



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

REANÁLISIS DE LAS SERIES DE MEDICIONES DEL BALANCE DE MASA DEL
GLACIAR ECHAURREN NORTE,
REGIÓN METROPOLITANA, CHILE

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓLOGO

FRANCO IGNACIO BUGLIO SÁNCHEZ

PROFESOR GUÍA:
JAMIE BUSCHER

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
LINDA DANIELE
MARÍA BELÉN VARELA MATTATALL

Trabajo realizado con el apoyo de la Unidad de Glaciología y Nieves (UGN) de la
Dirección General de Aguas (DGA), Ministerio de Obras Públicas (MOP)

SANTIAGO DE CHILE
2017

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL

TÍTULO DE: Geólogo

POR: Franco Ignacio Buglio Sánchez

FECHA: 12/01/2017

PROFESOR GUÍA: Jamie Buscher

REANÁLISIS DE LAS SERIES DE MEDICIONES DEL BALANCE DE MASA DEL GLACIAR ECHAURREN NORTE, REGIÓN METROPOLITANA, CHILE

Los glaciares son una de las principales reservas de agua dulce y representan un significativo aporte a los recursos hídricos, actuando como agentes reguladores del agua disponible en las cuencas andinas. Estudios relacionados con cambios en el balance de masa en los glaciares de montaña son fundamentales para el entendimiento del funcionamiento del sistema hídrico. Asimismo, posibilitan la comprensión de los efectos del cambio climático, del aumento del nivel del mar y manejo de reservas de agua, proporcionando información más precisa al momento de la toma de decisiones sobre el manejo presente y futuro de los recursos hídricos del país.

El objetivo principal de este estudio es aplicar la metodología de reanálisis del balance de masa glaciar propuesta por Zemp (2013) para las series registradas en el glaciar Echaurren Norte (1982-2015), validando así la metodología para el hemisferio sur. Las prestaciones de esta metodología permiten su aplicación en un amplio número de glaciares de Chile.

Las series de datos obtenidas mediante métodos de observación glaciológicos se acoplan a las series de datos independientes de métodos geodésicos (2009-2015) con el fin de determinar los errores sistemáticos y aleatorios de cada método, eliminando los errores sistemáticos.

Se cuantifican los principales errores sistemáticos y aleatorios de cada método, y se realiza el testeo estadístico para la validación de los balances de masa glaciológico y geodésico. Una de las principales fuentes de error sistemático encontradas es la generada por la extrapolación de la acumulación y ablación a año hidrológico, la cual se corrige mediante el modelo del grado-día (Hock, 2003).

Se determina que el balance de masa glaciológico acumulado no es estadísticamente igual al geodésico. A pesar de esto, no se realiza el proceso de calibración debido a que existen fuentes de error sistemático asociado a la serie glaciológica que no han sido cuantificadas todavía. Se discuten las posibles fuentes de error, entre las que destacan: la representatividad de la acumulación del pozo estratigráfico, las mediciones de densidad y la no cuantificación del balance interno y basal del glaciar.

Finalmente, se valida la metodología del reanálisis y se aconseja acoplar los datos ya existentes de las mediciones glaciológicas y geodésicas para glaciares del hemisferio sur que posean series glaciológicas mayores a 5 años. Se deja propuesto un siguiente paso iterativo de reanálisis para el glaciar Echaurren Norte, en el que se agreguen datos de radio eco-sondaje y balance de energía. Se obtendría así una mejor aproximación del comportamiento del balance de masa del glaciar Echaurren Norte.

Agradecimientos

A mi familia. En primer, segundo y tercer lugar a mis viejos lindos, que han creído en mí a lo largo de esta vida, me han enseñado a vivir cada momento, cada oportunidad como única y dar lo mejor para llegar a quién sabe dónde. A la pequeña monito, personita con la que he convivido la mayor parte de la vida y nos hemos acompañado a lo largo de estos años creciendo y viviendo juntos.

A los amigos que me han acompañado en el camino, durante este último período de la tesis, durante los largos años de Universidad y/o desde antes, mucho antes. A los que son más que amigos, hermanos, cordada, pareja. He vivido momentos únicos, inolvidables e irrepetibles, que sería la vida sin esos momentos de éxtasis. No los nombro para no excluir a ninguno, pero saben perfecto lo qué son para mí. Los únicos miembros de la familia que uno elige.

A los maestros (profesores) que, sin más interés que transmitir el conocimiento que alguien más les transfirió en algún momento pasado, me han formado como persona y regalado las herramientas para llegar hasta acá.

Al equipo humano de la Unidad de Glaciología y Nieves de DGA, sin su cooperación nunca habría podido realizar este trabajo. Gracias por abrirme las puertas siempre.

Por último, pero ni un pelo menos importante, si todavía no te lo agradezco, a ti! por estar leyendo esto, ya que haces (tal vez sin que yo lo sepa) que este trabajo tenga sentido.

Tabla de contenido

Agradecimientos.....	ii
1. Introducción.....	1
1.1 Formulación del estudio propuesto.....	1
1.2 Ubicación y zona de estudio.....	2
1.3 Objetivos.....	8
1.3.1 Objetivo general.....	8
1.3.2 Objetivos específicos.....	8
1.4 Hipótesis de Trabajo.....	8
1.5 Metodología de Trabajo.....	9
1.5.1 Método glaciológico.....	9
1.5.2 Método geodésico.....	12
1.5.3 Marco conceptual para el reanálisis del balance de masa.....	13
2. Descripción del área de estudio.....	22
2.1 Clima.....	22
2.1.1 Precipitaciones y temperaturas.....	23
2.2 Relieve.....	24
2.3 Marco geológico.....	25
2.3.1 Antecedentes tectónicos y morfoestructurales.....	25
2.3.2 Principales unidades geológicas.....	26
3. Resultados.....	32
3.1 Método glaciológico.....	32
3.1.1 Observaciones glaciológicas.....	32
3.1.2 Homogeneización.....	32
3.1.3 Determinación de la incertidumbre.....	41
3.2 Método geodésico.....	42
3.2.1 Observaciones geodésicas.....	42
3.2.2 Homogeneización.....	44
3.2.3 Determinación de la incertidumbre.....	47
3.3 Validación.....	50
4. Discusión.....	52
4.1 Resultados de la homogeneización de la serie glaciológica.....	52
4.2 Calibración de la serie glaciológica.....	54
4.3 Representatividad de la acumulación del pozo estratigráfico.....	54
4.4 Mediciones de densidad.....	57

4.5 Metodología de estimación del balance de masa glaciológico.....	58
4.6 Factor de conversión del método geodésico.....	60
5. Conclusiones.....	61
6. Bibliografía	63
Anexos	67
Anexo A: Ablación balizas (1982-2016).....	67
Anexo B: Acumulación y densidad pozos estratigráficos (1982-2016).....	96
Anexo C: Homogeneización ablación Modelo Grado-Día	123

Índice de Tablas

Tabla 1. Días de acumulación a extrapolar para cada temporada.....	36
Tabla 2. Días de ablación a extrapolar para cada temporada.	37
Tabla 3. Errores sistemáticos y aleatorios del método glaciológico (2009-2015).....	41
Tabla 4. Error sistemático por diferencia de fechas de mediciones geodésicas.....	45
Tabla 5. Resumen errores sistemáticos y aleatorios del método geodésico.	48
Tabla 6. Resultados estadísticos de la comparación de métodos glaciológico y geodésico (2009-2015).	51

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación del glaciar Echaurren Norte.	2
Figura 2. Zonas y subzonas glaciológicas definidas en la Estrategia Nacional de Glaciares (DGA, 2011).	3
Figura 3. Cabecera del glaciar Echaurren Norte. Abril, 2010. (DGA, Glaciares de Chile, 2014).	4
Figura 4. Distribución de balizas (48) 1995 y área 1955 del glaciar Echaurren Norte.	5
Figura 5. Distribución de balizas (18) y área 2009 del glaciar Echaurren Norte.	6
Figura 6. Variación temporal del área glaciar (azul) y cantidad de balizas instaladas por año (rojo).	6
Figura 7. (A) Distribución de balizas (13) y área 2015. (B) Distribución de balizas (11) 2016 y área 2015 del glaciar Echaurren Norte.	7
Figura 8. Variación de área del glaciar Echaurren Norte 1995-2015.	7
Figura 9. Terminología del balance de masa en un año de balance, típico de glaciares de latitudes medias. (Rivera et al., 2016)	9
Figura 10. Cálculos de profundidad (A) y densidad (B) en pozo estratigráfico glaciar Echaurren Norte. (Fuente UGN-DGA)	10
Figura 11. Instalación y medición de balizas en glaciar Echaurren Norte: (A) instalando/profundizando baliza; (B) midiendo baliza instalada/profundizada; (C) control de baliza para profundización. (Fuente: UGN-DGA)	11
Figura 12. Esquema general para el reanálisis de las series del balance de masa glaciar en 6 pasos (modificado de M. Zemp et al., 2013).	13
Figura 13. La curva representa la función de probabilidad de densidad para una distribución normal estándar.	18
Figura 14. Zonas climáticas para la región Metropolitana.	22
Figura 15. Climograma para la estación meteorológica Embalse El Yeso (2475 m.s.n.m). Elaborado con registro 1979-2015 de estadística hidrológica en línea (DGA, 2016).	23
Figura 16. Registro intermitente de temperaturas medias mensuales en glaciar Echaurren Norte estación Vaisala (3840 m.s.n.m.).	24

Figura 17. Segmentación morfoestructural del orógeno Andino entre los 32° y 35° S. Modificado de (Fock, 2005).	25
Figura 18. Principales unidades geológicas que afloran en torno al área de estudio. Modificado de Fock (2005).	26
Figura 19. Mapa geológico esquemático de la zona de estudio. Adaptado de Fock (2005).	27
Figura 20. Depósitos lacustres asociados al sistema afluente de la laguna Lo Encañado. En la ladera del valle se aprecia la estratificación de la Formación Farellones. Fotografía tomada hacia el suroeste.	30
Figura 21. Depósitos morrénicos de composición granítica (izquierda) cumplen función de represa para la laguna Negra. A la derecha se puede apreciar el cerro Echaurren y glaciar homónimo sur. Fotografía tomada hacia el noroeste.	31
Figura 22. Factores de extrapolación utilizados en el balance de masa histórico del glaciar Echaurren Norte.	33
Figura 23. Mapa estaciones meteorológicas utilizadas en este estudio.	34
Figura 24. Series de temperatura promedio mensual y extrapolación.	35
Figura 25. Correlación entre temperatura media mensual estación Echaurren Norte y extrapolación de temperatura media mensual estación Yeso mediante gradiente calculado.	35
Figura 26. Acumulación homogeneizada mediante factores antiguos y factor grado-día.	38
Figura 27. Ablación homogeneizada mediante factores antiguos y factor grado-día.	38
Figura 28. Series acumuladas y balance (reportes y reanálisis).	39
Figura 29. Datos y extrapolación de acumulación (A) y ablación (B) mediante distintos métodos y días a extrapolar.	40
Figura 30. Comparación de perfiles altitudinales generados mediante DEMs (SRTM 2000, ASTER 2008, LiDAR 2009) (Modificado de DGA, 2012).	42
Figura 31. Imágenes resultantes de los levantamientos topográficos utilizadas en este estudio. (A) Hillshade DEM 2009; (B) Ortofoto 2009; (C) Hillshade DEM 2015; (D) Ortofoto 2015.	43
Figura 32. Variación de volumen glaciar en el periodo 2009-2015.	46
Figura 33. Área de control de elevación entre DEMs.	47

Figura 34. Histograma ráster área de control no glaciar.....	48
Figura 35. Resultado series de balances de masa glaciológico y geodésico para el periodo 1982-2015.	49
Figura 36. Comparación de los balances de masa glaciológico y geodésico para el periodo 2009-2015.	50
Figura 37. Discrepancia reducida ($\delta=1.71$). La curva representa la función de probabilidad de densidad para una distribución normal estándar. Área negra y gris indican niveles de confianza de 95% y 90% respectivamente.	51
Figura 38. Diferencia (área roja) de las series de ablación homogeneizada mediante factores antiguos y factor grado-día.	53
Figura 39. Diferencia (área azul) de las series de acumulación homogeneizada mediante factores antiguos y factor grado-día.	52
Figura 40. Series acumuladas y desvío entre los balances reportados y el reanálisis.	53
Figura 41. Interpolación IDW de la acumulación medida en balizas.	55
Figura 42. Comparación de la acumulación medida en pozo stratigráfico y balizas....	56
Figura 43. Densidad medida para cada temporada en función de la fecha en la que se registra (línea de tendencia).....	57
Figura 44. Distribución del balance de masa con la elevación (2013-14).....	59
Figura 45. Distribución del balance de masa con la elevación (2014-15).....	59

1. Introducción

1.1 Formulación del estudio propuesto

En la actualidad el derretimiento de los glaciares y el manto de nieve estacional representan un significativo aporte a los recursos hídricos, actuando como agentes reguladores del agua disponible en las cuencas de la cordillera de los Andes. Éstos acumulan agua sólida en los períodos de alta precipitación en las zonas altas de las cuencas, entregándola a los cauces por efecto de los deshielos durante los meses de verano, cobrando mayor importancia en períodos de sequía.

