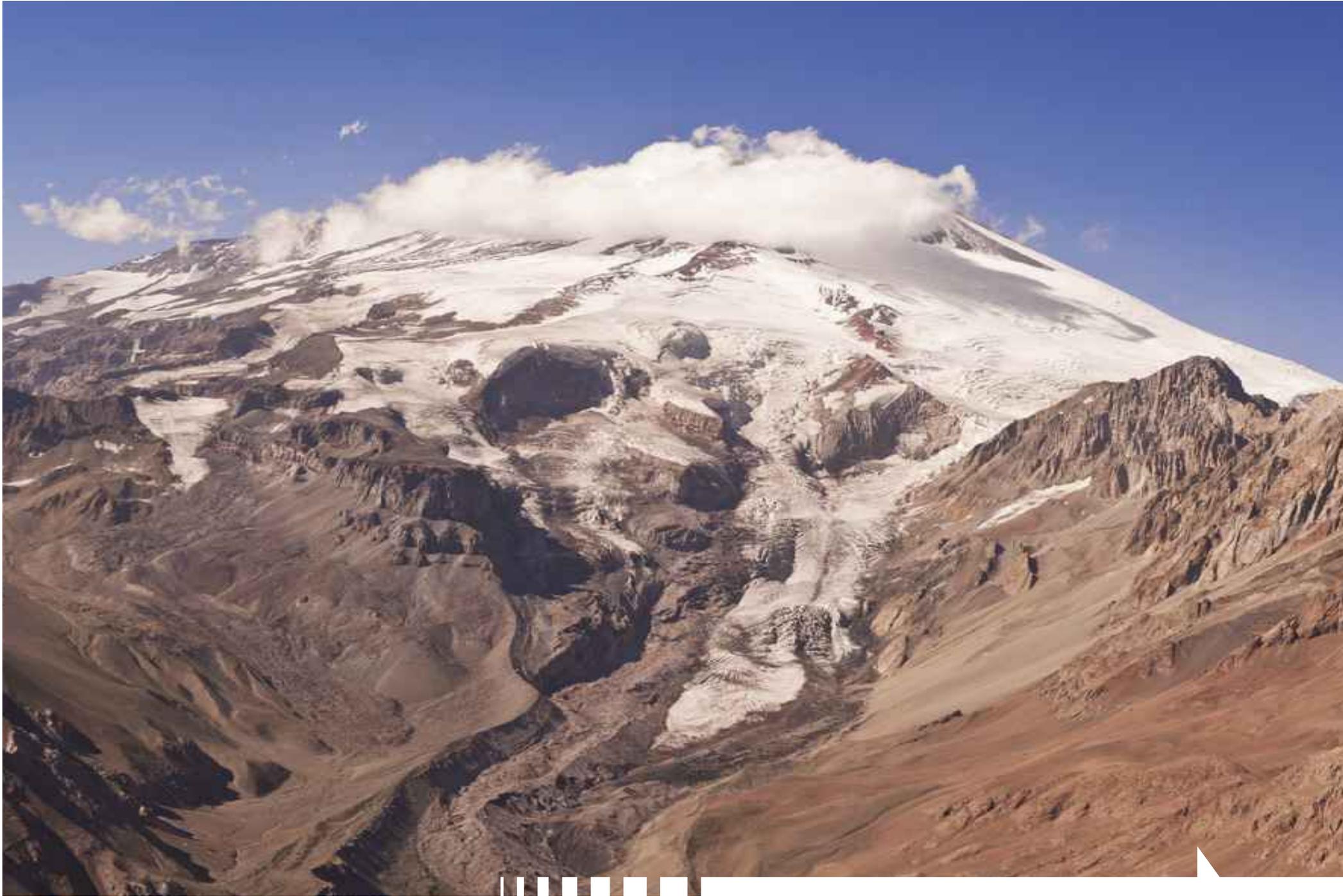
PERSONAL DE LA DGA REALIZANDO MEDICIONES GPS EN EL GLACIAR SAN FRANCISCO. MARZO, 2010.





GLACIARES DEL VOLCÁN SAN JOSÉ
CUENCA DEL RÍO MAIPO, REGIÓN METROPOLITANA. FEBRERO, 2014.





GLACIAR NIEVES NEGRAS
CUENCA DEL RÍO MAIPO, REGIÓN METROPOLITANA. FEBRERO, 2014.



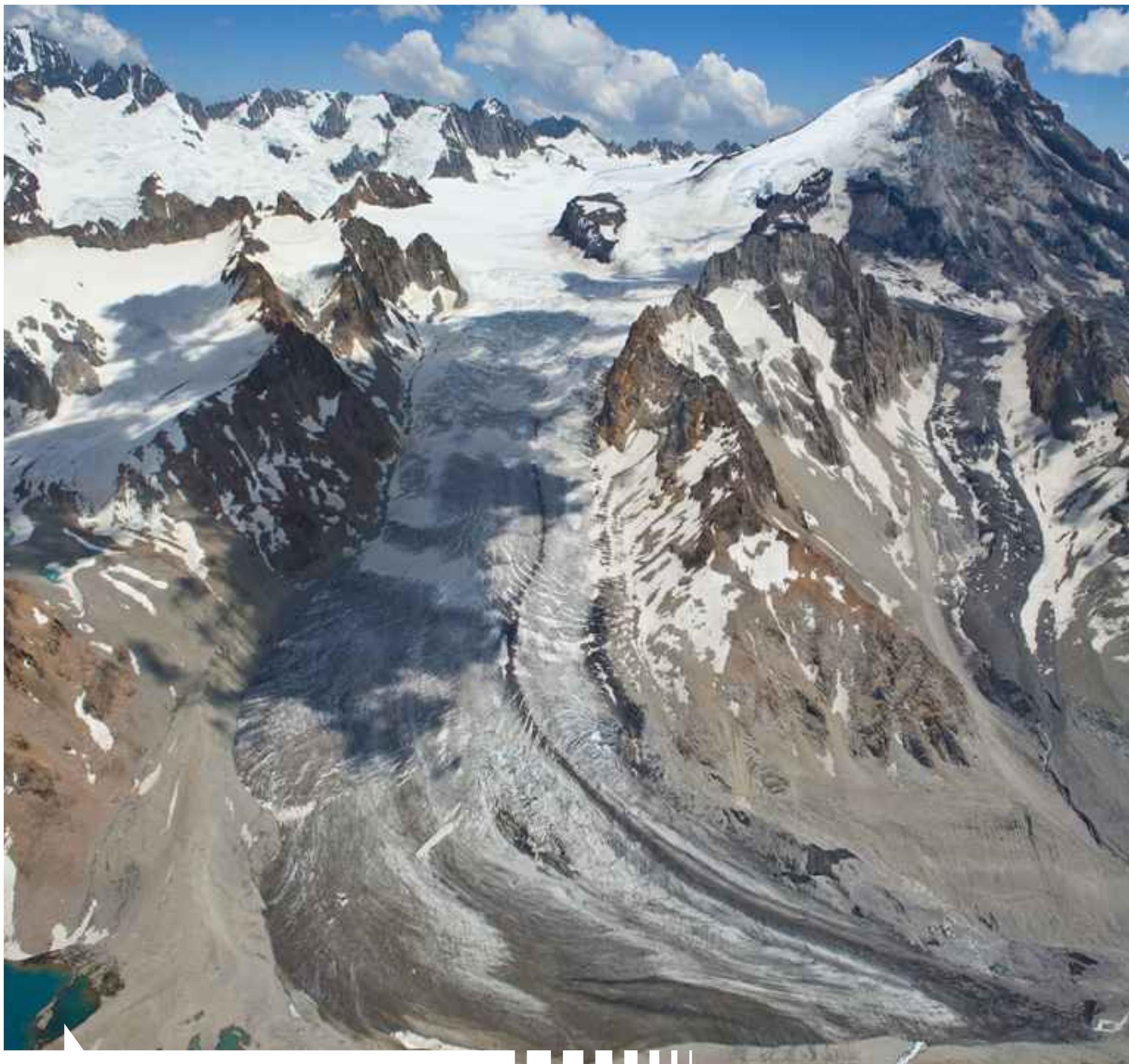
GLACIAR CUBIERTO CACHAPOAL
CUENCA DEL RÍO RAPEL, REGIÓN DEL LIBERTADOR BERNARDO O´HIGGINS. DICIEMBRE, 2011.





GLACIAR CIPRESES
CUENCA DEL RÍO RAPEL, REGIÓN DEL LIBERTADOR BERNARDO O´HIGGINS. DICIEMBRE, 2013.





GLACIAR CORTADERAL
CUENCA DEL RÍO RAPEL, REGIÓN DEL LIBERTADOR BERNARDO O´HIGGINS. MAYO, 2012.





GLACIAR UNIVERSIDAD
CUENCA DEL RÍO RAPEL, REGIÓN DEL LIBERTADOR BERNARDO O´HIGGINS. MAYO, 2012.





GLACIAR UNIVERSIDAD
CUENCA DEL RÍO RAPEL, REGIÓN DEL LIBERTADOR BERNARDO O´HIGGINS. MAYO, 2012.





El glaciar Universidad se ubica dentro de la Zona Glaciológica Centro, en la Región del Libertador Bernardo O'Higgins, comuna de San Fernando. Presenta una altitud media de 3.376 m.s.n.m.

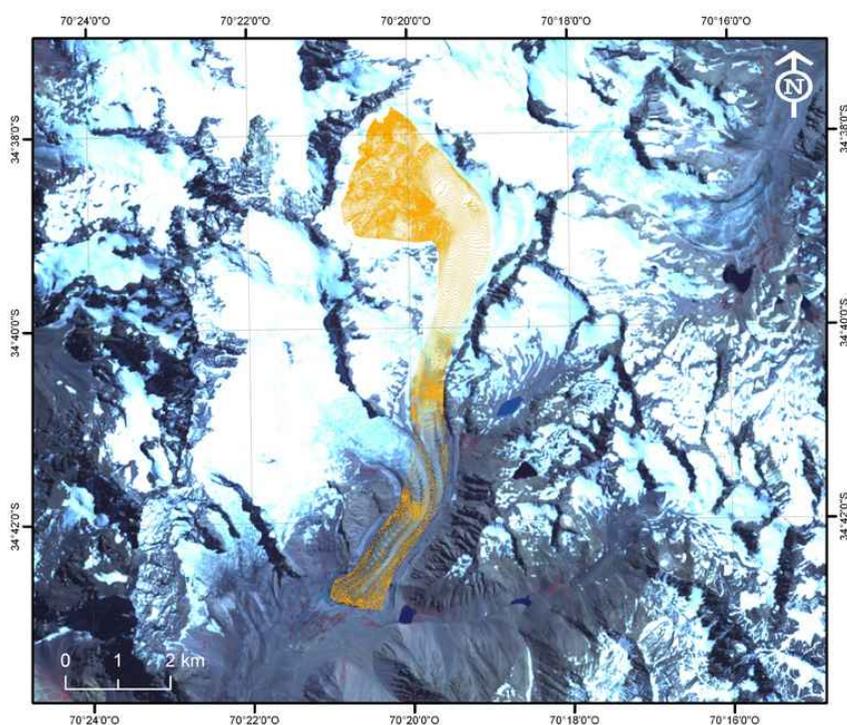
Morfológicamente corresponde a un "Glaciar de Valle" con orientación sur-este, cuyos deshielos aportan a la cuenca del río Rapel. Tiene un espesor medio de 162 m. y una superficie de 27,6 km², lo que lo convierte en el glaciar de mayores dimensiones en toda la zona centro.

El glaciar Universidad experimentó entre los años 1945 y 2011 una variación areal de -1,99 km², con una tasa de -0,03 km² por año, esto equivale a un 6% de pérdida total de área. En cuanto a la variación frontal el glaciar ha retrocedido 1.430 m. entre los años 1945 y 2011 a una tasa de -22 m. por año.



FRENTE DEL GLACIAR UNIVERSIDAD. CUENCA DEL RÍO RAPEL, REGIÓN DEL LIBERTADOR BERNARDO O'HIGGINS. MAYO, 2012.

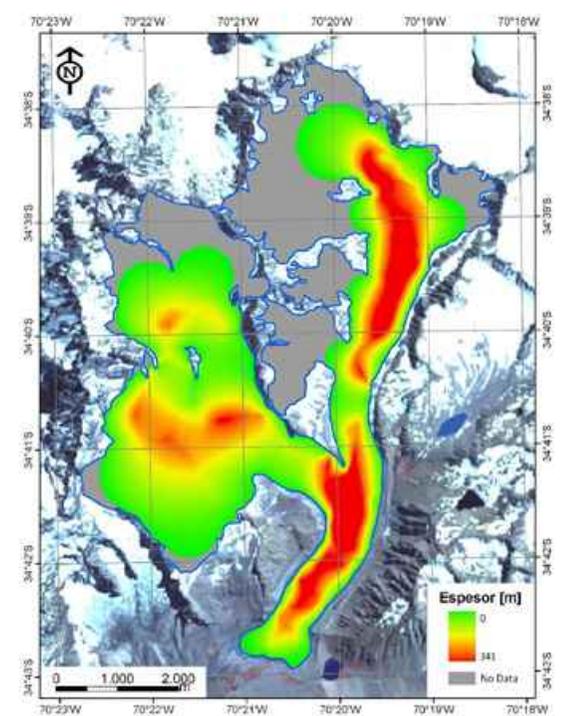
(Fig. 7) Lidar Aéreo, topografía superficial, permite determinar los cambios de elevación.