Durante las últimas décadas se ha visto un claro aumento de temperatura y períodos de sequía moderada en la zona central de la cordillera de los Andes (Falvey & Garreaud, 2009) junto con la megasequía observada entre el 2010-2015, evento que se espera sea cada vez más recurrente durante las próximas décadas (CR2, 2015). Estas condiciones generan una progresiva elevación de la altura de la línea de nieves y un déficit de las precipitaciones, generando así una disminución del caudal en los ríos y un mayor aporte de los glaciares a dichos caudales (CR2, 2015). Debido a esto, los aportes glaciares al sistema hídrico adquieren una gran relevancia en el abastecimiento de agua para la población. En específico, la cuenca del río Maipo es la principal fuente de agua para la ciudad de Santiago, la que alberga a una población que supera los 6 millones de habitantes.

En consideración de lo anterior, la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas ha realizado un plan de monitoreo de glaciares piloto representativos de las principales zonas glaciares de Chile (DGA, 2009a). Entre sus mediciones y estudios destaca el seguimiento del balance de masa de manera continua desde 1975 hasta la actualidad para el glaciar Echaurren Norte. La recopilación de esta estadística ininterrumpida durante más de 40 años, la más larga del hemisferio sur, permite comprender de mejor manera el comportamiento de los glaciares de la zona central de Chile.

Los estudios relacionados con los cambios en el balance de masa en los glaciares de montaña son fundamentales para el entendimiento del funcionamiento del sistema hídrico. Ello es especialmente importante en ambientes cordilleranos, como son los Andes. Asimismo, estos estudios entregan información relevante para la comprensión de los efectos del cambio climático, aumento del nivel del mar y manejo de reservas de agua.

El propósito de este estudio es validar las mediciones glaciológicas y geodésicas realizadas, mediante la metodología de reanálisis propuesta por Zemp (2013) para glaciares de montaña, aportando información más precisa sobre balance de masa del glaciar Echaurren Norte. Las series de datos obtenidas mediante métodos de observación glaciológicos se acoplan a las series de datos independientes de métodos geodésicos, con el fin de determinar los errores sistemáticos y aleatorios de cada método, eliminando los errores sistemáticos.

Las prestaciones de esta metodología propuesta permiten su aplicación en un amplio número de glaciares de Chile. Ello es posible gracias al trabajo de equipos humanos calificados y a la tecnología actualmente disponible, generando una base de datos históricos que sigue registrándose en el presente. Este estudio tiene como principal objetivo generar resultados más rigurosos acerca del balance de masa glaciar, con el fin de poseer mejor información al momento de la toma de decisiones sobre el manejo presente y futuro de los recursos hídricos del país.

1.2 Ubicación y zona de estudio

La zona de estudio se ubica en la Región Metropolitana de Santiago y pertenece administrativamente a la comuna de San José de Maipo, Provincia Cordillera. El glaciar Echaurren Norte se encuentra aproximadamente a 50 km al este de la ciudad de Santiago, específicamente en la subcuenca del río Yeso y es uno de los 647 glaciares inventariados en la cuenca del río Maipo (DGA, 2017) (figura 1).

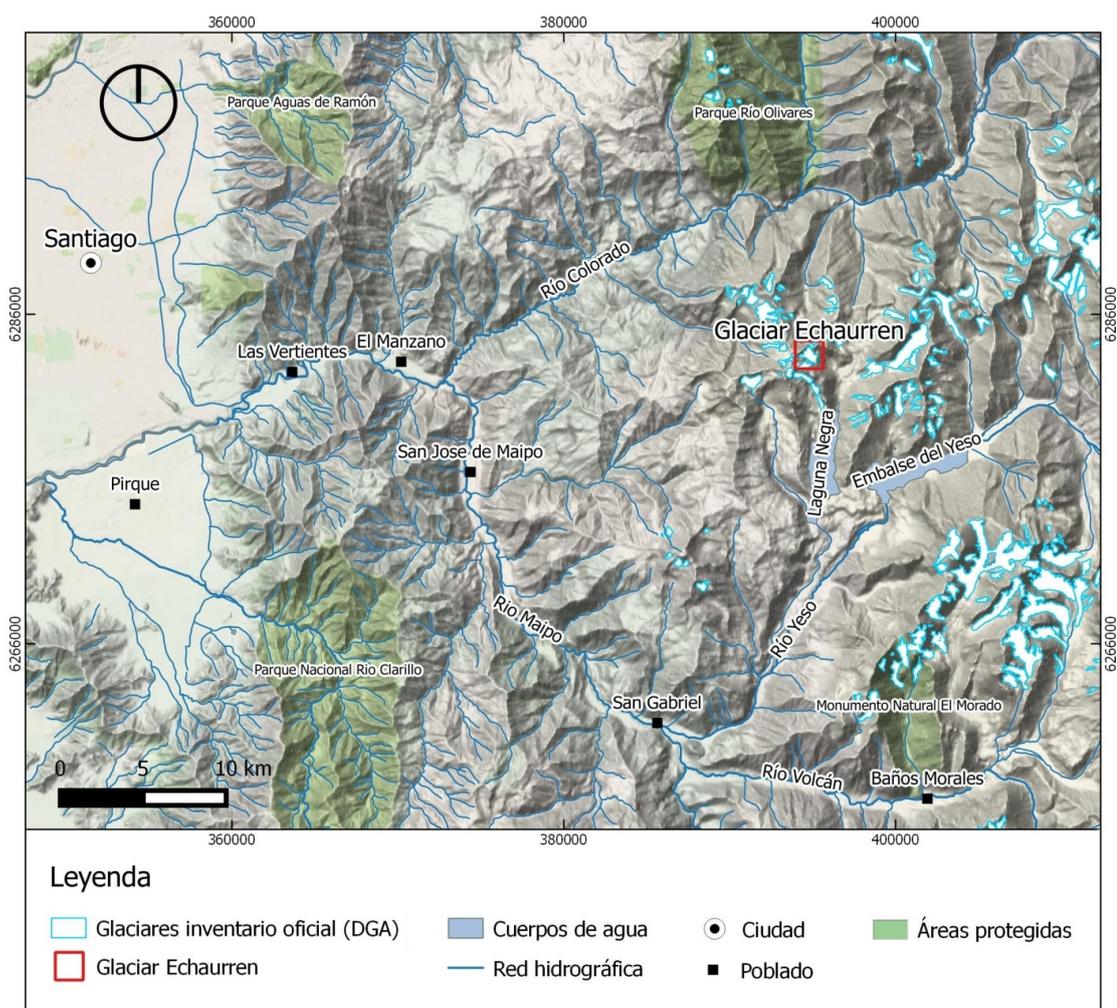


Figura 1. Ubicación del glaciar Echaurren Norte.

El glaciar Echaurren Norte se encuentra ubicado en la cordillera de los Andes y pertenece a la zona glaciológica centro definida en la Estrategia Nacional de Glaciares (DGA, 2009a) (figura 2).



Figura 2. Zonas y subzonas glaciológicas definidas en la Estrategia Nacional de Glaciares (DGA, 2009).

En las campañas de terreno, realizadas por la Dirección Nacional de Aguas, se ingresa a la zona de estudio en helicóptero. En su defecto, para acceder a dicha zona se debe tomar la ruta Camino al Volcán (G-25), hasta la localidad de El Romeral, luego seguir por el desvío hacia el norte por la ruta G-445 que bordea el río Yeso por su rivera este hasta el embalse del Yeso. Hasta dicho punto se puede llegar en vehículo. Desde ahí se debe continuar caminando o a caballo bordeando el embalse del Yeso y Laguna Negra por el oeste aproximadamente durante 15 km.

Con una altura media de 3750 *m.s.n.m.* y una distribución vertical entre los 3650 – 3880 *m.s.n.m.*, el glaciar Echaurren Norte es clasificado como glaciar de montaña (figura 3) (WGMS, 2005). Este se caracteriza por poseer el registro de balance de masa glaciológico más extenso de Sudamérica, el cual ha sido registrado desde el año 1975 por la Dirección General de aguas (DGA) generando con ello una estadística continua de 42 años a la actualidad.



Figura 3. Cabecera del glaciar Echaurren Norte. Abril, 2010. (DGA, Glaciares de Chile, 2014).

El glaciar Echaurren Norte actualmente presenta un área de 0,15 km² y se encuentra dividido en dos secciones, norte y sur (figura 7).

El balance de masa mediante el método glaciológico comienza el año 1975 con la instalación de 48 balizas distribuidas en la superficie del glaciar. Estas corresponden a una transecta longitudinal y 6 transectas perpendiculares al eje principal del flujo del glaciar (figura 4) (Escobar et al., 1995).

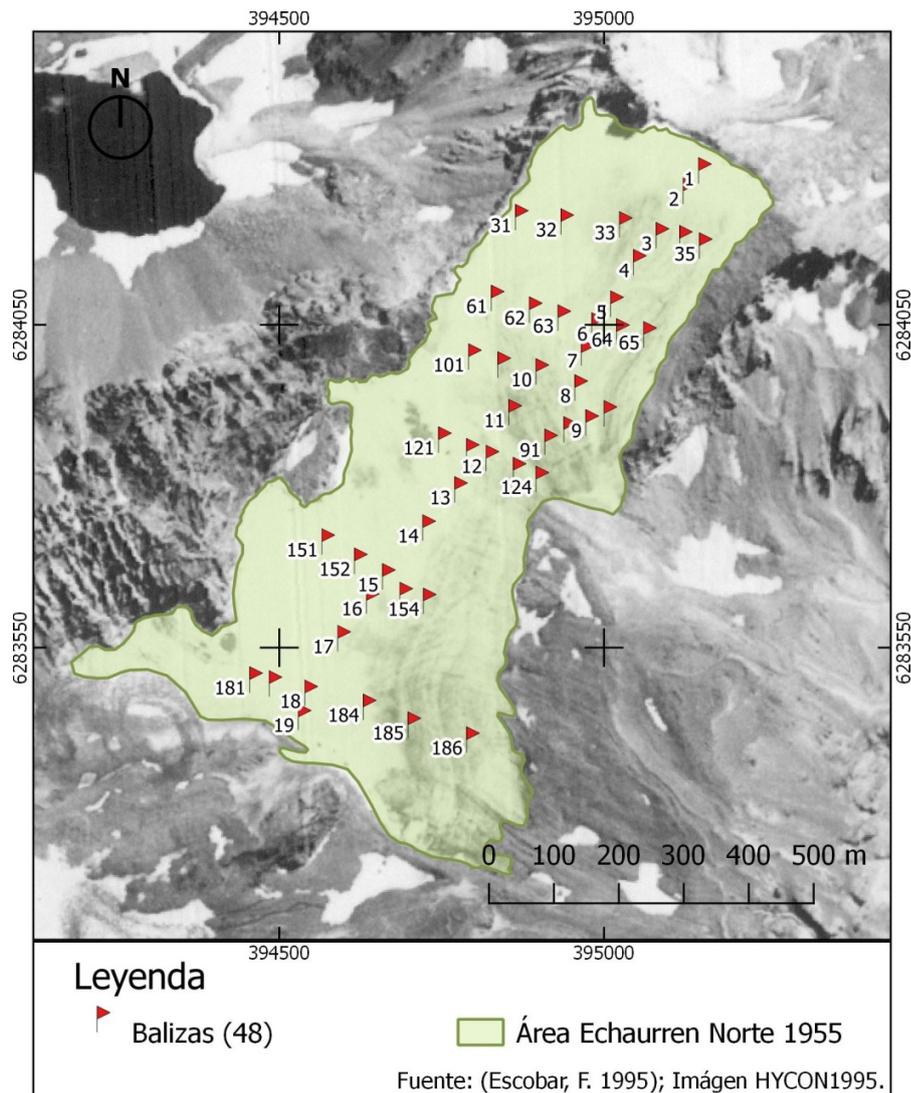


Figura 4. Distribución de balizas (48) 1995 y área 1995 del glaciar Echaurren Norte.

Las balizas son posicionadas de acuerdo a la experiencia de los nivomensores, esto es sin navegador GPS desde 1975 hasta 2005. Además de la instalación de balizas, al principio del periodo estival se realiza la excavación de un pozo estratigráfico para determinar la acumulación del periodo (1 de abril al 31 de septiembre). La ubicación histórica del pozo estratigráfico es entre la baliza 4 y 7 y es seleccionado por su representatividad para determinar la acumulación.

A partir del año 2006 y por un periodo de 3 años se reduce el número de balizas de ablación de 48 a 28 debido a una disminución del área glaciar y cambio de forma (figura 5). La nueva distribución es similar a la de años anteriores pero con una menor densidad de balizas.

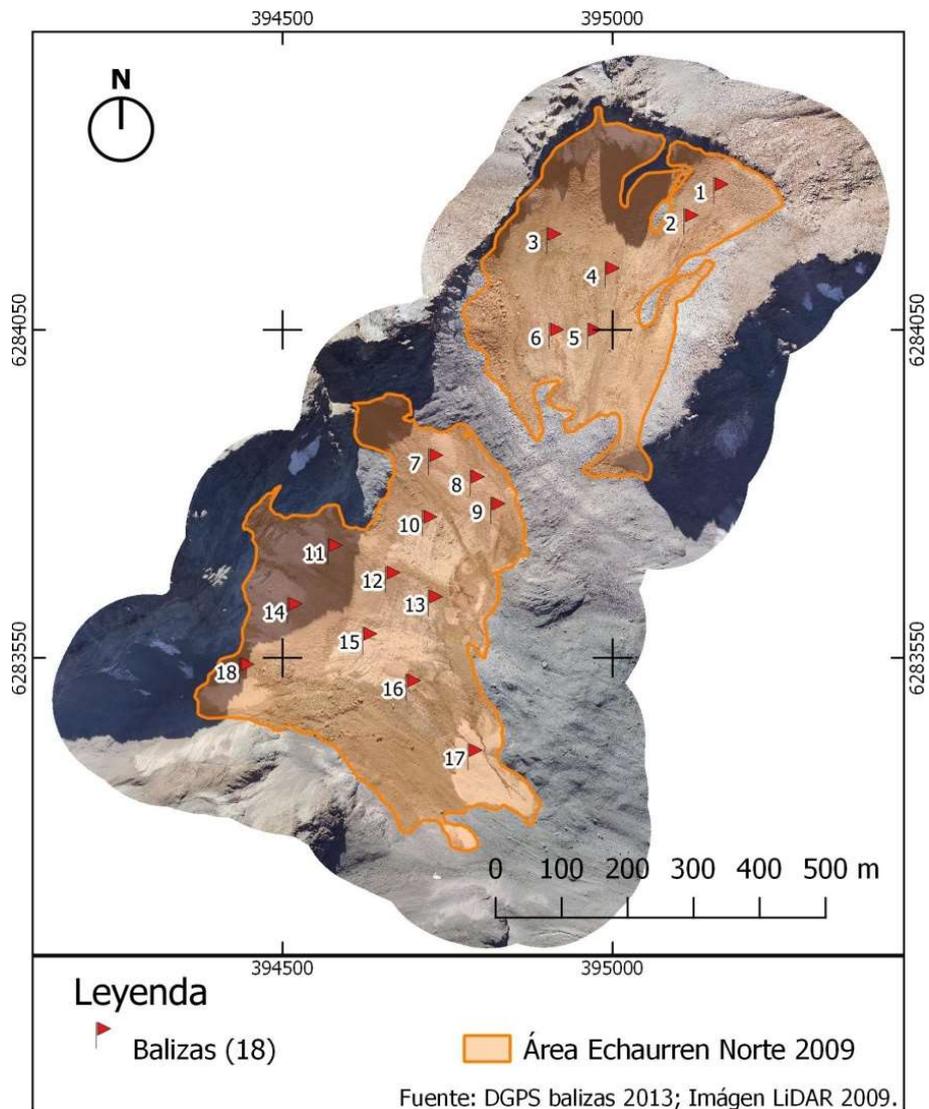


Figura 5. Distribución de balizas (18) y área 2009 del glaciar Echaurren Norte.

Nuevamente debido a la reducción de área del glaciar, el año 2015 se reduce a 13 el número de (figura 7-A). Al año siguiente se eliminan además las balizas n° 13 y 14, Quedando una red de 11 balizas (figura 7-B).

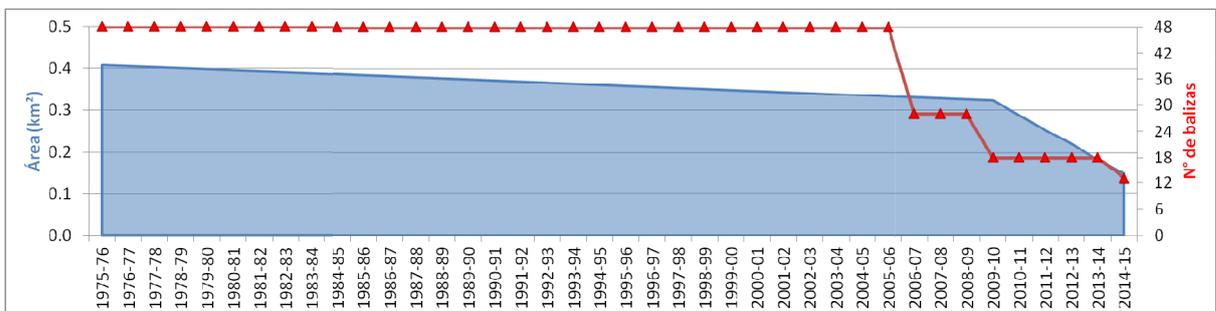


Figura 6. Variación temporal del área glaciar (azul) y cantidad de balizas instaladas por año (rojo).

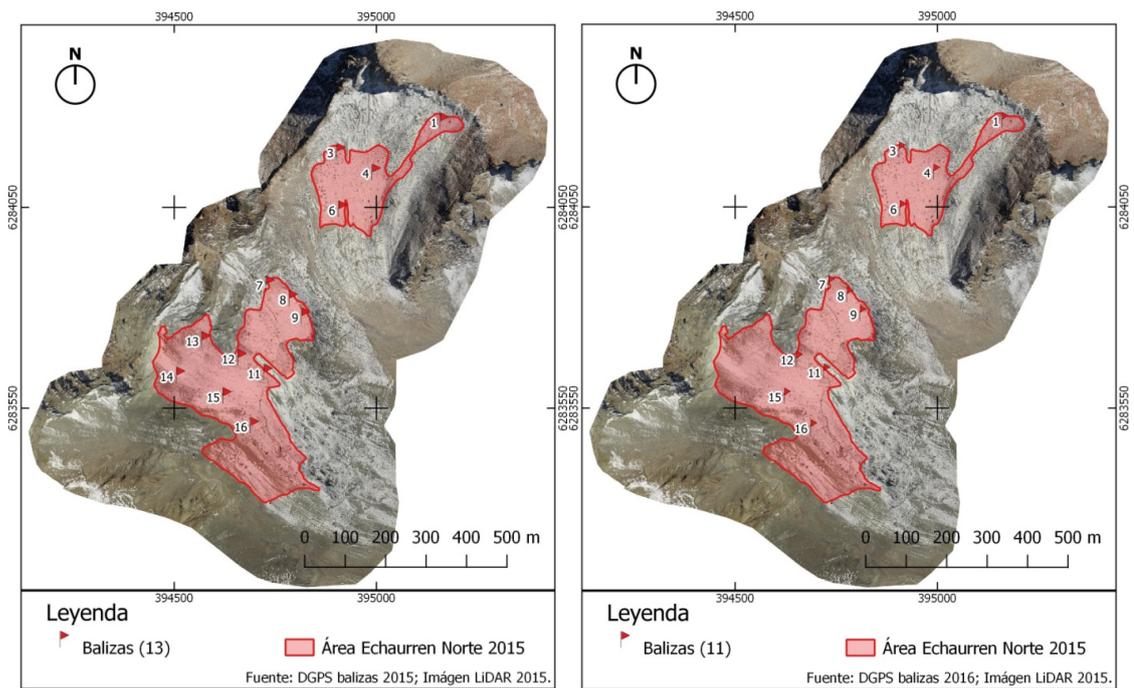


Figura 7. (A) Distribución de balizas (13) y área 2015. (B) Distribución de balizas (11) 2016 y área 2015 del glaciar Echaurren Norte.

Desde los comienzos de las observaciones en el glaciar Echaurren Norte, la superficie glaciar se ha visto reducida en un 64% (figura 6), disminuyendo desde un área de 0.41 km^2 en 1975 a un área de 0.15 km^2 en 2015 (figura 8).

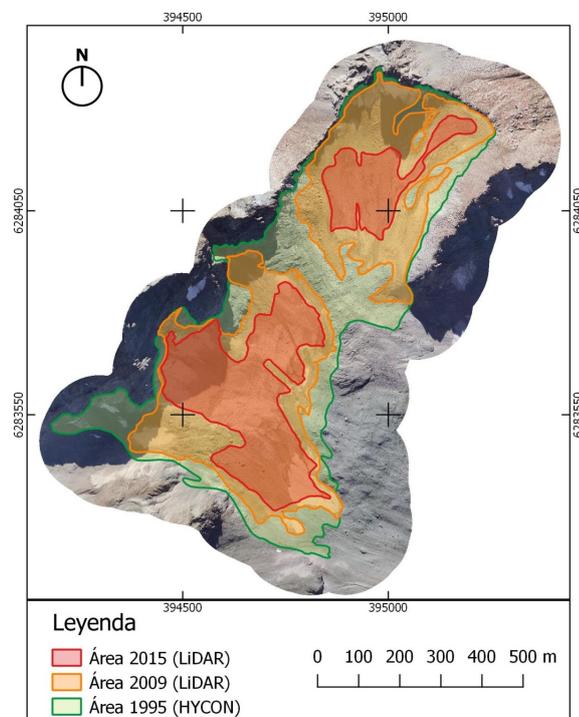


Figura 8. Variación de área del glaciar Echaurren Norte 1995-2015.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Reanalizar las series de medición del balance de masa del glaciar Echaurren Norte desde 1975-2016.

1.3.2 Objetivos específicos

- Recopilar y homogeneizar las series de datos glaciológicos históricos de ablación y acumulación del glaciar Echaurren Norte.
- Extrapolar e interpolar período de las campañas de medición en terreno, de la acumulación y ablación, mediante el modelo grado-día (Hock, 2003) a año hidrológico.
- Integrar datos de temperatura a método glaciológico para generar un modelo de balance de masa glaciar simple.
- Recopilar y homogeneizar datos geodésicos históricos del área del glaciar Echaurren Norte para el período de estudio.
- Evaluar la incertidumbre (errores sistemáticos y aleatorios) de los métodos glaciológico y geodésico.
- Calibrar y ajustar el modelo de balance de masa acoplado entre los distintos métodos disponibles, eliminando errores sistemáticos de cada método.

1.4 Hipótesis de Trabajo

Las series de datos glaciológicas no son representativas por sí solas del balance de masa.

Los datos de ablación y acumulación de las campañas de terreno, a pesar de ser una buena aproximación de primer orden al balance de masa del glaciar Echaurren Norte, resultan insuficientes. Éstos tienen un alto error sistemático en sus mediciones debido a la variabilidad en las metodologías de medición y extrapolación. Dado lo anterior, se requiere una recalibración utilizando las tecnologías y metodologías actualmente disponibles para obtener un modelo de balance de masa glaciar más preciso.