(Fig. 8) Variaciones históricas del frente del glaciar Universidad desde el año 1945 hasta el año 2010.



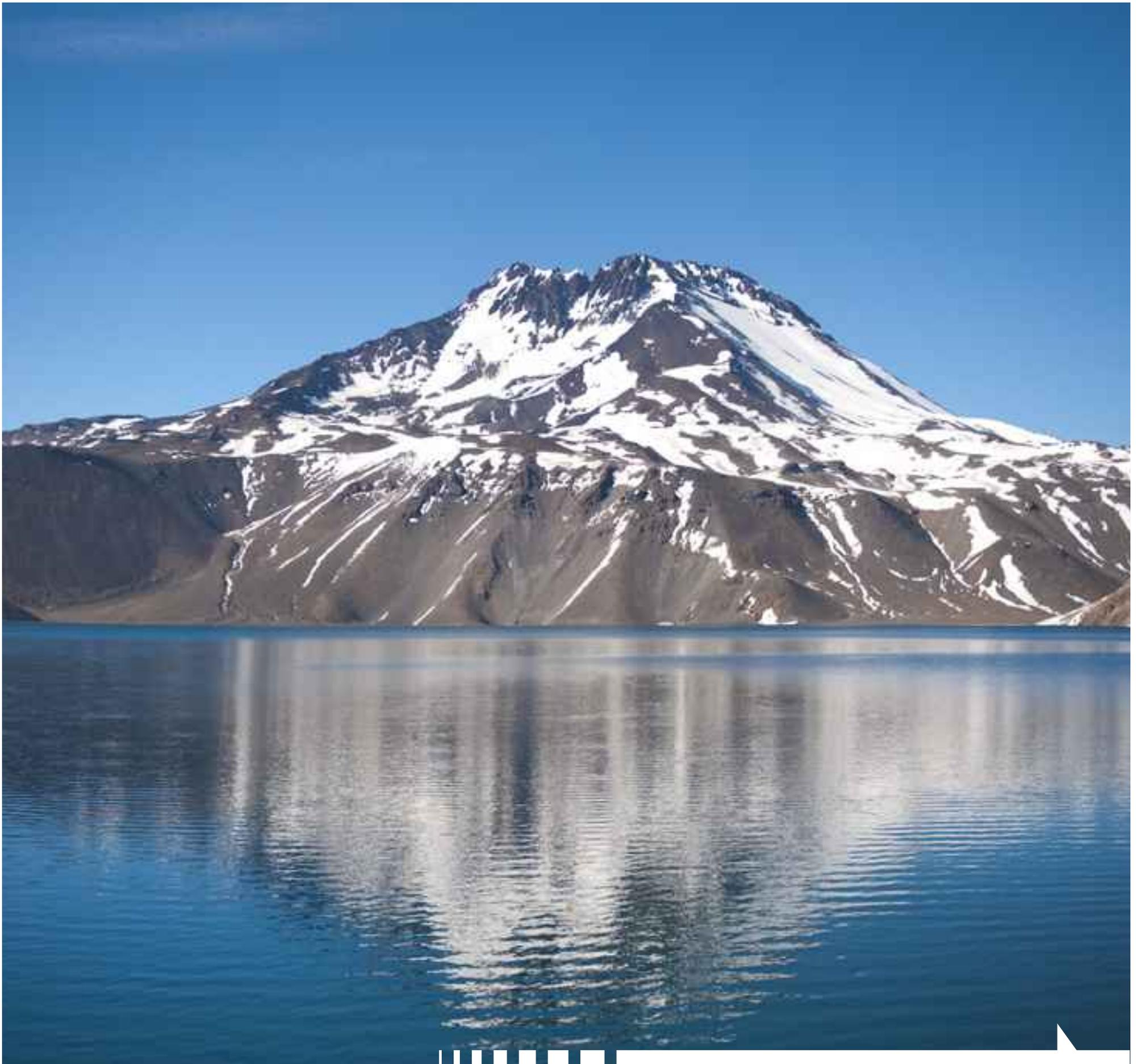
(Fig. 9) Espesores de hielo, determinado mediante radar aéreo.





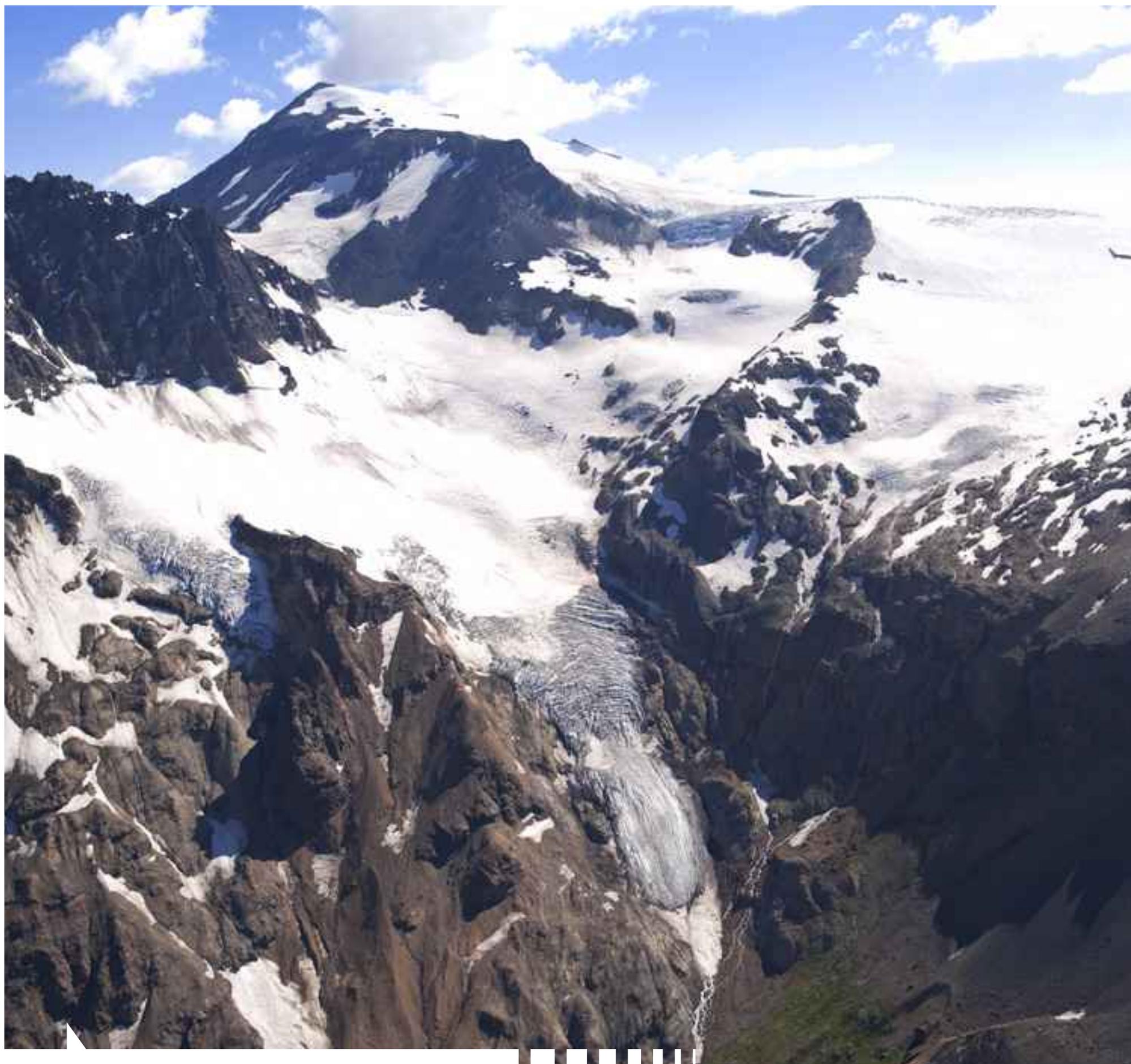
TINGUIRIRICA
GLACIARES DE LA CUENCA DEL RÍO TINGUIRIRICA. REGIÓN DEL LIBERTADOR BERNARDO O´ HIGGINS DICIEMBRE, 2012.





VOLCÁN PLANCHÓN
VOLCÁN PLANCHÓN Y LAGUNA DE TENO. CUENCA RÍO MATAQUITO,
REGIÓN DEL LIBERTADOR BERNARDO O´HIGGINS. DICIEMBRE, 2012.





GLACIAR DEL VOLCÁN AZUFRE
CUENCA DEL RÍO MATAQUITO, REGIÓN MAULE. DICIEMBRE, 2013.





ACERCAMIENTO GLACIAR DEL VOLCÁN AZUFRE. REGIÓN DEL MAULE, DICIEMBRE, 2013.



GLACIAR DEL VOLCÁN AZUFRE. DICIEMBRE, 2013.



NEVADOS DE CHILLÁN
CUENCA DEL RÍO ITATA, REGIÓN DEL BÍO-BÍO. DICIEMBRE, 2012.





(David Farias - DGA)

VOLCÁN ANTUCO
CUMBRE NEVADA DEL VOLCÁN ANTUCO. CUENCA DEL RÍO BÍO-BÍO, REGIÓN DE BÍO-BÍO. SEPTIEMBRE, 2011.





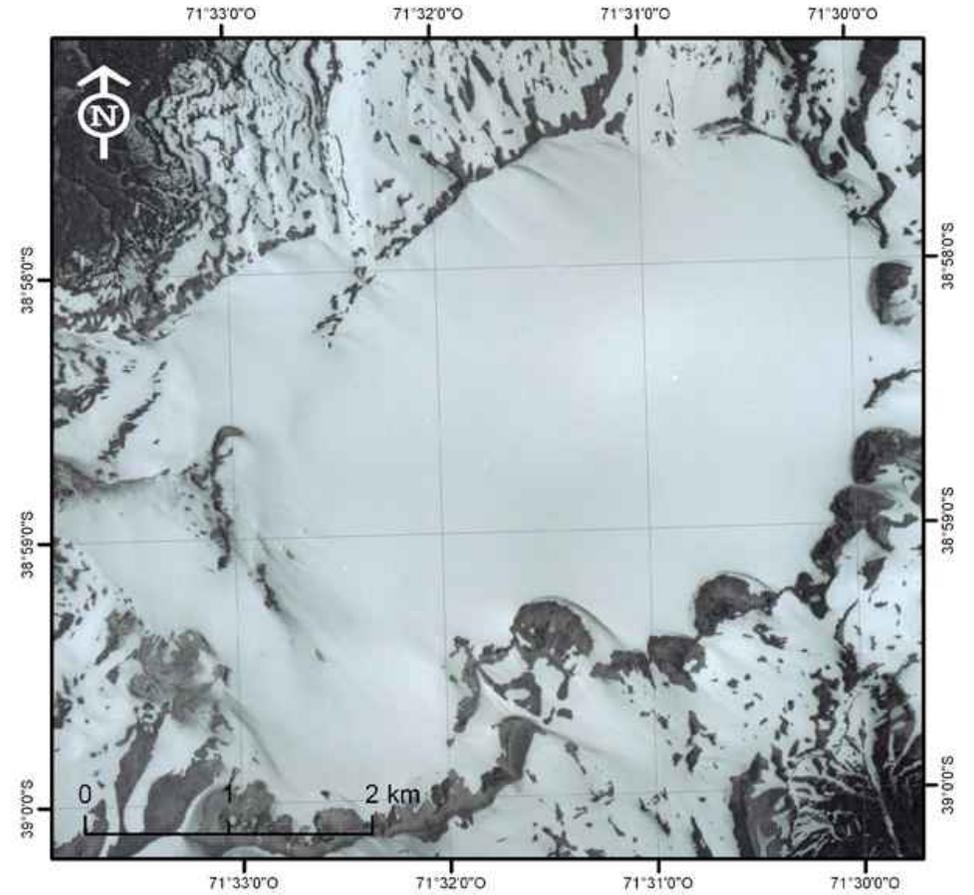
SIERRA VELLUDA
GLACIARES DEL VOLCÁN SIERRA VELLUDA. CUENCA DEL RÍO BÍO-BÍO, REGIÓN DE BÍO-BÍO. DICIEMBRE, 2012.