1.5 Metodología de Trabajo

1.5.1 Método glaciológico

Los principales pasos del método de observación glaciológica son la medición de la ablación y/o acumulación *in situ* en puntos individuales, mediante la instalación de estacas y excavación de pozos estratigráficos, como también la interpolación entre estos puntos y la extrapolación a zonas o períodos sin medición. El número y densidad de estacas y pozos de observación varían de glaciar en glaciar y a través del tiempo (Rivera et al., 2016).

Para determinar el balance neto (b_n) producido durante un año hidrológico (1 de abril al 31 de marzo para la zona de estudio) es necesario determinar tanto el balance de invierno (b_w) como el balance de verano (b_s) (figura 9). En primer lugar, se realiza la medición del balance de invierno al final de la estación de invierno (30 de septiembre) mediante la excavación de un pozo estratigráfico en el cual se mide tanto la profundidad como la densidad cada 20 cm hasta alcanzar el nivel estratigráfico de la superficie de verano (SS) del año anterior (figura 10). Se promedian los valores de densidad obtenidos para determinar la densidad por la cual multiplicar los valores de acumulación y ablación de la temporada, con el fin de convertir los valores de metros a metros equivalentes de agua.

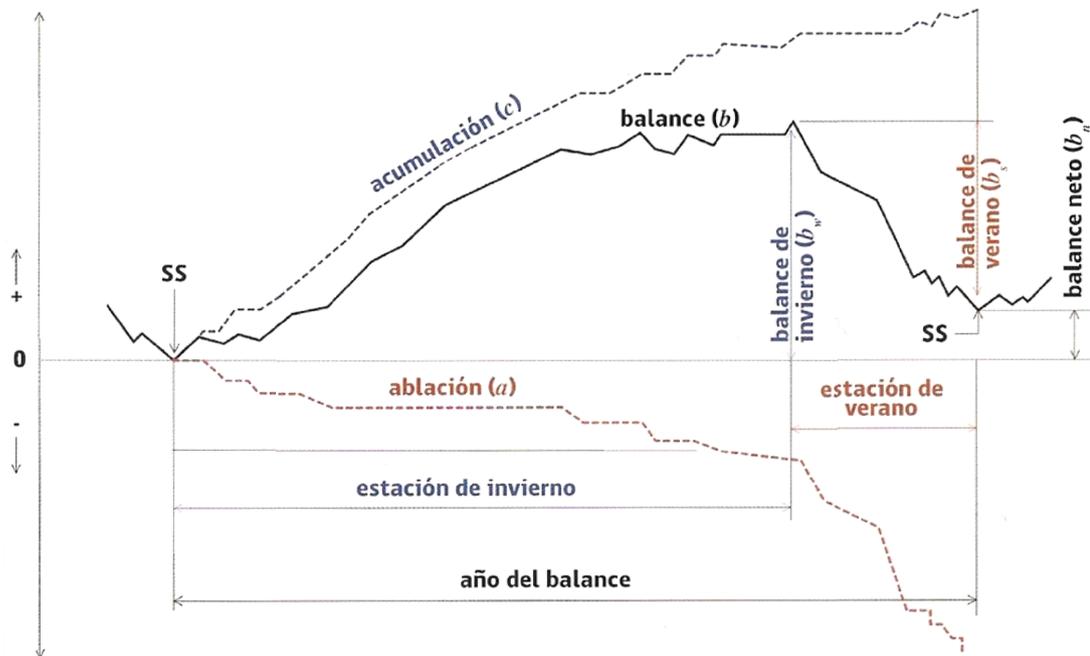


Figura 9. Terminología del balance de masa en un año de balance, típico de glaciares de latitudes medias. (Rivera et al., 2016).

Para determinar el balance de verano se instala al comienzo de la estación de verano (1 de octubre) una red de balizas y se mide el largo sobresaliente de estas sobre la superficie glaciar (figura 11). Luego cada 30 – 40 días, a lo largo de la estación de verano, se realizan campañas de terreno en las cuales se vuelve a medir la altura de las balizas. Con esta diferencia de altura se determina la ablación puntual producida en el período entre campañas.



Figura 10. Cálculos de profundidad (A) y densidad (B) en pozo estratigráfico glaciar Echaurren Norte. (Fuente UGN-DGA).

Las mediciones de ablación en las estacas pueden ser promediadas para obtener un valor representativo de balance de verano de todo el glaciar o pueden ser interpolados con métodos tradicionales, como IDW (Inverse Distance Weighting), TIN (Triangulated Irregular Network), Kriging o polígonos de Thiessen (Burrough et al., 2013). De la distribución del balance de masa con la elevación se logra calcular la altitud de la línea de equilibrio y razón del área de acumulación (ELA y AAR respectivamente por sus siglas en inglés).

Finalmente, al término del año hidrológico se calcula el balance neto como la suma del balance de verano y el balance de invierno ($b_n = b_w + b_s$). Usualmente el resultado final es reportado en el balance de masa anual en unidades de metros equivalentes de agua (m eq. a.).

Existen dos fuentes principales de errores aleatorios y sistemáticos en el método glaciológico: las mediciones de terreno en lugares puntuales y el promedio espacial de esos resultados a través de todo el glaciar.

Las *mediciones de terreno* están sujetas a errores principalmente en: (1) la determinación de la altura (precisión de la medición, estacas inclinadas, hundidas o caídas, dificultad para encontrar la superficie de ablación del año anterior debido a la presencia de lentes de hielo); (2) errores en la medición de la densidad y las suposiciones asociadas (representatividad del pozo estratigráfico, estimación de

densidad promedio) especialmente para las mediciones en nieve; (3) hielo superpuesto, el cuál es difícil de medir y su variabilidad espacial no es bien registrada por la red de balizas; (4) la divergencia del flujo, la cual es irrelevante para el balance glaciar completo.

Las fuentes de error asociadas a la *extrapolación espacial* de las mediciones puntuales son: (1) la representatividad local de cada punto de medición; (2) el método de interpolación entre los puntos de observación y la extrapolación a las áreas sin medición; (3) menor muestreo de las zonas de difícil acceso (grietas, mayor pendiente, penitentes o zonas de avalancha) con balances de superficie potencialmente diferentes. Por último, el hecho de que (4) la elevación y área glaciar cambian durante el tiempo.



Figura 11. Instalación y medición de balizas en glaciar Echaurren Norte: (A) instalando/profundizando baliza; (B) midiendo baliza instalada/profundizada; (C) control de baliza para profundización. (Fuente: UGN-DGA)

1.5.2 Método geodésico

Esta metodología de observación determina el cambio del volumen glaciar a través del mapeo de la diferencia de la elevación de la superficie glaciar y densidad del mismo entre dos períodos determinados (Zemp et al., 2013). Los métodos más comunes son mediante estudios sobre el terreno usando teodolitos, sistemas globales de navegación por satélite, estudios aéreos con fotogrametría, interferometría SAR, o escaneo láser aerotransportado LiDAR.

La metodología descrita en este estudio se enfoca en la diferencia entre modelos de elevación digital (DEM) generados mediante la tecnología LiDAR (*Light Detection and Ranging*) sobre toda la superficie glaciar y no considera los errores por extrapolación. Ésta metodología también asume que todos los datos de elevación están referenciados al mismo datum y proyección.

El cambio de volumen derivado de la diferencia entre DEMs puede ser expresado según la siguiente ecuación:

$$\Delta V = r^2 \sum_{k=1}^K \Delta h_k \text{ (m}^3\text{)} \quad [1]$$

Donde K es el número de píxeles que cubren el área glaciar, $\Delta h_k(m)$ es la diferencia de elevación entre dos áreas en el píxel k y $r(m)$ es el tamaño del píxel.

Lo ideal es que la medición geodésica sea llevada a cabo al final de la temporada de ablación, simultáneamente con las mediciones glaciológicas, con el fin de que no se generen errores mayores asociados a las diferencias temporales entre las comparaciones del balance de masa anual resultante de cada método. Es recomendable que las mediciones sean repetidas cada década captando así la variación de la señal climática y reduciendo el impacto de las fluctuaciones a corto plazo debido a fluctuaciones climáticas de cada temporada.

Si se considera que el cambio de elevación del suelo rocoso es despreciable, el balance de masa geodésico contempla tanto el balance superficial, interno, como basal del glaciar.

Las fuentes de error en los datos de elevación se dividen en errores de observación y del proceso de ploteo. La observación incluye errores relacionados a los procesos de medición y se originan debido a la plataforma, sensor e interferencia desde la atmósfera. Los errores de ploteo relacionados a la representación análoga (mapas) o digitales (DEMs) de los datos observados incluyen la georeferenciación, proyección, corrección y densidad de muestreo. Alternativamente, aproximaciones estadísticas pueden ser usadas para evaluar los errores de combinación de DEM usando la diferencia entre DEMs sobre terreno no glaciar (asumiendo que dicha superficie es estable en el período de observación).

1.5.3 Marco conceptual para el reanálisis del balance de masa

El reanálisis es la reexaminación y posible modificación de las series de medición a la luz de los métodos o datos no disponibles en el momento en que se realizaron las mediciones (Cogley et al., 2011).

El método glaciológico es capaz de capturar la variabilidad espacial y temporal del balance de masa glaciar, incluso con sólo una pequeña cantidad de puntos de observación. No obstante, es altamente sensible a errores sistemáticos que se acumulan linealmente con el número de temporadas medidas. El balance de masa geodésico es capaz de cubrir el glaciar completo, pero requiere una alta resolución espacial y abarca intervalos multianuales. Por lo tanto, lo ideal para realizar un reanálisis de las series del balance de masa es combinar el método glaciológico con las mediciones geodésicas multi-anales. Para esto se procede a través de las etapas propuestas por Zemp et al. (2013) (figura 12), en las cuales, una serie de N observaciones glaciológicas anuales y tres mediciones geodésicas son independientemente homogeneizadas y evaluadas para los errores sistemáticos (ϵ) y aleatorio (σ).

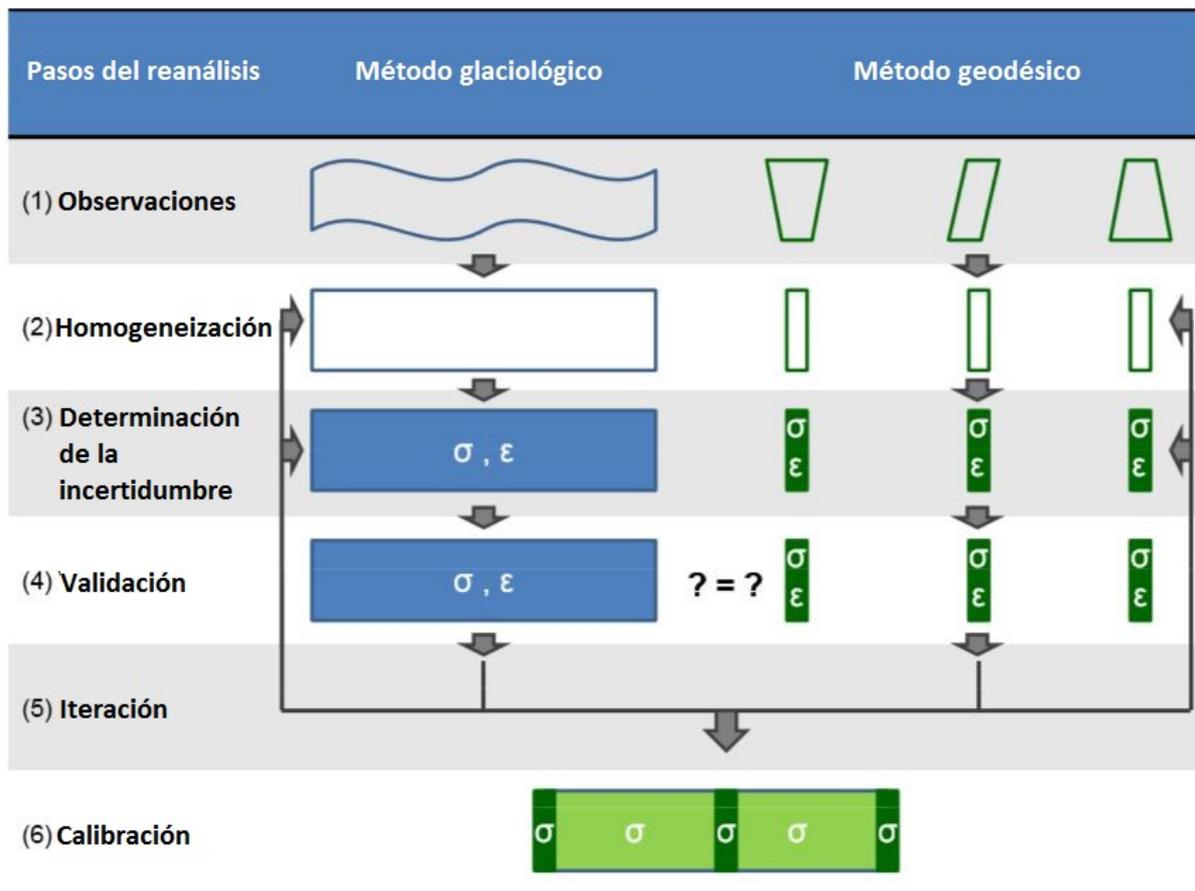


Figura 12. Esquema general para el reanálisis de las series del balance de masa glaciar en 6 pasos (modificado de M. Zemp et al., 2013).