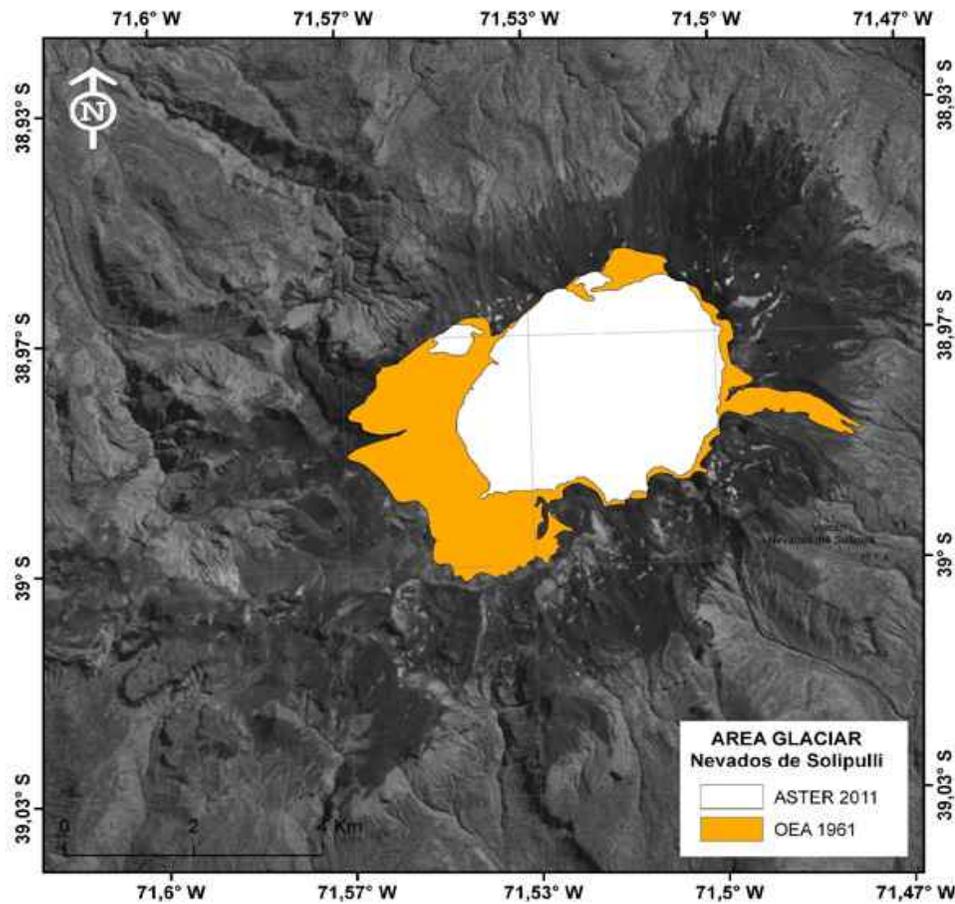
(David Farías - DGA)



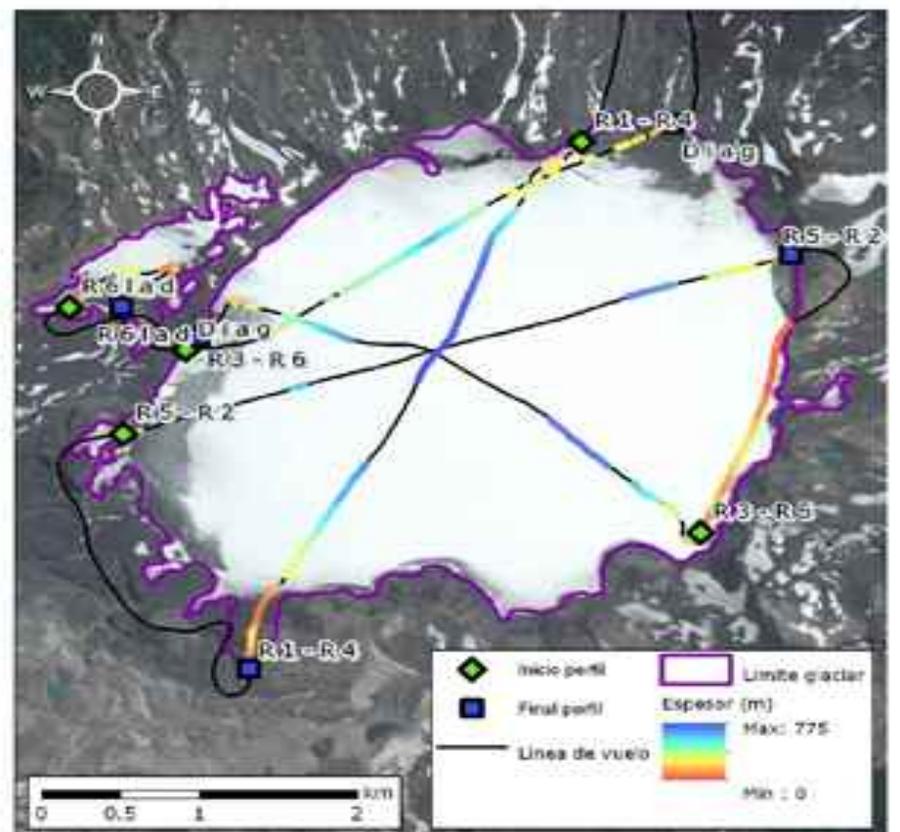
El glaciar Nevados de Sollipulli se ubica dentro de la Zona Glaciológica Sur, en la Región de la Araucanía. Presenta una altitud media de 2.082 m.s.n.m. Morfológicamente corresponde a un "Glaciar de Montaña" con orientación oeste, cuyos deshielos aportan a la cuenca del río Toltén. Tiene un espesor medio de 300 m. y una superficie de 11,8 km². El glaciar Nevados de Sollipulli experimentó entre los años 1961 y 2011 una variación areal de -8 km², con una tasa de -0,16 km² por año, esto equivale a un 41% de pérdida total de área.



(Fig. 10) Fotografía aérea, Vuelo OEA 1961.



(Fig. 11) Variaciones históricas del área glaciar Sollipulli desde 1961 hasta 2011.



(Fig. 12) Espesores de hielo, determinado mediante radar aéreo.

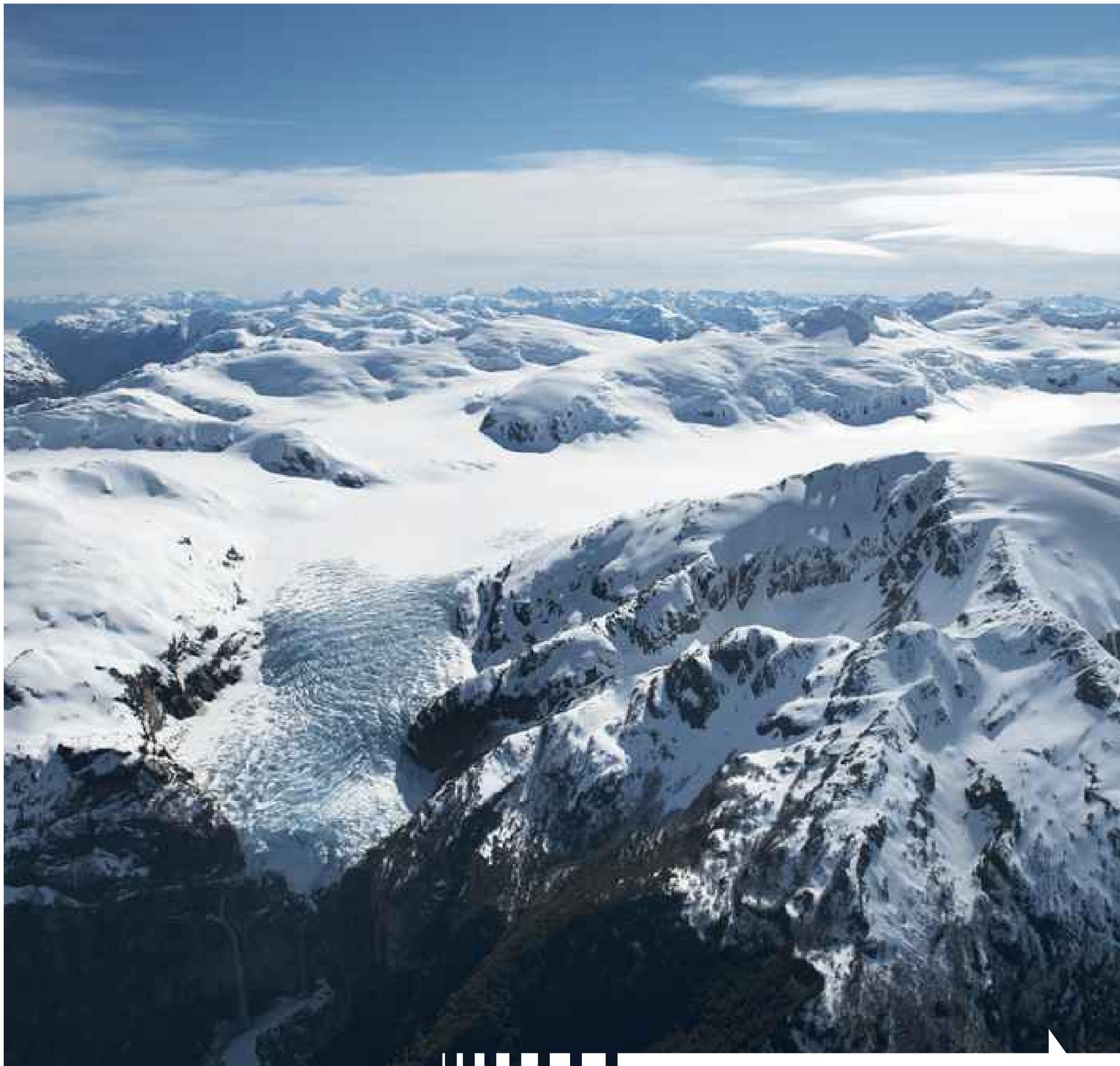


David Farias - DGA

VOLCÁN MOCHO

CUMBRE NEVADA DEL VOLCÁN MOCHO. CUENCA DEL RÍO BUENO, REGIÓN DE LOS RÍOS. NOVIEMBRE, 2011.



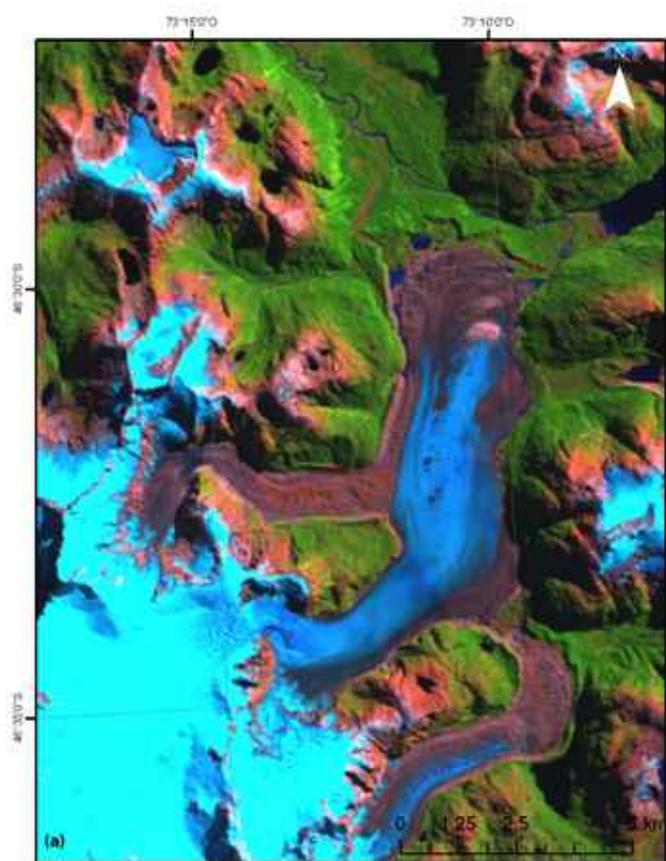


GLACIAR NEVADOS DE QUEULAT
CUENCA DEL RÍO COSTERAS E ISLAS, ENTRE RÍO PALENA Y RÍO AYSÉN, REGIÓN DE AYSÉN, OCTUBRE, 2013.

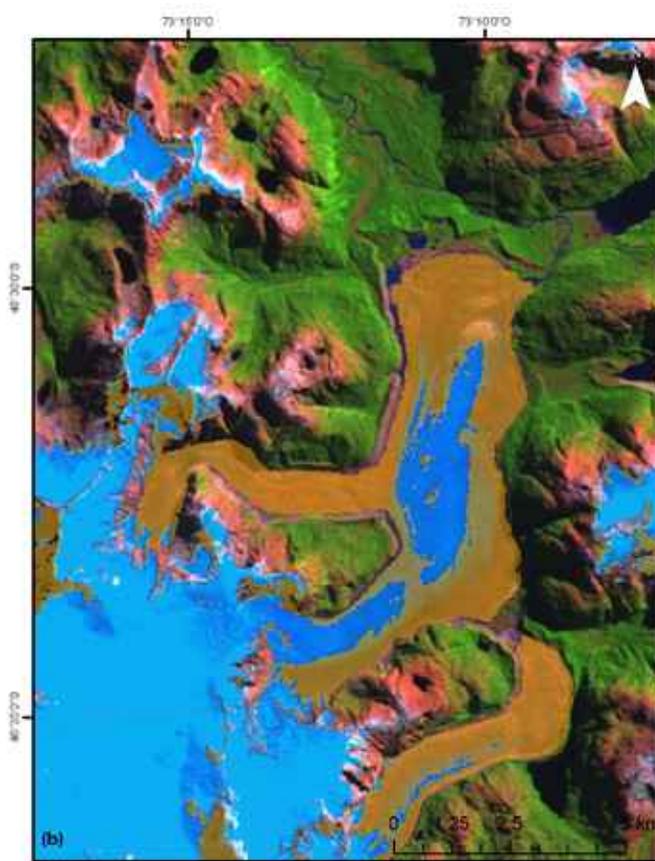


GLACIAR EXPLORADORES
MORRENA DEL GLACIAR, AL FONDO EL MONTE SAN VALENTÍN. CAMPO DE HIELO NORTE. ENERO, 2009.