1.5.3.1 Observación

La observación es generalmente definida como el registro de las mediciones y los metadatos relacionados. Para el método glaciológico, observaciones en las estacas y pozos son extraídas de las mediciones anuales o temporales en terreno y posteriormente inter y/o extrapoladas para determinar el balance de masa glaciario completo. Durante los años de la observación la configuración sufre varios cambios en la red de estacas, equipo humano, métodos de inter y extrapolación y área de extensión glaciario.

Para el método geodésico, debido al intervalo de décadas entre mediciones, usualmente se utilizan diferentes plataformas y sensores, tomadas por diferentes operadores y analistas, usando diferentes softwares.

Para un posterior reanálisis de las series de observación, es importante que los metadatos relacionados estén guardados y disponibles junto con los resultados de observación.

1.5.3.2 Homogeneización

La homogeneización es definida como el procedimiento de corregir las series temporales de medición de artefactos y sesgos que no son variaciones naturales de la señal por sí, pero originadas por cambios en las prácticas observacionales o analíticas (Cogley et al., 2011).

El alcance de este paso es usar los datos y metadatos para detectar y reducir heterogeneidades. Tanto las series de datos glaciológicos como geodésicos deben ser homogeneizados independientemente.

Los típicos problemas del método glaciológico son los cambios en las aproximaciones de inter y extrapolación (de los datos de ablación y acumulación a año hidrológico, de la línea de contorno o del método del perfil de elevación), el uso de diferentes cuencas glaciares, o el (no) ajuste de los cambios anuales de extensión glaciario.

Para la extrapolación de los datos de ablación y acumulación, debido a que comúnmente las fechas de las campañas de terreno no corresponden a las fechas del año hidrológico, se considera la aplicación de un modelo de grado-día. Este modelo asume una relación empírica entre la temperatura del aire y las tasas de ablación y ha sido ampliamente utilizado debido a: (1) la amplia disponibilidad de datos de temperatura, (2) la relativamente fácil interpolación y previsión de la temperatura, (3) el buen desempeño del modelo a pesar de su simpleza y (4) el fácil manejo computacional (Hock, 2003).

El modelo de grado-día considera que la ablación glaciaria (sea hielo o nieve) M (cm), producida durante un período de n intervalos de tiempo Δt (días), es directamente proporcional a la suma de las temperaturas sobre el punto de fusión ($T_i > 0$ °C) de dicho período (PDD (°C), *Positive Degree Day*). El factor de proporcionalidad es denominado factor grado-día (DDF (cm d⁻¹ °C⁻¹), *Degree Day Factor*).

$$\sum_{i=1}^n M = DDF \sum_{i=1}^n T^+ \Delta t \quad , \text{ con } T^+ = \sum_{i=1}^n \begin{cases} T_i, & T_i > 0 \text{ °C} \\ 0, & T_i \leq 0 \text{ °C} \end{cases} \quad [2]$$

Con este modelo se calculan los factores DD para cada período producido entre dos campañas de terreno y se utiliza para extrapolar la ablación a los días faltantes para completar el año hidrológico, utilizando el registro de las temperaturas medias diarias de dichos días.

Para el método geodésico, la principal tarea en este paso es asegurarse que los DEMs de diferentes estudios se encuentran apropiadamente corregistrados y existe suficiente terreno estable rodeando al glaciar para anclarlos a dicha superficie y finalmente determinar las variaciones verticales de la superficie glaciaria.

1.5.3.3 Evaluación de la incertidumbre

El objetivo de este paso es estimar los errores sistemáticos y aleatorios de las series de datos glaciológicos y geodésicos como también las diferencias entre los dos métodos. Por lo tanto, las incertidumbres relacionadas a la lista de potenciales errores descritos en los puntos anteriores deben ser estimadas y acumuladas para los períodos entre las mediciones geodésicas.

Para cada balance de un período de N años, el balance glaciológico anual promedio es:

$$\overline{B_{glac.a}} = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N B_{glac.a.t} \quad [3]$$

El error sistemático total relacionado es expresado como la suma de las fuentes individuales (las cuales pueden tener signo positivo o negativo) y dividido por la cantidad de años (N) del período de medición (PdM):

$$\overline{\varepsilon_{glac.total.a}} = \frac{\varepsilon_{glac.total.PdM}}{N} = \frac{\sum_{t=1}^N (\varepsilon_{glac.abl.t} + \varepsilon_{glac.acc.t} + \varepsilon_{glac.extrapolación.t})}{N} \quad [4]$$

Los errores aleatorios acumulados en las distintas fuentes y años de acuerdo a la ley de propagación de errores se asume que no están correlacionados:

$$\overline{\sigma_{glac.total.a}} = \frac{\sigma_{glac.total.PdM}}{\sqrt{N}} = \frac{\sqrt{\sum_{t=1}^N (\sigma^2_{glac.abl.t} + \sigma^2_{glac.acc.t} + \sigma^2_{glac.extrapolación.t})}}{\sqrt{N}} \quad [5]$$

Para poder comparar ambos métodos, el balance geodésico también es expresado como tasa promedio anual:

$$\overline{B_{geod.a}} = \frac{B_{geod.PdM}}{N} \quad [6]$$

Junto con la estimación del error sistemático (ε) y aleatorio (σ), relacionados con la incertidumbre de la combinación de los DEMs. El error sistemático anual promedio es expresado como:

$$\overline{\varepsilon_{geod.total.a}} = \frac{\varepsilon_{geod.total.PdM}}{N} = \frac{\varepsilon_{geod.DEM.PdM}}{N} \quad [7]$$

Y es reducido a cero luego de un correjistro 3-D exitoso.

El error aleatorio anual promedio es estimado como:

$$\overline{\sigma_{geod.total.a}} = \frac{\sigma_{geod.total.PdM}}{N} = \frac{\sqrt{\sigma^2_{geod.DEM.PdM}}}{N} = \frac{\sqrt{\sigma^2_{coreg} + \sigma^2_{autocorr}}}{N} \quad [8]$$

Éste integra la incertidumbre relacionada con el error de altura remanente luego del correjistro (σ^2_{coreg}) y la autocorrelación espacial de las diferencias de elevación ($\sigma^2_{autocorr}$) como la raíz de la suma de cuadrados. Notar que para el escalamiento de errores aleatorios a los períodos anuales la división es por el número de años N (no \sqrt{N}) ya que la incertidumbre en el período de registro entre las dos mediciones geodésicas es independiente del número de años entre ellas.

Para una comparación directa entre ambas metodologías, deben ser corregidos los errores sistemáticos de cada una por separado. Además, se incluye la estimación del error relacionado con la densidad de conversión (dc) y diferencias de mediciones (dm) asignadas al balance geodésico.

El balance corregido resultante y sus errores aleatorios son expresados como:

$$\overline{B_{glac.corr.a}} = \overline{B_{glac.a}} + \overline{\varepsilon_{glac.total.a}} \quad [9]$$

$$\text{Con } \overline{\sigma_{glac.corr.a}} = \overline{\sigma_{glac.total.a}}$$

y

$$\overline{B_{geod.corr.a}} = \overline{B_{geod.a}} + \overline{\varepsilon_{geod.total.a}} + \overline{\varepsilon_{dm.a}} - \overline{B_{int.a}} - \overline{B_{bas.a}} \quad [10]$$

$$\text{Con } \overline{\sigma_{geod.corr.a}} = \sqrt{\overline{\sigma_{geod.total.a}^2} + \overline{\sigma_{dc.a}^2} + \overline{\sigma_{dm.a}^2} + \overline{\sigma_{int.a}^2} + \overline{\sigma_{bas.a}^2}}$$

1.5.3.4 Validación

La validación es definida como la comparación de series de datos con observaciones independientes (Rykiel Jr., 1996). Las series del balance de masa glaciológico y geodésico corregidas pueden ser comparadas directamente luego de haber completado los tres pasos descritos antes.

Para este propósito, el balance de masa glaciológico corregido es acumulado durante el espacio de tiempo entre las dos mediciones geodésicas y luego se valida con el balance geodésico correspondiente (ec. 11).

La primera revisión entre la discrepancia de los dos métodos puede ser explicada por su dispersión natural: si los errores aleatorios de los dos métodos son lo suficientemente grandes, la diferencia correspondiente entre las dos series de datos no puede ser considerada incoherente. Una segunda revisión consiste en detectar errores sistemáticos remanentes, los cuales no pueden ser físicamente agregados al modelo o calculados para corregirlos.

Adoptando el error de riesgo convencional (niveles de confianza), el siguiente test estadístico soporta la decisión con respecto a si aceptar la hipótesis nula H_0 : "El balance de masa glaciológico acumulado es estadísticamente igual al balance geodésico".

Se define entonces la discrepancia (Δ) durante el período de medición (PdM) como la diferencia entre el balance glaciológico acumulado y el balance geodésico, ambos corregidos de los errores sistemáticos identificados:

$$\Delta_{PdM} = B_{glac.corr.PdM} - B_{geod.corr.PdM} \quad [11]$$

La varianza común entre los dos métodos es definida como la suma de ambas incertidumbres aleatorias, acumuladas durante el período de balance, siguiendo la ley de propagación de errores, asumiendo que estas no están correlacionadas:

$$\sigma_{común.PdM} = \sqrt{\sigma^2_{glac.corr.PdM} + \sigma^2_{geod.corr.PdM}} \quad [12]$$

Y representa la dispersión total de los datos.

Finalmente, se puede definir la discrepancia reducida como:

$$\delta = \frac{\Delta_{PdM}}{\sigma_{común.PdM}} \quad [13]$$

Con lo que entre más consistentes sean los dos métodos, más cercano a cero será δ . Se considera que la varianza común ($\sigma_{común.PdM}$) puede ser perfectamente estimada ya que la mayoría de las estimaciones de la incertidumbre de las mediciones resulta de aproximaciones físicas.

Por lo tanto se espera que la diferencia entre las mediciones (Δ_{pdm}) siga una distribución normal con varianza ($\sigma_{común.PdM}$).

La aceptación de la hipótesis nula H_0 es testada asumiendo entonces que la discrepancia reducida (δ) sigue una distribución normal estándar ($\mu = 0, \sigma^2 = 1$) (figura 13). Área negra y gris indican niveles de confianza de 95% y 90% respectivamente.

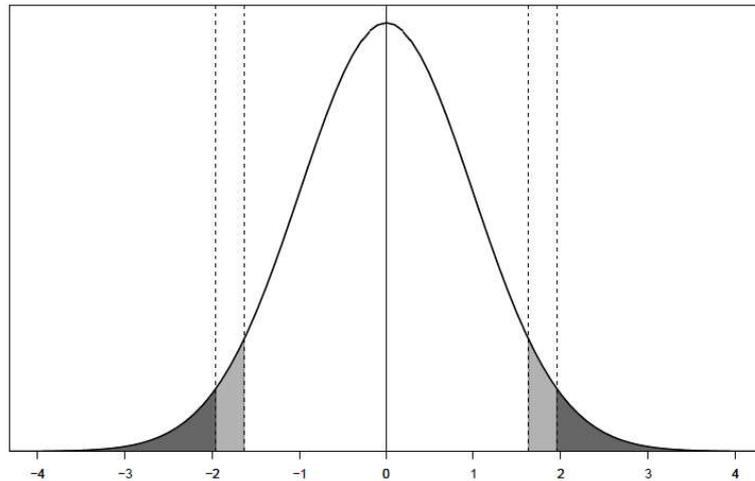


Figura 13. La curva representa la función de probabilidad de densidad para una distribución normal estándar.

Trabajando con un nivel de confianza de 95% (intervalo de confianza 1.96σ), podemos aceptar la hipótesis H_0 ($\Delta_{pdm} = 0$) si $-1.96 < \delta < 1.96$. Bajo esta condición existe una probabilidad $\alpha = 5\%$ de tomar una mala decisión y rechazar H_0 a pesar de que los resultados de ambos métodos sean iguales (error tipo-I, falsa alarma).

Alternativamente utilizando un nivel de confianza de 90%, se puede aceptar H_0 si $-1.64 < \delta < 1.64$ con una probabilidad de cometer un error tipo-I de $\alpha = 10\%$. Esto significa que el error de rechazar H_0 es dos veces más probable y más series califican para ser calibradas.

En la búsqueda de encontrar potenciales errores sistemáticos en la observación, el poder sustancial del test estadístico es dado por la habilidad de rechazar H_0 cuando es actualmente falsa y una diferencia ε realmente existe.

Si el resultado del test es aceptar H_0 , en ese caso un error de tipo-II es generado. Este segundo tipo de riesgo, cuya probabilidad se denota β depende del riesgo α y ε , y está dado por:

$$\beta = F\left(u_\alpha - \frac{\varepsilon}{\sigma_{común.pdm}}\right) - F\left(-u_\alpha - \frac{\varepsilon}{\sigma_{común.pdm}}\right) \quad [14]$$

en donde F es la función de distribución acumulada de la distribución normal estándar ($\mu = 0, \sigma^2 = 1$) y u_α es tal que $F(u_\alpha) = \alpha$. Para un error tipo-I $\alpha = 5\%$ y $\alpha = 10\%$, u_α es igual a 1.96 y 1.64, respectivamente.

Asumiendo un alto riesgo de tipo-I (α) (más series califican para calibración), el riesgo β de mantener una serie glaciológica incorrecta (no recalibrar cuando la serie es actualmente errónea) disminuye. Este segundo tipo de error puede ser calculado para cada serie de balance de masa, asumiendo que la discrepancia ε corresponde a la diferencia de medición Δ_{pdm} .

Cuando la varianza común de ambos métodos es estimada, es posible determinar el menor desvío que puede ser detectable como:

$$\varepsilon_{límite.pdm} = (u_{1-\alpha/2} + u_{1-\beta}) \sqrt{\sigma_{glac.pdm}^2 + \sigma_{geod.pdm}^2} \quad [15]$$

donde u_γ es dado por la función de distribución acumulada de la distribución normal estándar como $F(u_\gamma) = \gamma$. Admitiendo errores $\alpha = \beta = 10\%$, el término $(u_{1-\alpha/2} + u_{1-\beta})$ es igual a 2.9 (ec.15). Así, el error detectable es un poco menor que 3 veces la varianza común.

Adaptando la ecuación [15] para agregar los valores de error aleatorio anual del balance glaciológico, se puede observar cómo la diferencia límite ($\varepsilon_{límite.pdm}$) detectable entre los métodos disminuye para series más largas de tiempo.

$$\varepsilon_{límite.pdm} = (u_{1-\alpha/2} + u_{1-\beta}) \sqrt{N\sigma_{glac.a}^2 + \sigma_{geod.pdm}^2} \quad [16]$$

Así la diferencia límite anual ($\varepsilon_{límite.a}$) detectable es dada por:

$$\varepsilon_{límite.a} = \frac{\varepsilon_{límite.pdm}}{N} = (u_{1-\alpha/2} + u_{1-\beta}) \sqrt{\frac{\sigma_{glac.a}^2}{N} + \frac{\sigma_{geod.pdm}^2}{N^2}} \quad [17]$$

Dado que la incertidumbre sobre el periodo de medición en el balance geodésico y la incertidumbre anual en el balance glaciológico no dependen de N , la detección de errores sistemáticos disminuye a medida que el periodo de medición aumenta.

1.5.3.5 Iteración

Una vez que una diferencia sistemática entre los dos métodos es detectada con un alto grado de confianza, el primer paso es localizar la fuente del error correspondiente yendo hacia atrás al proceso de homogeneización y/o evaluación de la incertidumbre. El ejercicio estadístico finalmente ayuda a identificar los períodos de medición con mayores discrepancias. Reevaluando los metadatos disponibles para cada potencial fuente de error se pueden develar factores que no fueron considerados en una primera etapa y deberían ser considerados en un nuevo esfuerzo de homogeneización de las series de datos.

El proceso de reevaluar la incertidumbre puede revelar que las incertidumbres fueron sobre o desestimadas o no consideradas. Como sea, cualquier homogeneización de las observaciones debe estar bien soportada por las mediciones o el entendimiento de los procesos y no sólo para forzar la unión de las observaciones de cada método. Discrepancias que no puedan ser explicadas requieren ser calibradas y una mayor investigación.

1.5.3.6 Calibración

La calibración puede ser definida como el ajuste de las series de datos a observaciones independientes (Rykiel Jr., 1996). Si una diferencia significativa no puede ser reducida con los datos y metadatos y métodos anteriores, se puede tomar la decisión de calibrar el balance de masa glaciológico (el cual es más sensible a errores sistemáticos de acumulación debido a los intervalos de observación anual y la integración espacial de los factores) con los resultados geodésicos.

El objetivo de la calibración es mantener la variabilidad relativa de cada temporada/año del método glaciológico mientras se ajusta a los valores absolutos (multi-anales) del método geodésico.

A menos de que exista una pista clara del origen de la diferencia, la divergencia desde el balance geodésico es corregida en un primer paso calibrando el balance glaciológico anual como se explica a continuación.

Sobre un período de balance de N años, para el cual existen balances glaciológicos y geodésicos disponibles y homogeneizados, se calcula el balance glaciológico anual promedio $\overline{B_{glac.corr.a}}$ (ec. 9).

Para cada año t del período de balance, se calcula el balance glaciológico centrado β_t como la desviación desde el promedio:

$$\beta_t = B_{glac.corr.a.t} - \overline{B_{glac.corr.a}} \quad [18]$$

Para todo el período del balance resulta:

$$\sum_{t=1}^N \beta_t = 0 \quad [19]$$

Para el mismo período de balance se calcula el balance geodésico anual promedio $\overline{B_{geod.corr.a}}$ (ec. 10).

Para cada año del período de balance, el balance anual calibrado $B_{cal.t}$ es definido como:

$$B_{cal.t} = \beta_t + \overline{B_{geod.corr.a}} \quad [20]$$

En el cual, el promedio viene del balance geodésico y la desviación año a año del balance glaciológico.

Para cada año n durante el período de balance, el balance calibrado acumulado es

$$B_{cal.n} = \sum_{t=1}^n B_{cal.t} = n \overline{B_{geod.corr.a}} + \sum_{t=1}^n \beta_t \quad [21]$$

En una segunda etapa, el balance de la temporada es calibrado. A menos que exista un claro indicio de alteraciones en las observaciones de primavera, el balance de invierno B_w permanece inalterado ya que es independiente de las mediciones anuales

$$B_{cal.w} = B_{glac.w} \quad [22]$$

y la diferencia en el balance anual B_a es asignada completamente al balance de verano B_s

$$B_{cal.s} = B_{cal.a} - B_{cal.w} \quad [23]$$

En tercer lugar, el balance de las bandas de elevación son ajustadas para tomar los valores anuales calibrados. Para cada banda de elevación e de cada año t del período de balance, el balance centrado de la banda de elevación $\beta_{e.t}$ es calculado como la desviación desde el balance glaciológico anual no calibrado:

$$\beta_{e.t} = B_{glac.e.t} - B_{glac.corr.a.t} \quad [24]$$

Entonces, el balance calibrado de la banda de elevación es definido como:

$$B_{cal.e.t} = \beta_{e.t} + B_{cal.t} \quad [25]$$

2. Descripción del área de estudio

2.1 Clima

El área de estudio se encuentra ubicada en el borde de transición entre dos zonas de clasificación climática de Köppen (figura 14). Bajo los 2.500 *m.s.n.m.* el clima es templado frío con lluvias invernales y estación seca prolongada de 4 a 5 meses. Por otra parte, a medida que el relieve alcanza mayor altura, el clima predominante es tundra por efecto de altura, caracterizado por bajas temperaturas (comúnmente bajo cero) y abundancia de precipitaciones sólidas, lo que favorece la formación de glaciares en las quebradas y altas cumbres.

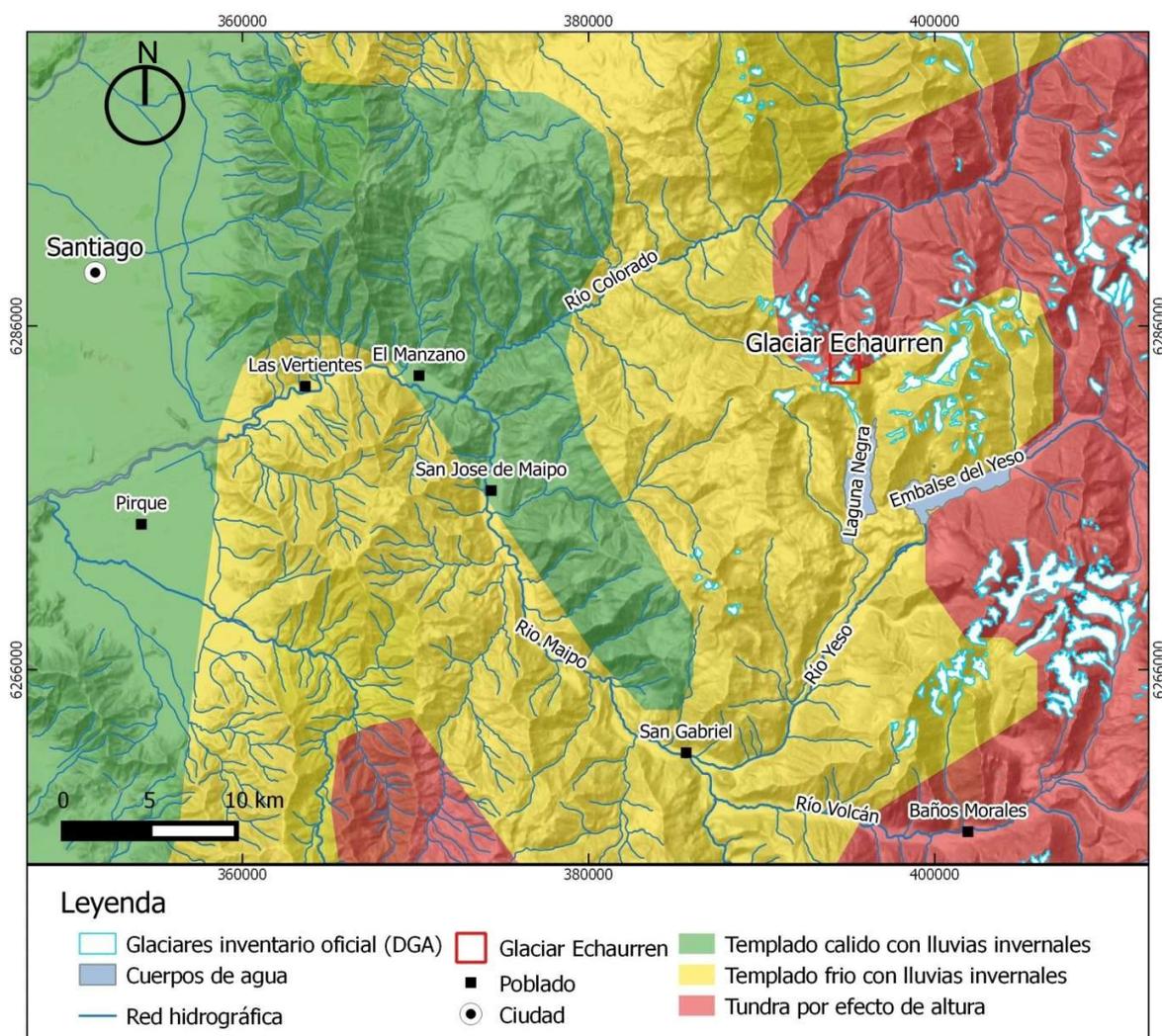


Figura 14. Zonas climáticas para la región Metropolitana.