(Fig. 13) Imagen satelital Landsat ETM+ 2005, composición RGB rango visible; utilizada para determinar el área del glaciar y analizar la superficie cubierta con detritos.



(Fig. 14) Superficie del glaciar cubierta con fragmentos de roca; determinado mediante métodos de percepción remota.

El glaciar Exploradores se ubica dentro de la Zona Glaciológica Austral, en la Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, comuna de Aysén. Presenta una altitud media de 1.600 m.s.n.m.

Morfológicamente corresponde a un “Glaciar Efluente de Campo de Hielo Norte” con orientación norte, cuyos deshielos aportan a las cuencas costeras de la región. Tiene un espesor medio de 138,5 m. y una superficie de 83,8 km².



Estación meteorológica automática ubicada en la zona de ablación del glaciar Exploradores, Campo de Hielo Norte. Noviembre, 2013.



INSTALACIÓN DE BALIZAS EN EL GLACIAR EXPLORADORES, CAMPO DE HIELO NORTE. ENERO, 2009.



GLACIAR COLONIA
VISTA DEL CORDÓN AYSÉN DESDE LA MESETA DEL GLACIAR COLONIA.
CAMPO DE HIELO NORTE. AGOSTO, 2012.





Campo de Hielo Norte

Las primeras actividades glaciológicas en Campo de Hielo Norte se iniciaron en la temporada estival 2008/2009, mediante una red de estaciones meteorológicas instaladas para cuantificar las diferencias climatológicas (precipitación, temperatura del aire, radiación solar y otras variables esenciales del clima, ECVs) en las fachadas oeste y este de Campo de Hielo. En sus inicios, el programa estuvo centrado en el glaciar Exploradores, en los sectores bajos de los glaciares San Rafael (fachada occidental), Nef y Colonia (fachada oriental), incluyendo el lago Cachet-2, cuyos súbitos vaciamientos era necesario monitorear para implementar un sistema de alerta temprana. No obstante, la parte alta de Campo de Hielo Norte requirió mayor atención y planificación. En agosto de 2009 se realizó la primera campaña invernal DGA a la parte alta del glaciar San Rafael. Un campamento liviano, realizado con apoyo aéreo desde Cochrane, posibilitó el inicio de mediciones nivométricas para caracterizar el manto nival en condiciones de máximo frío. El desafío siguiente fue instalar la primera cápsula polar en febrero de 2010, estructura de 18 m² destinada a albergar personas para realizar mediciones terrestres en la misma meseta. Ello, con el fin de extender las observaciones hasta el glaciar Colonia, dándole conectividad a la meseta, al unir las zonas de acumulación de los glaciares San Rafael, San Quintín y Colonia. Este primer paso se dio en agosto de 2010, consolidándose como el inicio de mediciones terrestres con sistema

de posicionamiento global (GPS) y radar de penetración terrestre (GPR) a lo largo de más de 40 km, lo que significó una logística mayor al tener que disponer de motos de nieve para transitar en la meseta. Nuevas campañas invernales en los periodos 2011 y 2012 incluyeron la instalación de la primera estación meteorológica con transmisión satelital a una elevación de 1.200 m. Esto es clave para cuantificar las variables esenciales del clima, mediante una estación de referencia, que permita cuantificar la interacción glaciar-clima y conocer su evolución en el contexto de cambio climático. Otras mediciones glaciológicas específicas llevadas a cabo en la meseta incluyeron la realización de levantamientos de topografía superficial con sistemas de altimetría aérea láser (LIDAR), realizadas por primera vez de manera simultánea con mediciones terrestres para la estimación de la precisión y validación. Actualmente, la estación glaciológica glaciar San Rafael (EGGSR) consta de 2 cápsulas polares de 18 m² cada una, que permiten albergar a investigadores por periodos prolongados de tiempo, más una estación meteorológica fija que funciona de manera automática y envía los datos en tiempo real. De esta forma, Campo de Hielo Norte cuenta con observaciones permanentes en seis puntos, los que posibilitan la realización de mediciones en glaciares representativos y el monitoreo de largo plazo para definir la respuesta futura de los glaciares al calentamiento global.



GLACIAR SAN RAFAEL
FRENTA DEL GLACIAR SAN RAFAEL Y LAGUNA SAN RAFAEL, CAMPO DE HIELO NORTE. MAYO, 2012.





GLACIAR SAN RAFAEL
PARTE ALTA DEL GLACIAR, CAMPO DE HIELO NORTE. AGOSTO 2012.



ARMADO DE LA PRIMERA CÁPSULA POLAR EN EL GLACIAR SAN RAFAEL. FEBRERO, 2010.



CAMPAMENTO BASE PARA REALIZAR LAS MEDICIONES GLACIOLÓGICAS EN EL GLACIAR SAN RAFAEL. FEBRERO, 2010.



PRIMERA EXPEDICIÓN A LA MESETA DEL GLACIAR SAN RAFAEL, CAMPO DE HIELO NORTE. AGOSTO, 2009.



GROUND PENETRATING RADAR (GPR) PARA DETERMINAR EL ESPESOR DEL MANTO INVERNAL EN LA MESETA DEL GLACIAR SAN RAFAEL. AGOSTO, 2011.



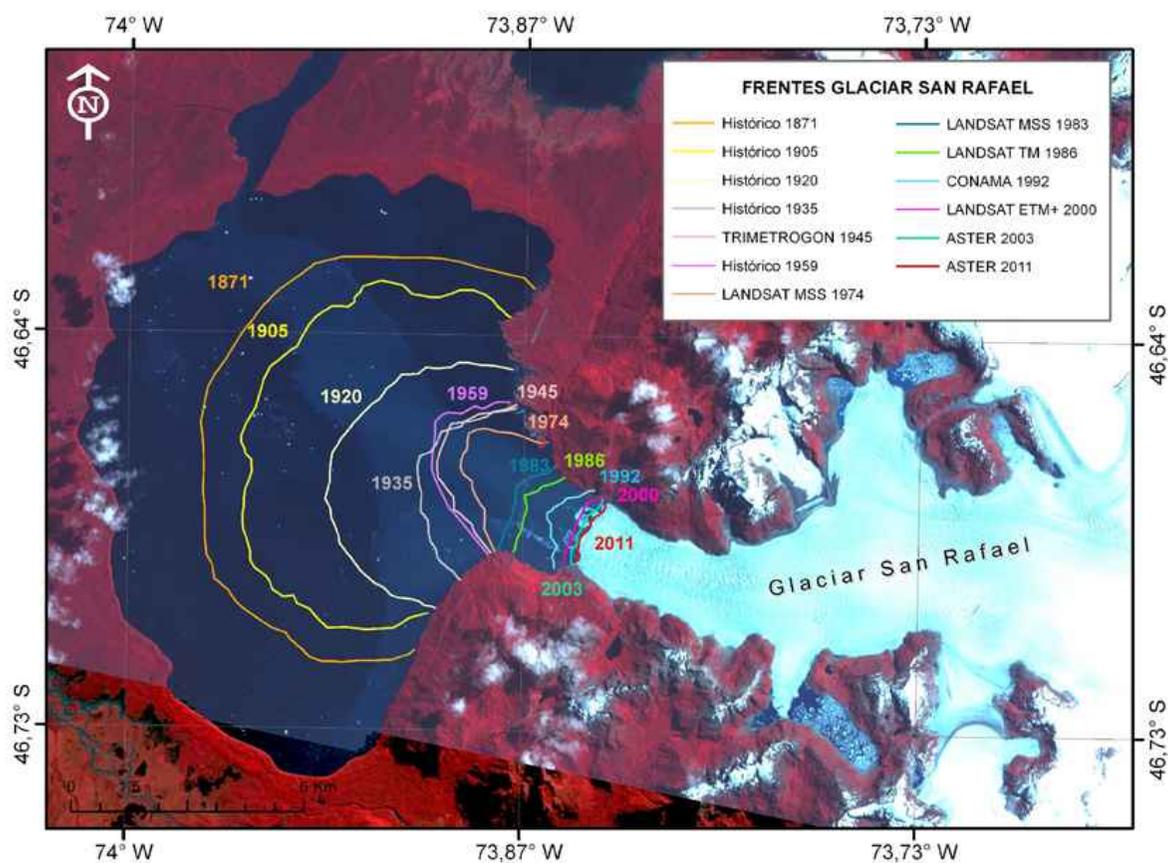
MEDICIONES DE GPR TERRESTRE PARA DETERMINAR EL ESPESOR DEL HIELO GLACIAR EN LA MESETA.



MEDICIONES SIMULTANEAS DEL TIPO LIDAR PARA DETERMINAR LA TOPOGRAFÍA SUPERFICIAL DE DETALLE Y DE GPS.



INSTALACIÓN DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA FIJA EN LA MESETA DEL GLACIAR SAN RAFAEL. AGOSTO, 2013.

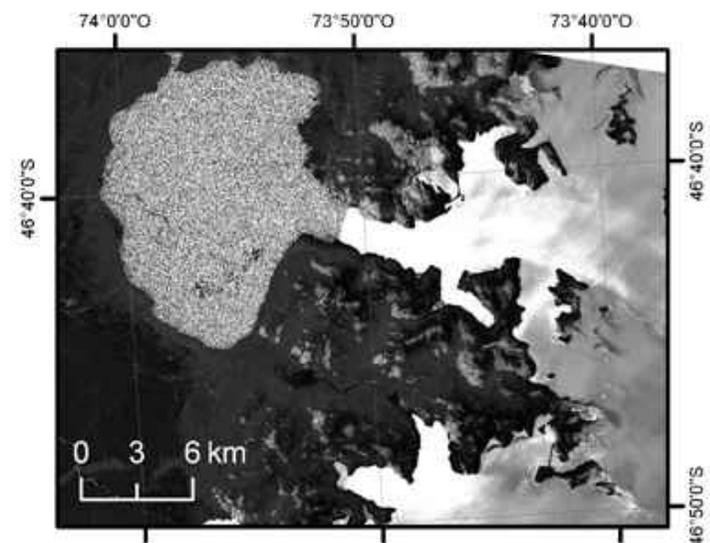


(Fig. 15) Variaciones frontales glaciar San Rafael, Campo de Hielo Norte, Imagen ASTER 2011. Determinación del retroceso histórico desde el año 1871 hasta el año 2011.

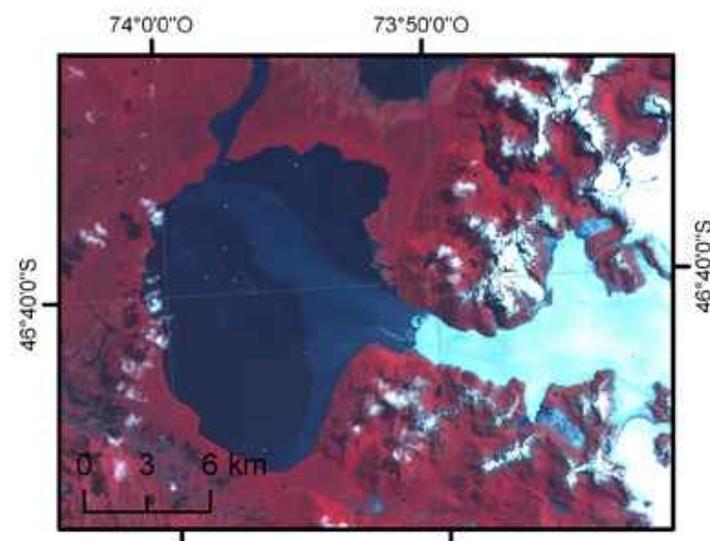
El glaciar San Rafael se ubica dentro de la Zona Glaciológica Austral, en la Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, comuna de Aysén. Presenta una altitud media de 1.387 m.s.n.m.

Morfológicamente corresponde a un "Glaciar Efluente de Campo de Hielo Norte" con orientación oeste, cuyos deshielos aportan a las cuencas costeras de la región. Tiene un espesor medio de 299,1 m. y una superficie de 724,1 km².