2.1.1 Precipitaciones y temperaturas

La Dirección General de Aguas (DGA), dispone de una red meteorológica de monitoreo compuesta por estaciones fijas y móviles. Esta red tiene instalada a aproximadamente 10 km al sur del glaciar Echaurren Norte la estación Embalse del Yeso (2475 m. s. n. m.), la cual cuenta con un registro completo de datos meteorológicos desde 1978 hasta la actualidad. Se puede observar en dicho registro que la precipitación media anual es de 630mm, la cual se genera principalmente en la temporada de invierno durante los meses de mayo a septiembre, siendo junio el mes con mayores precipitaciones, abarcando cerca del 25% de estas (figura 15).

La temperatura media mensual en general disminuye junto a los meses que presentan mayores precipitaciones provocando que éstas se produzcan en su gran mayoría como precipitación sólida.

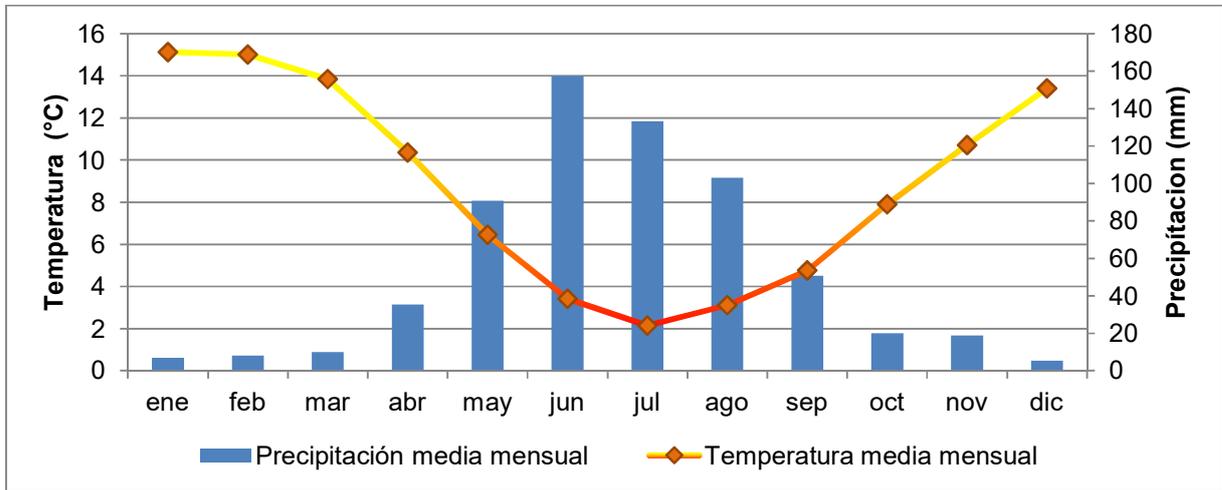


Figura 15. Climograma para la estación meteorológica Embalse El Yeso (2475 m.s.n.m.). Elaborado con registro 1979-2015 de estadística hidrológica en línea (DGA, 2016).

El registro que se tiene sobre la temperatura media mensual en el glaciar Echaurren Norte es obtenida mediante la instalación intermitente de una estación meteorológica Vaisala (3840 m. s. n. m.) durante el período entre octubre del 2012 y febrero del 2016. La temperatura media mensual observada en la zona de estudio varía entre mínimas cercanas a los -7°C y máximas de $6,5^{\circ}\text{C}$, ubicándose ésta por sobre los cero grados generalmente entre los meses de diciembre y abril y bajo los cero grados entre mayo y noviembre, coincidiendo respectivamente con las temporadas de ablación y acumulación del glaciar (figura 16).

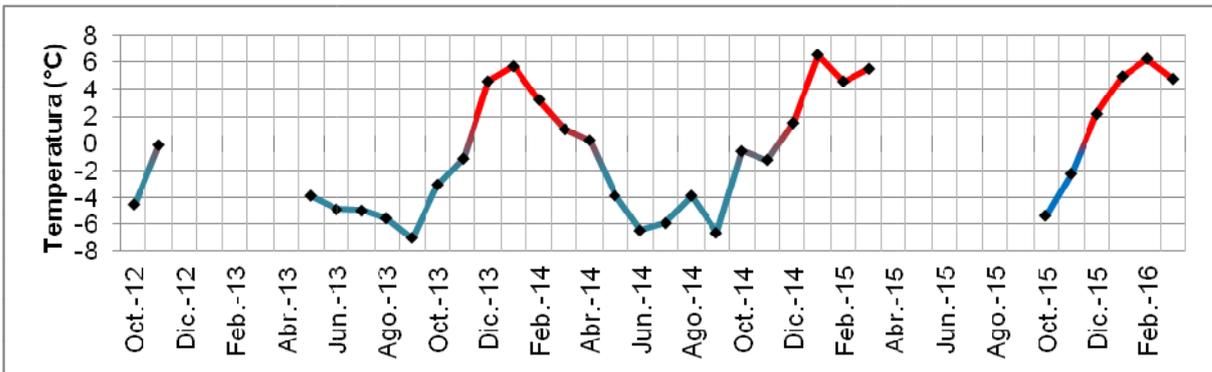


Figura 16. Registro intermitente de temperaturas medias mensuales en glaciar Echaurren Norte estación Vaisala (3840 m.s.n.m.).

2.2 Relieve

Los rasgos que determinan la geomorfología de la zona de estudio son los característicos de una región de alta cordillera andina. Destaca la presencia de altas cumbres rocosas superiores a los 4000 *m.s.n.m.*, glaciares de hielo y roca, valles glacio-fluviales y volcanes. En general el relieve es abrupto y montañoso, con laderas de alta pendiente que otorgan una dinámica activa a la geomorfología de la zona. Esta dinámica altamente activa a escala geológica es evidenciada en los depósitos coluviales, flujos aluviales y remociones en masa ampliamente presente en las laderas de los valles cordilleranos.

El volcanismo actual en la zona central de la cordillera de los Andes, representada en esta zona por los volcanes Tupungato (6570 *m.s.n.m.*), Tupungatito (5600 *m.s.n.m.*) y San José (5856 *m.s.n.m.*), alineados en ese orden en dirección norte sur, han actuado como barreras divisorias de agua debido a su gran altura, condicionando la distribución de cuencas y red hídrica del área.

Los glaciares son agentes de gran influencia en la modelación del paisaje del valle del Yeso debido a la constante actividad erosiva del flujo de la masa glaciar a lo largo de las quebradas y valles, generando laderas escarpadas y depósitos de material morrénico, coluvial y aluvial en las laderas y fondo del valle. Este factor ha sido condicionante en la formación de la laguna Negra, produciendo la acumulación de depósitos morrénicos transportados desde el norte del valle, formando un embalsamiento natural de las aguas.

2.3 Marco geológico

2.3.1 Antecedentes tectónicos y morfoestructurales

En el dominio al sur de los 33°S, Chile central se caracteriza por poseer un régimen de subducción levemente inclinada, lo que se conoce como subducción normal, marcando la reaparición del volcanismo. Este régimen da inicio a la llamada Zona Volcánica Sur (Cembrano & Lara, 2009). A partir de los 33,5°S se observa la reaparición de la depresión central en el continente junto a una deflexión del antearco y la fosa oceánica hacia el oeste, siendo esta última rellena con sedimentos debido al alto aporte continental (Yáñez et al., 2002).

Las principales unidades morfoestructurales son resumidas en la figura 17. La cuenca del glaciar Echaurren Norte está emplazada en la Cordillera Principal, cercana al flanco occidental de la Faja Plegada y Corrida del Aconcagua.

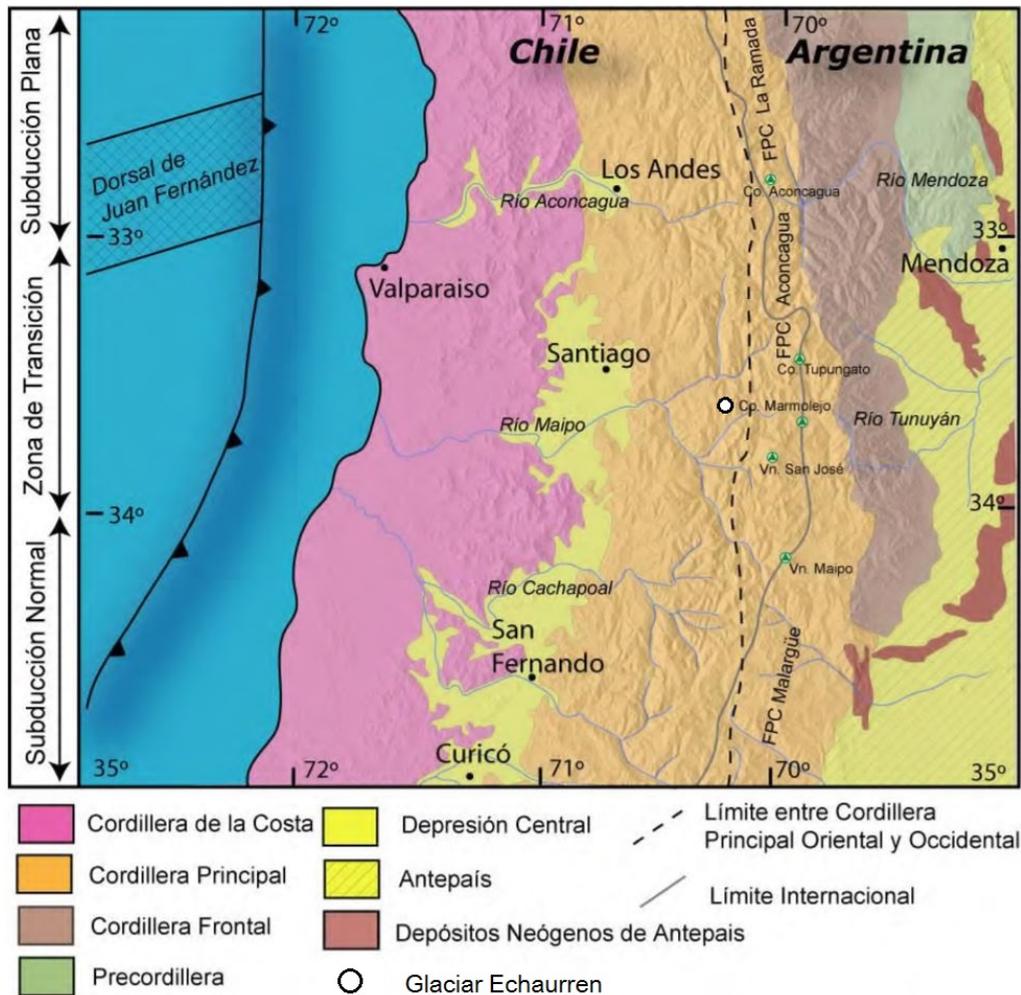


Figura 17. Segmentación morfoestructural del orógeno Andino entre los 32° y 35° S. Modificado de (Fock, 2005).