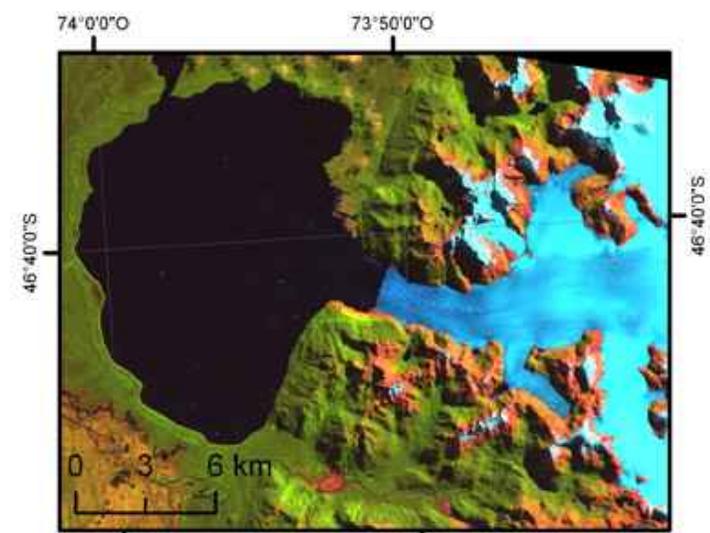
El glaciar San Rafael experimentó entre los años 1871 y 2011 una variación areal de -79,37 km², con una tasa de -0,57 km² por año, esto equivale a un 10% de pérdida total de área. En cuanto a la variación frontal el glaciar ha retrocedido 10.360 m entre los años 1871 y 2011 a una tasa de -74 m. por año.



(Fig. 16) Imagen Landsat TM 2001, razón de bandas 4/5 para delimitar la línea de equilibrio del glaciar.



(Fig. 17) Imagen ASTER 2011, composición de bandas 432, utilizada para determinar los cambios de área y variaciones frontales del glaciar.



(Fig. 18) Imagen Landsat TM 2001, composición de bandas 543, utilizada para determinar los cambios de área y variaciones frontales del glaciar.



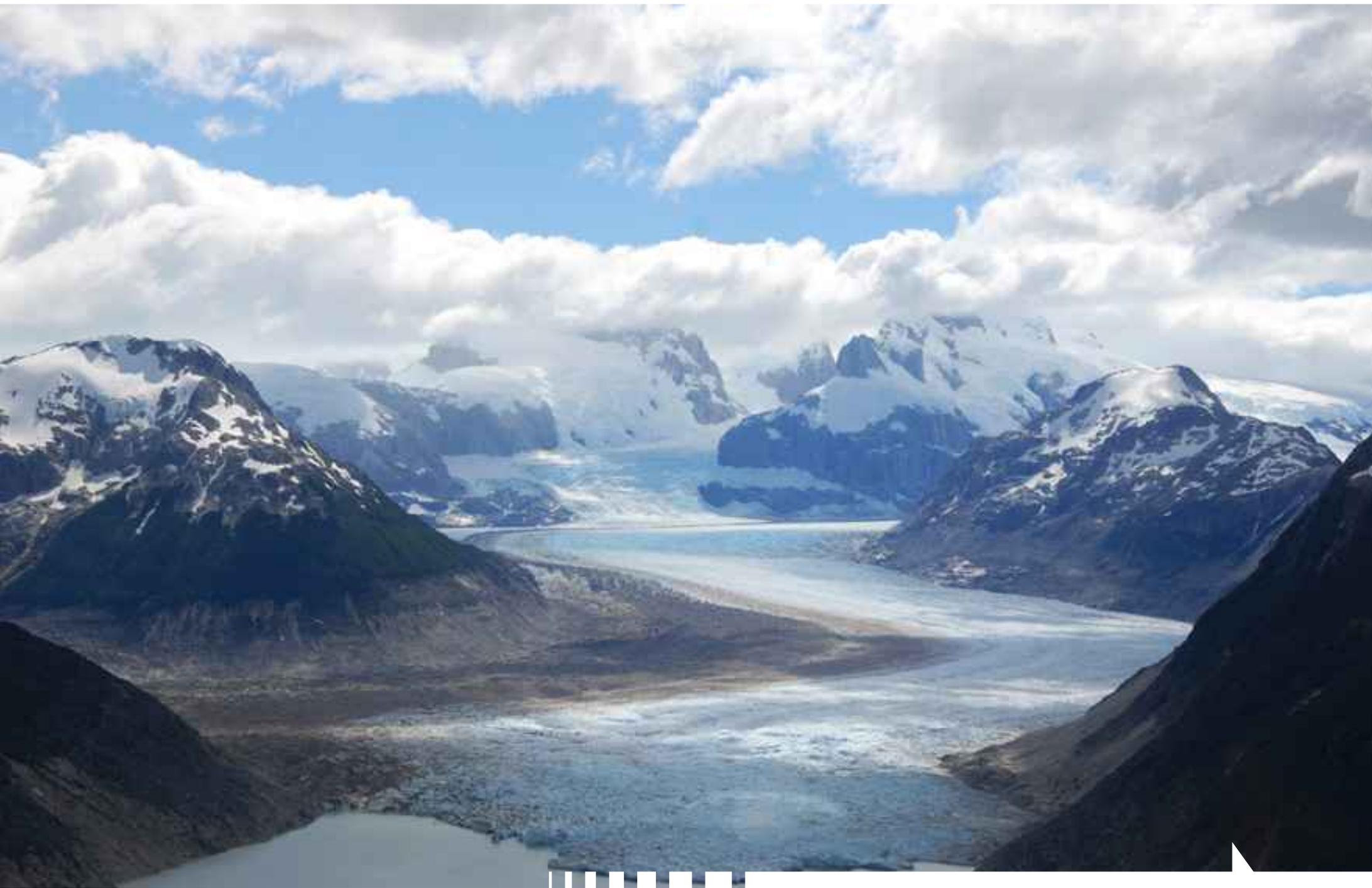
GLACIAR SAN QUINTÍN
FACHADA OCCIDENTAL DE CAMPO DE HIELO NORTE. AGOSTO, 2011.





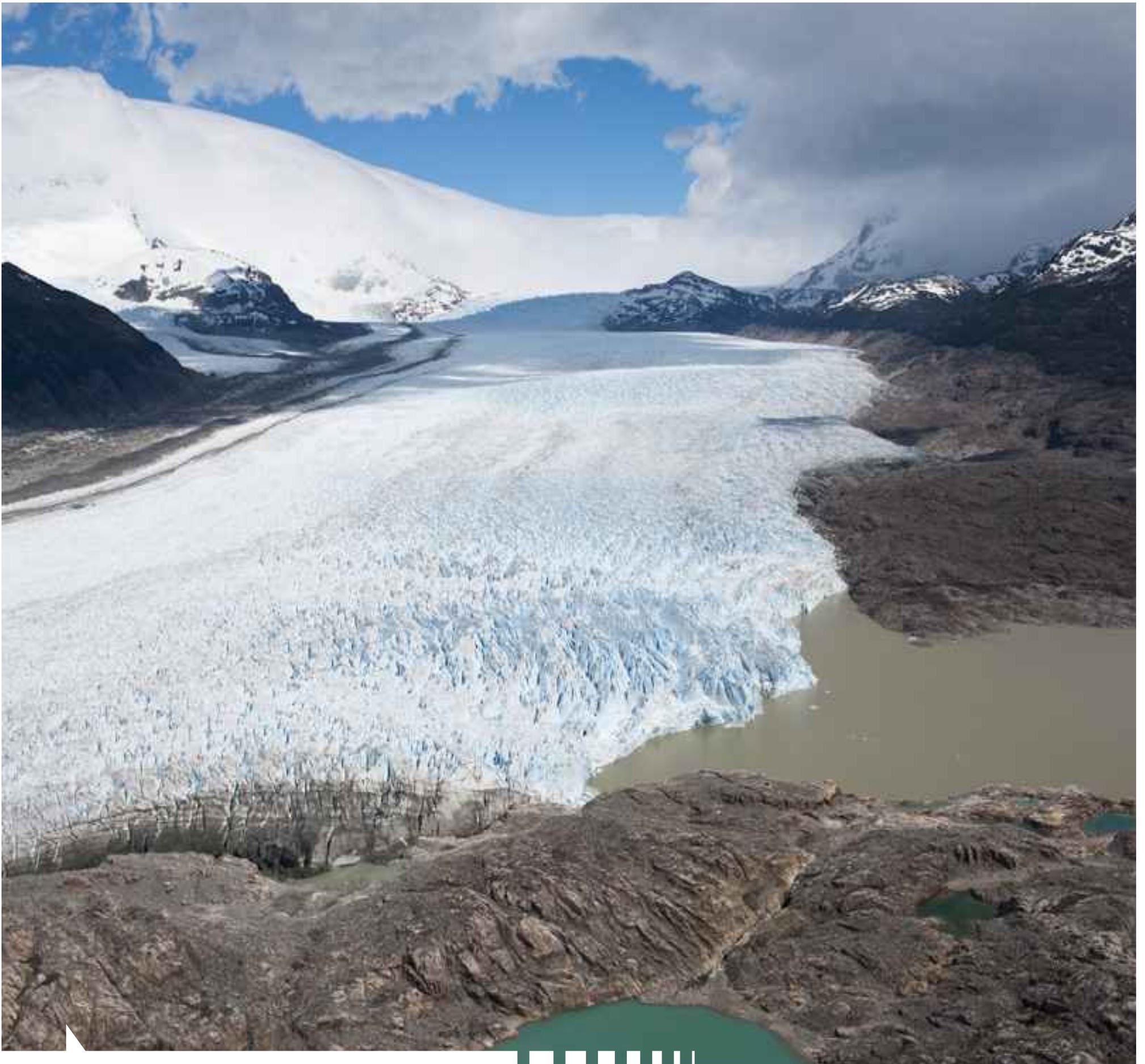
RÍO NEF
ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA EN RÍO NEF, CAMPO DE HIELO NORTE. NOVIEMBRE, 2013.





GLACIAR NEF
CAMPO DE HIELO NORTE. FEBRERO, 2010.





GLACIAR COLONIA
FLANCO ORIENTAL DE CAMPO DE HIELO NORTE. FEBRERO, 2010.





GLACIAR COLONIA
FRETE DEL GLACIAR COLONIA EN LAGO CACHET. CAMPO DE HIELO NORTE. NOVIEMBRE, 2013.

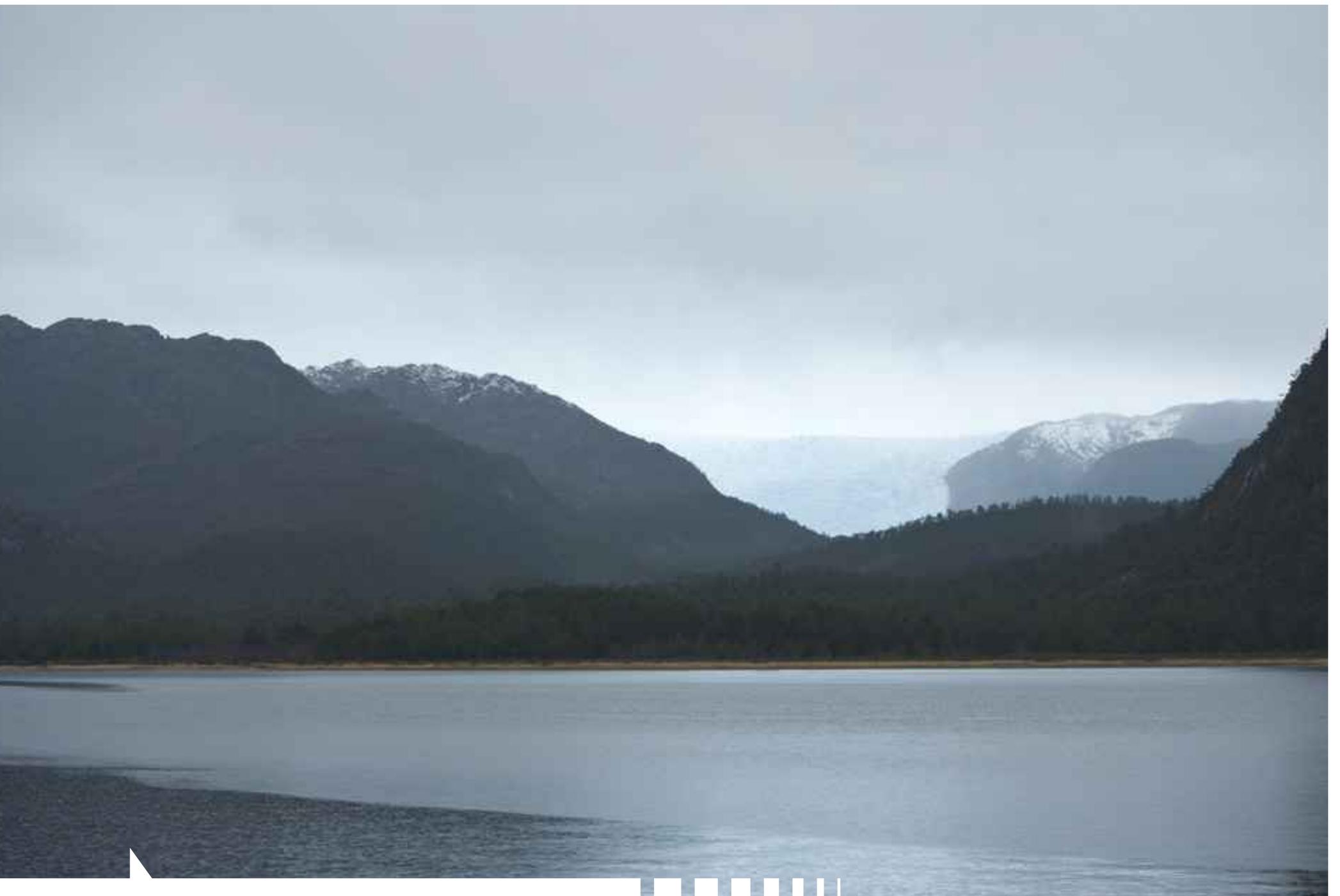




PARED NORESTE DEL GLACIAR COLONIA. CAMPO DE HIELO NORTE. NOVIEMBRE, 2013.



PARED NORESTE DEL GLACIAR COLONIA, CAMPO DE HIELO NORTE. NOVIEMBRE, 2013.



GLACIAR OFHIDRO
CAMPO DE HIELO SUR. AGOSTO, 2013.





GLACIAR BERNARDO
CAMPO DE HIELO SUR. AGOSTO, 2013.





GLACIAR TÉMPANO
FRENTE DEL GLACIAR TÉMPANO, CAMPO DE HIELO SUR. AGOSTO, 2013.







GLACIAR O´ HIGGINS
FRENTE DEL GLACIAR O´ HIGGINS, CAMPO DE HIELO SUR. ABRIL, 2011.



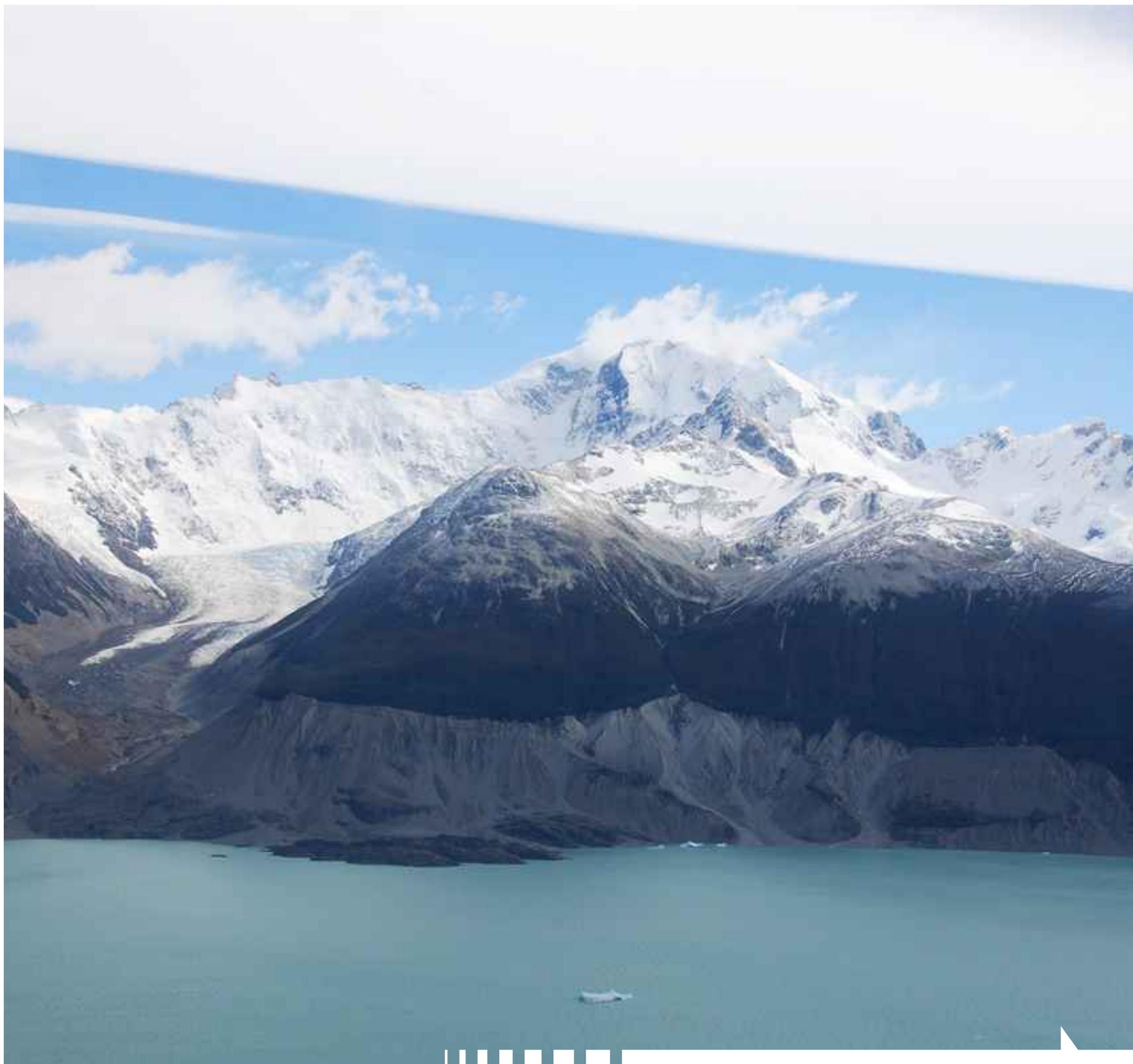




(Verim Carvajal - DGA)

GLACIAR O´ HIGGINS
CAMPO DE HIELO SUR. JUNIO, 2009.





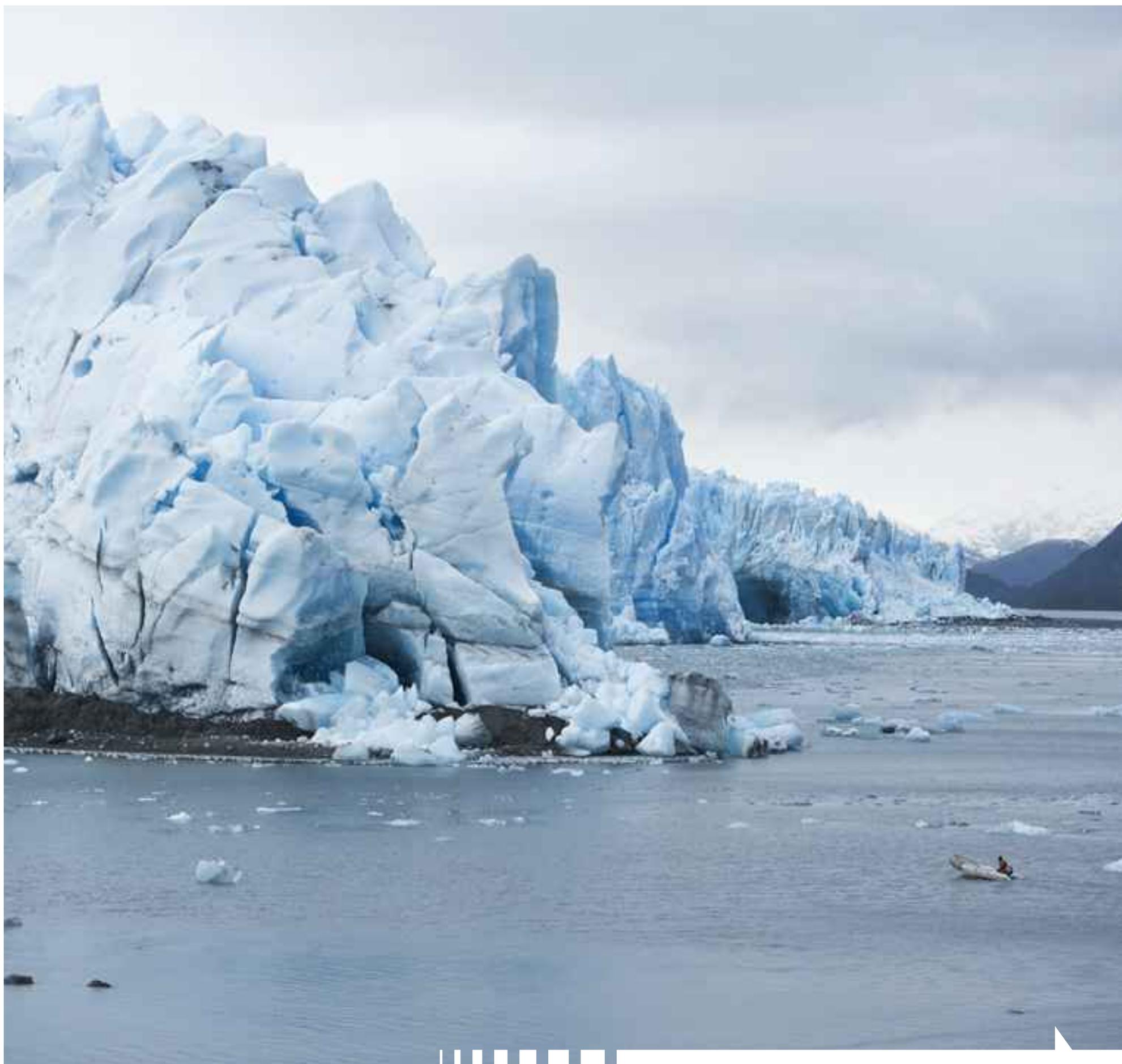
MONTE O´ HIGGINS
CAMPO DE HIELO SUR. AGOSTO, 2013.





GLACIAR PÍO XI
MORRENA LATERAL DEL GLACIAR PÍO XI, CAMPO DE HIELO SUR. AGOSTO, 2013.





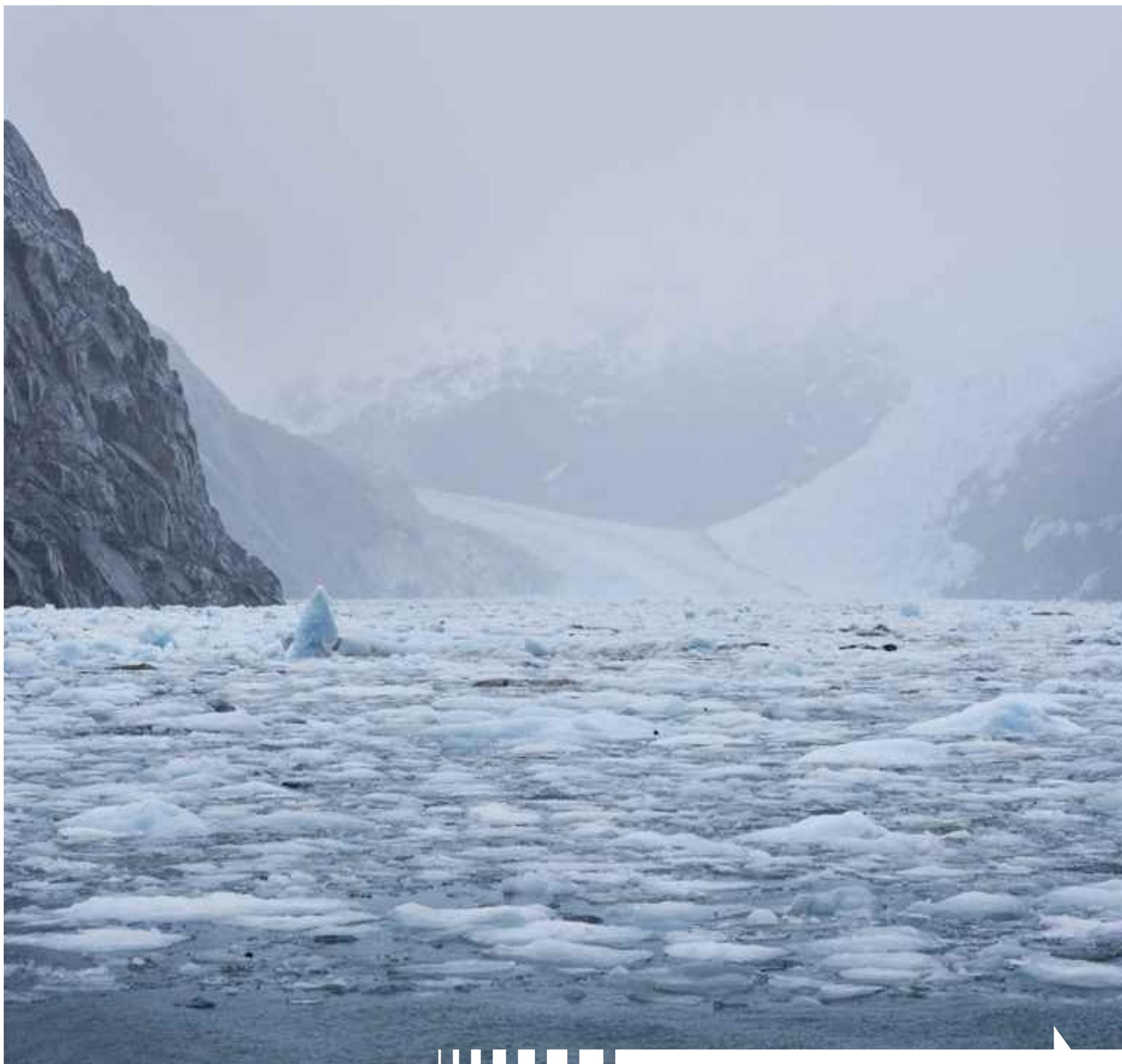
GLACIAR PÍO XI
CAMPO DE HIELO SUR. AGOSTO, 2013.





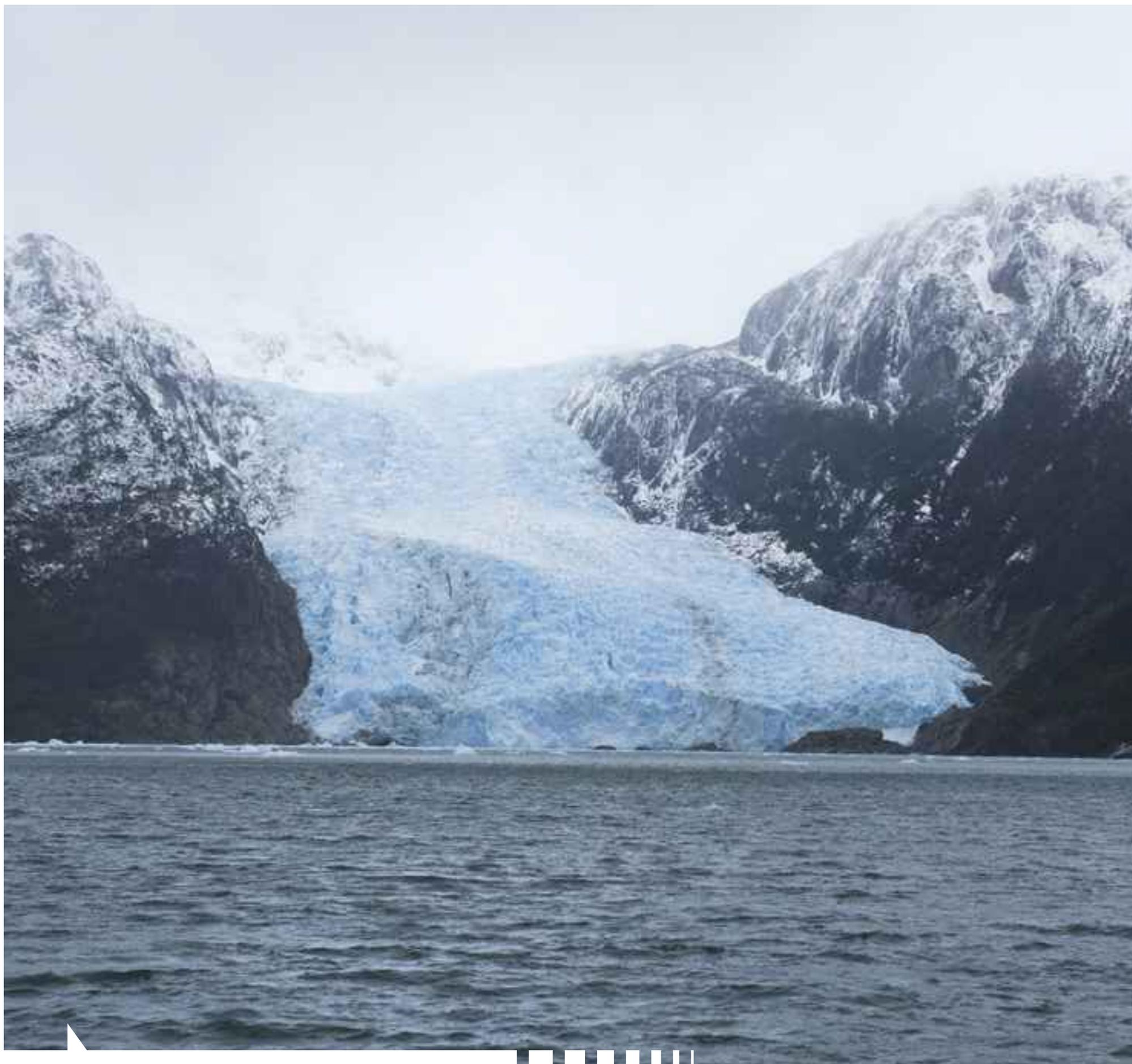
GLACIAR TRINIDAD
CAMPO DE HIELO SUR. AGOSTO, 2013





GLACIAR HPS10
VISTA DESDE FIORDO FALCON, CAMPO DE HIELO SUR. AGOSTO, 2013.





GLACIAR GARCÍA
VISTA DESDE FIORDO ANDREW, CAMPO DE HIELO SUR. AGOSTO, 2013





GLACIAR PATOS
VISTA DESDE FIORDO ANDREW, CAMPO DE HIELO SUR. AGOSTO, 2013.





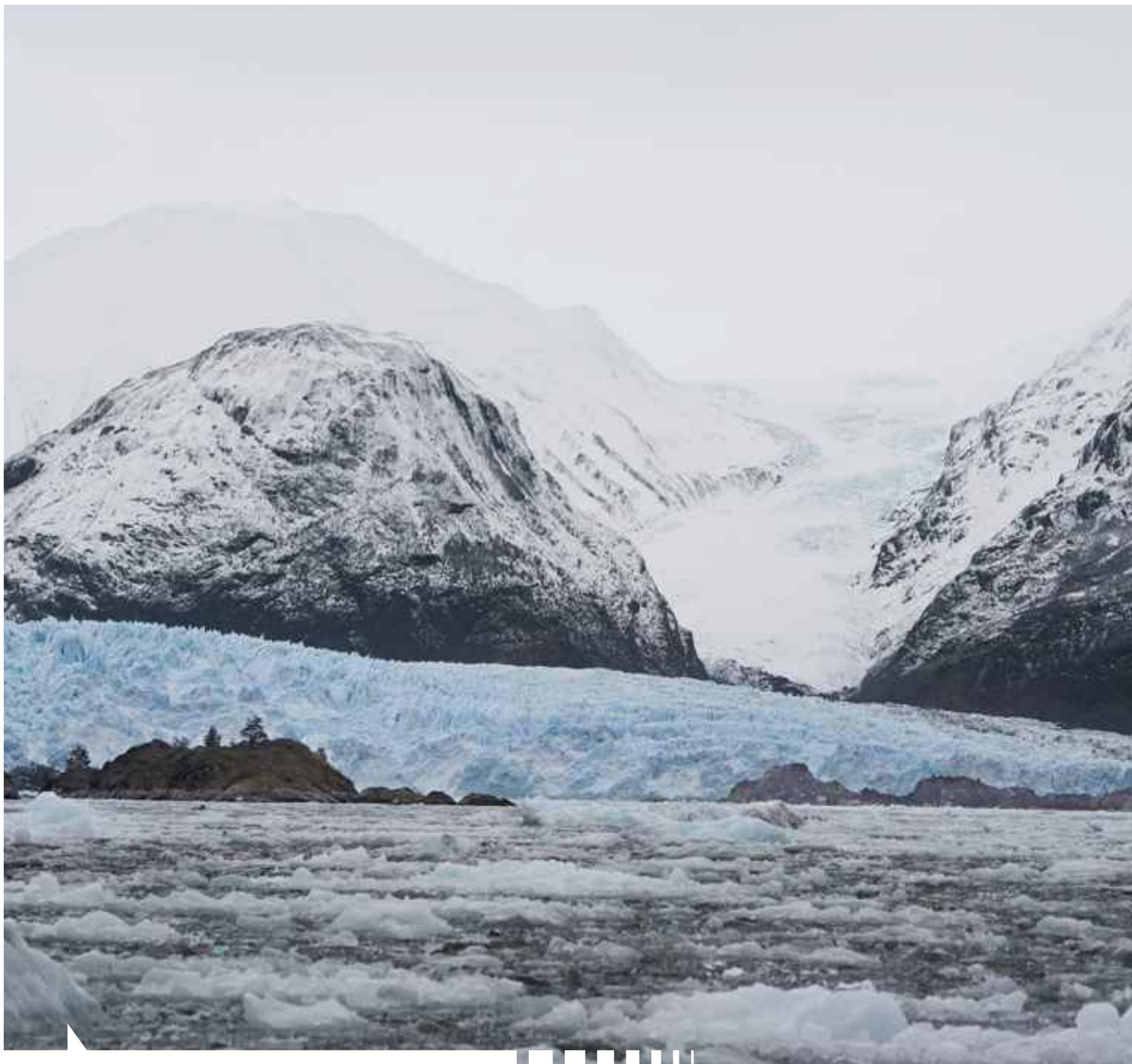
GLACIAR LOBOS
VISTA DESDE FIORDO ANDREW, CAMPO DE HIELO SUR. AGOSTO, 2013.





GLACIAR HPS31
VISTA DESDE FIORDO CALVO, CAMPO DE HIELO SUR. AGOSTO, 2013.





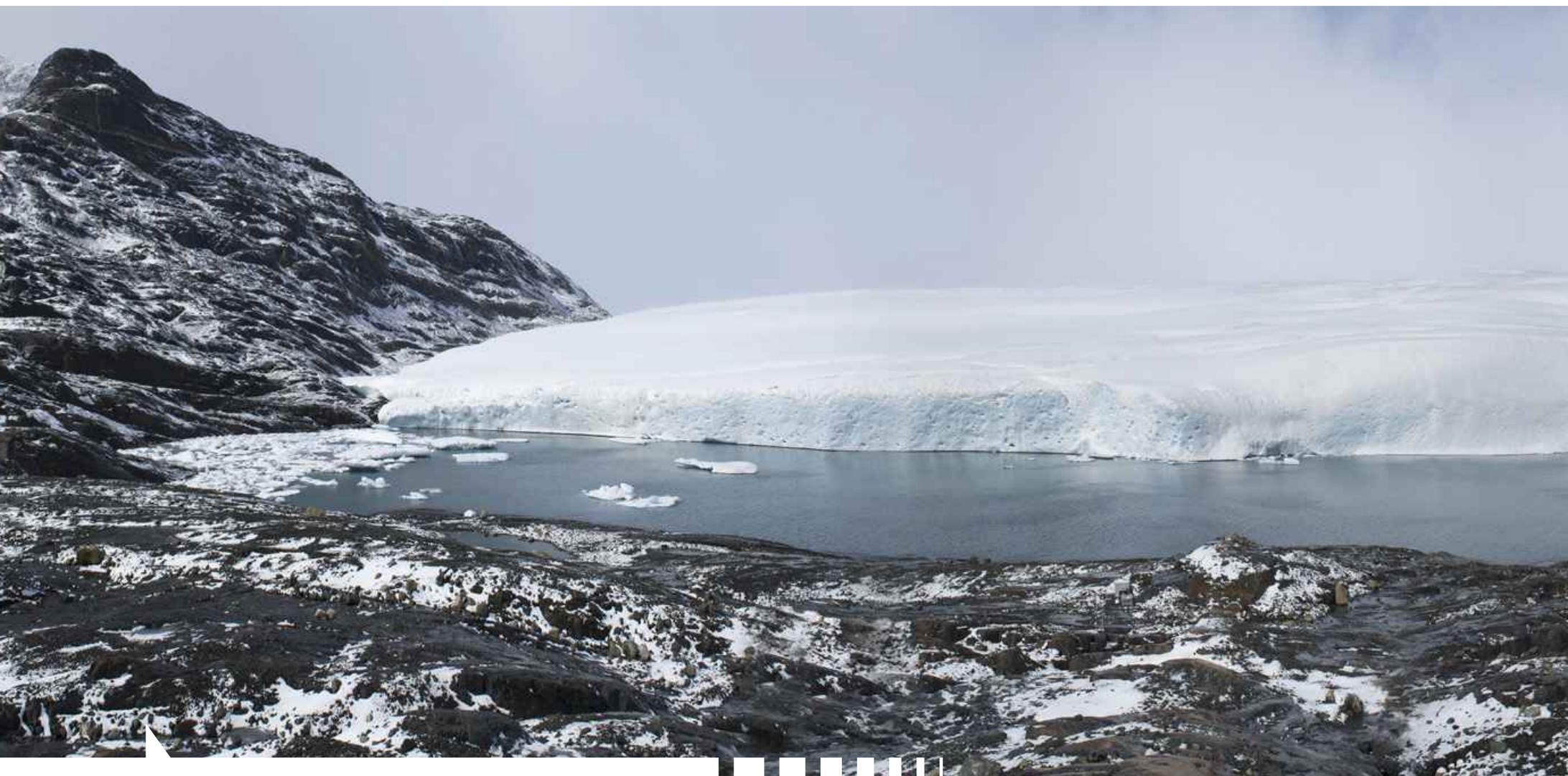
GLACIAR AMALIA
CAMPO DE HIELO SUR. AGOSTO, 2013





GLACIAR PINGO
CAMPO DE HIELO SUR. NOVIEMBRE, 2013.





GLACIAR TYNDALL
PANORÁMICA DESDE LÓBULO ZAPATA. NOVIEMBRE, 2013.







GLACIAR Y LAGO TYNDALL
CAMPO DE HIELO SUR. NOVIEMBRE, 2013.





GLACIAR TYNDALL
CAMPO DE HIELO SUR. NOVIEMBRE, 2013.





GLACIAR TYNDALL
CAMPO DE HIELO SUR. MAYO, 2012.



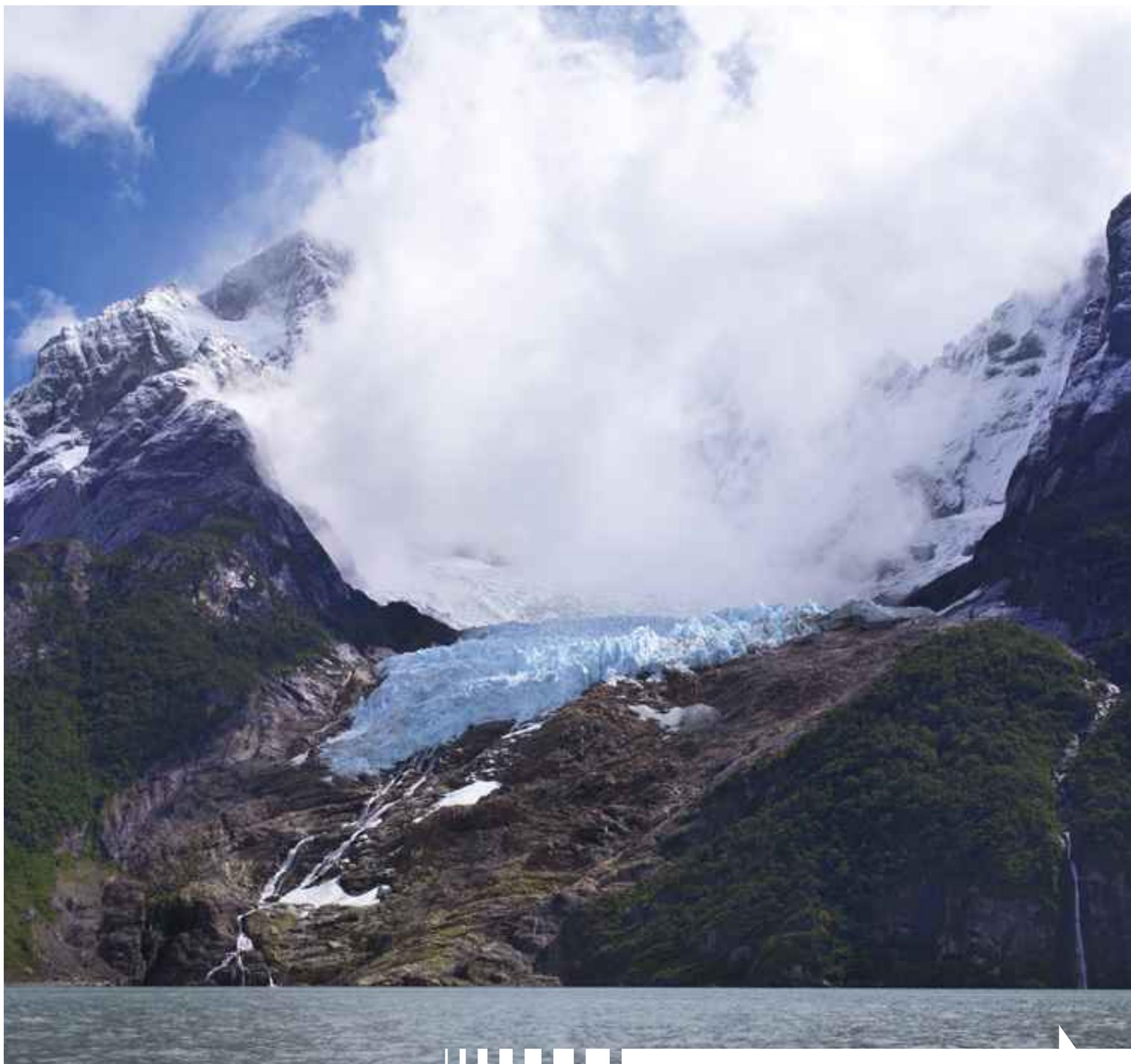


ESTACIÓN METEOROLÓGICA PORTÁTIL UBICADA EN EL GLACIAR TYNDALL.
NOVIEMBRE, 2012.



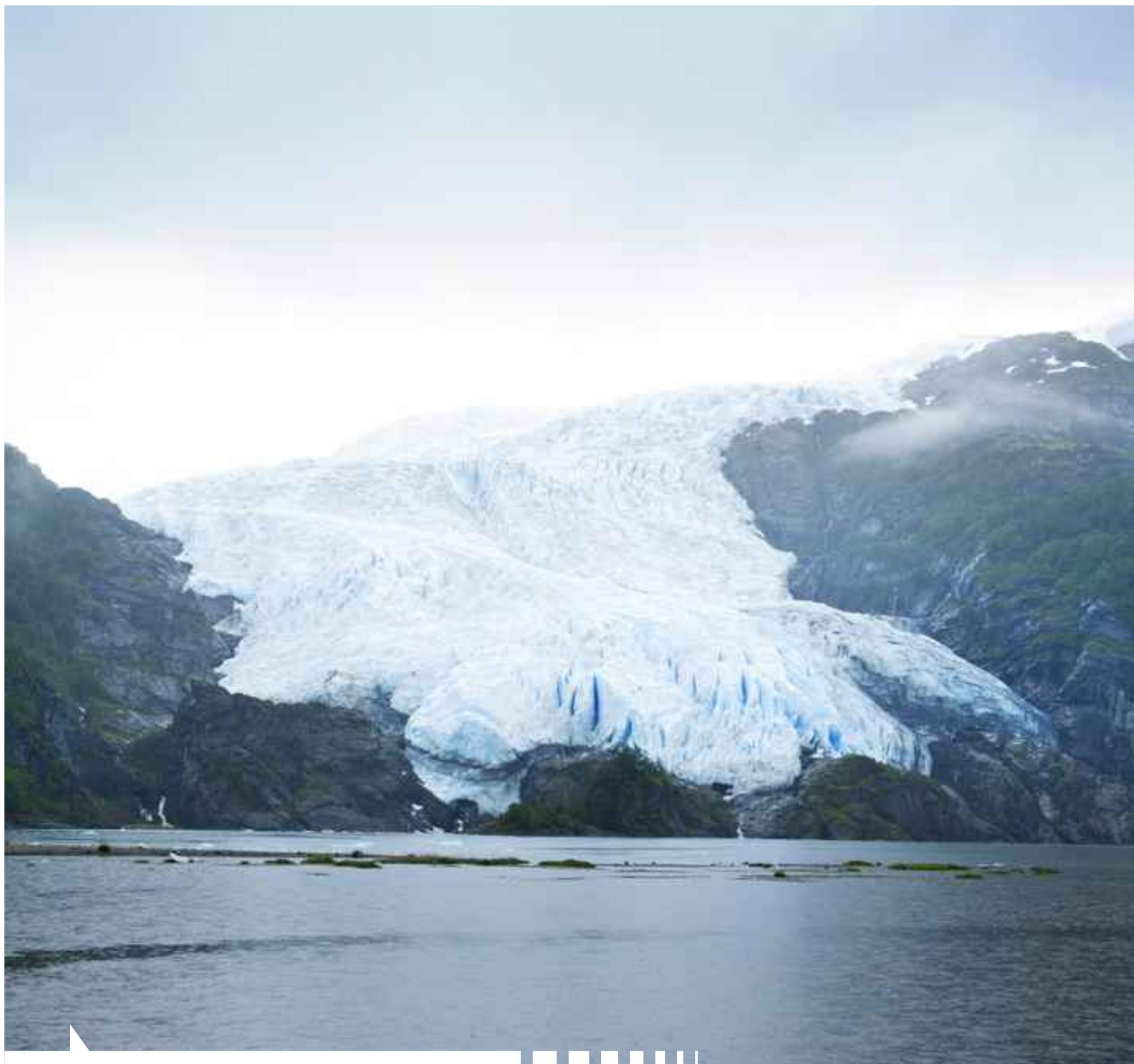
GLACIAR SERRANO
FIORDO ÚLTIMA ESPERANZA. FEBRERO, 2013.





GLACIAR BALMACEDA
FIORDO ÚLTIMA ESPERANZA. FEBRERO, 2013.





GLACIAR ÁGUILA
CORDILLERA DARWIN. FEBRERO, 2013.





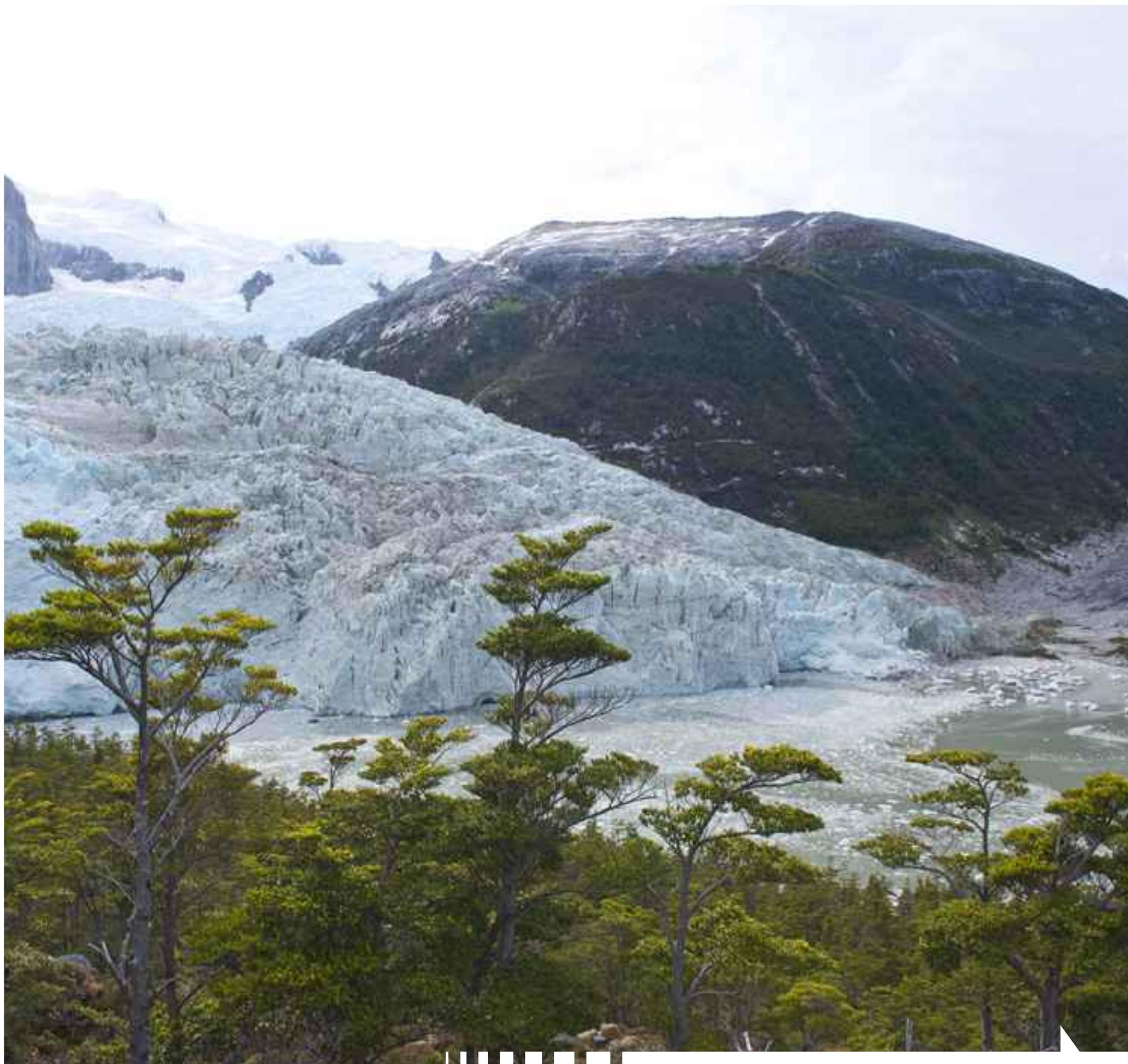
GLACIARES PILOTO Y NENA
CORDILLERA DARWIN. FEBRERO, 2013.





GLACIAR GARIBALDI
CORDILLERA DARWIN. FEBRERO, 2013.





GLACIAR PÍA
FRENTE DEL GLACIAR, CORDILLERA DARWIN. FEBRERO, 2013.





La Dirección General de Aguas agradece
por su dedicación y trabajo con especial atención a:

Agustín Donicke
Alejandra Beltrand
Alexis Segovia
Antonio Vergara
Armando Peña
Ascanio Monsalve
Claudio Olivares
Cristóbal Cox
David Farías
Diego González
Elizabeth Ponce
Felipe Herrera (QEPD)
Fernando Escobar
Georg Welzel
Gilberto Cortés
Gonzalo Barcaza
Jorge Huenante
Jorge O'kuinghttons
Jorge Quinteros
Lorena Llanquimán
Mirna Torres
M^a Belén Varela
Pablo Iribarren
Patricio Oyarce
Pedro Nahuelcar (QEPD)
Raúl Reyes
Sandra Rodríguez
Sergio Díaz
Yerín Carvajal
Ejercito de Chile, Compañía Andina



Santiago, febrero, 2014.