2.3.2 Principales unidades geológicas

En el sector del embalse del Yeso y Laguna Negra aflora una serie de unidades volcanosedimentarias e intrusivas que conforman un paquete estratigráfico de más de 8000 m de potencia, en base a los trabajos de quienes definieron las formaciones del área (Alvarez et al., 1997, 2000; González, 1963; Klohn, 1960; Aguirre, 1960, Thiele y Katsui, 1960). Acorde a la recopilación hecha por Fock (2005), las principales unidades reconocidas en la Cordillera Principal, aledañas al área de estudio son (figura 18 y 19):

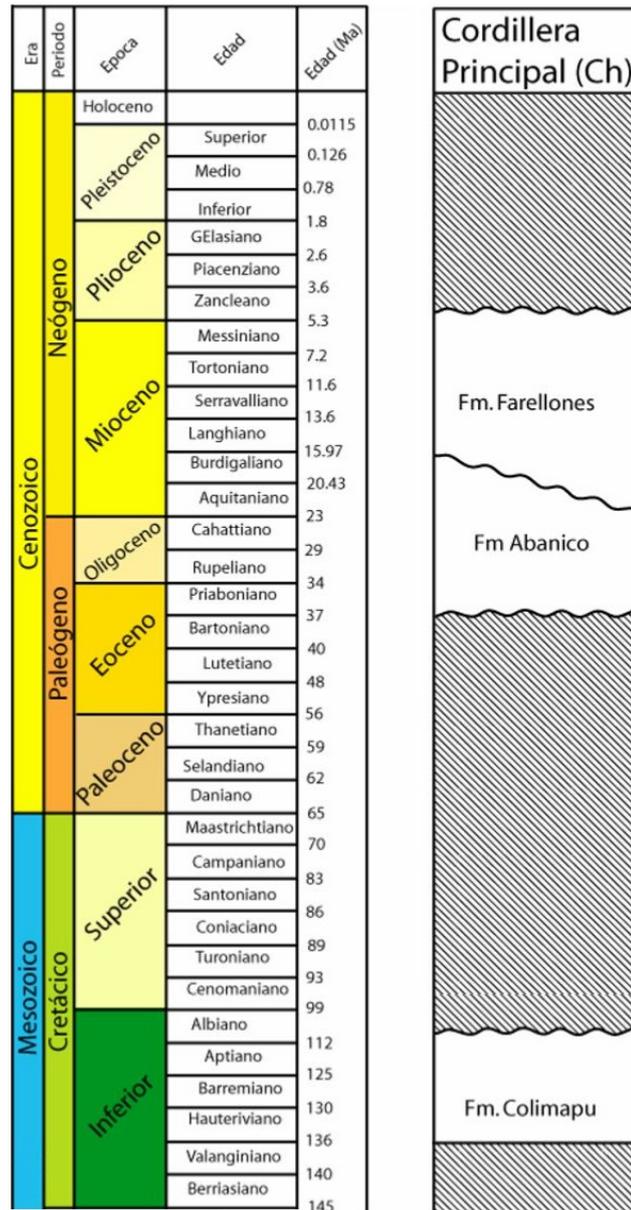


Figura 18. Principales unidades geológicas que afloran en torno al área de estudio. Modificado de Fock (2005).

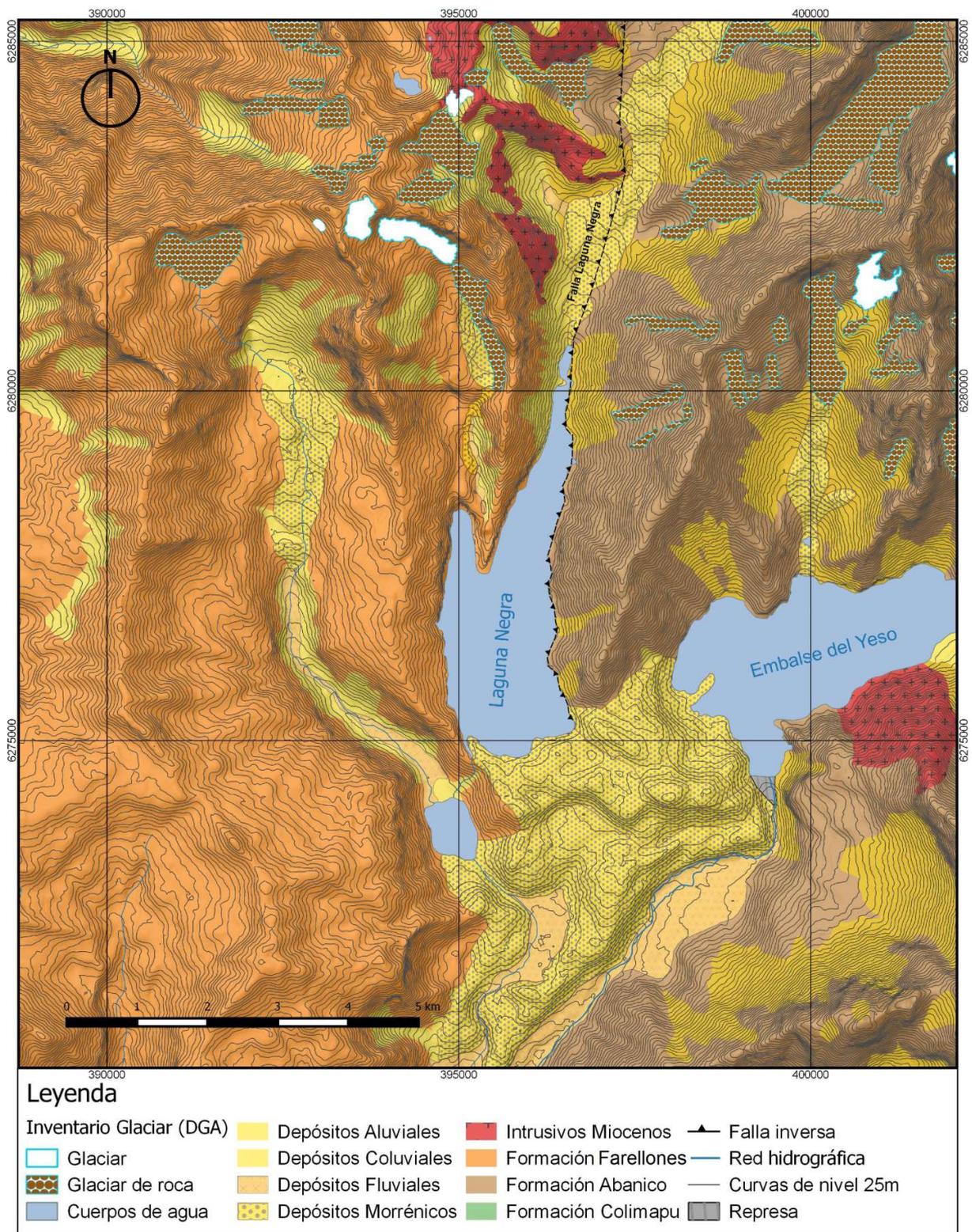


Figura 19. Mapa geológico esquemático de la zona de estudio. Adaptado de Fock (2005).

2.3.2.1 Rocas estratificadas

2.3.2.1.1 Formación Colimapu [Hauteriviano-Albiano] (Klohn, 1960)

Corresponde a una secuencia principalmente continental compuesta por areniscas de coloración rojiza, lutitas, conglomerados e intercalaciones de tobas, andesitas y calizas. Localmente se ha estimado su espesor en aproximadamente 2.000 m (Thiele, 1980), se encuentra en capas lateralmente discontinuas, aflorando en el límite occidental de la Cordillera Principal Oriental.

Su edad se ha acotado entre el Hauteriviano, por su contacto basal concordante y Albiano, en base a material fósil (Fock, 2005). Subyace discordantemente a la Formación Abanico (Charrier et al., 1996; Charrier et al., 2002).

En el área, aflora hacia el noreste en contacto por la falla Laguna Negra con la Formación Abanico.

2.3.2.1.2 Formación Abanico [Oligoceno - Mioceno Inf.] (Aguirre, 1960)

Potente secuencia de volcanitas y sedimentitas clásticas terrígenas de colores predominantes gris pardo y púrpura rojo-grisáceo. Está constituida por lavas básicas a intermedias, rocas piroclásticas ácidas e intercalaciones sedimentarias continentales (fluviales, aluviales y lacustres), formando lentes de hasta 500 m de espesor (Charrier et al., 2002; Nyström et al., 1993).

Se estima una potencia aproximada de 3000 m para esta formación, aun cuando se acepta que dicho espesor puede estar sobreestimado debido a las numerosas intrusiones de filones-manto y lacolitos andesíticos. Su base se encuentra en discordancia erosiva con la Formación Colimapu y su techo está marcado por un contacto con la sobreyacente Formación Farellones transicional y con amplias variaciones norte-sur y este-oeste, reportándose en diversos sectores tanto de manera discordante como pseudoconcordante (Charrier et al., 2002), concordante o en contacto por falla (Godoy et al., 1999).

La edad de la Formación Abanico se ha estimado entre el Oligoceno y el Mioceno Inferior mediante dataciones radiométricas U-Pb en circones (Jara & Charrier, 2014). Su ambiente de deposición correspondería a una amplia cuenca de intra-arco (cuenca de Abanico), bajo un régimen extensional con volcanismo activo cuya signatura geoquímica no representaría un arco volcánico típico (Muñoz et al., 2006; Jordan et al., 2001). Dicha cuenca habría sido posteriormente invertida durante un proceso de inversión tectónica generalizado en el Oligoceno Superior-Mioceno Inferior (Charrier et al., 2002a, 2005, 2007).

2.3.2.2.3 Formación Farellones [Mioceno] (Klohn, 1960)

Sucesión compuesta de lavas, tobas e ignimbritas con intercalaciones de brechas. Predominio de las unidades de lavas por sobre las tobas y brechas, mientras que la alternancia de rocas volcanoclásticas más finas, en tramos de 4 a 5 metros, producen una marcada estratificación en la serie (Thiele, 1980).

Esta Formación sobreyace a la Formación Abanico entre los 32° S hasta los 35° S, a través de un contacto transicional y con amplias variaciones tanto norte-sur como este-oeste, reportándose en diversos sectores como discordante o pseudo-concordante, dependiendo de la reactivación de fallas asociadas a la inversión tectónica de la cuenca de la Formación Abanico (Charrier et al., 2002).

El espesor reportado para la Formación Farellones es de 2.500 m, aumentado por los numerosos mantos intrusivos y lacolitos del Mioceno Superior-Plioceno que la intruyen. El techo de esta formación corresponde a la actual superficie del relieve (Thiele, 1980; Rivano et al., 1990).

2.3.2.2 Rocas intrusivas

2.3.2.2.1 Intrusivos del Mioceno Medio-Superior

En la ribera sur del Embalse El Yeso, como parte del cerro Mesón Alto aflora el cuerpo intrusivo Granodiorita Cerro Mesón Alto y al norte de la laguna Negra y a través del valle del río Olivares el Plutón La Gloria. Ambos cuerpos han sido asignados a los plutones granodioríticos del Complejo Plutónico El Teniente, poseen una edad aproximada de 11 – 12 Ma (Kay & Kurtz, 1995; Kurtz et al., 1997; Deckart et al., 2010).

2.3.2.3 Depósitos no Consolidados

2.3.2.3.1 Depósitos fluviales, fluvioglaciales y aluviales

Corresponden a bloques, gravas, arenas, limos y arcillas, provenientes de la meteorización y erosión de las unidades geológicas nombradas anteriormente. Su distribución se limita a valles, quebradas, terrazas, remociones recientes y abanicos aluviales.

2.3.2.3.2 Depósitos lacustres

Depósitos de limos y arcillas, finamente laminados, acumulados en los sistemas asociados a lagos formados detrás de algunas morrenas frontales, como es el caso de la laguna Negra o laguna Lo Encañado (figura 20) o los depósitos sedimentarios asociados al emplazamiento del embalse del Yeso. Además de depósitos producidos por desmoronamientos en las laderas del valle Yeso (Thiele, 1980).



Figura 20. Depósitos lacustres asociados al sistema afluyente de la laguna Lo Encañado. En la ladera del valle se aprecia la estratificación de la Formación Farellones. Fotografía tomada hacia el suroeste.

2.3.2.3.3 Depósitos gravitacionales

Estos depósitos se reconocen prácticamente en toda el área, formando coluvios. Los más importantes son aquellos resultantes de la reptación del suelo y talud, los cuales producen acumulaciones detríticas importantes en la base de las pendientes suaves, los primeros, y en las pendientes fuertes, los segundos (Thiele, 1980). La formación de este tipo de depósitos se ve favorecida por el movimiento de fallas activas que generan inestabilidad de bloques de roca.

2.3.2.3.4 Depósitos glaciales

Se distinguen morrenas de fondo, frontales y laterales y acumulaciones de detritos provenientes de los glaciares de montaña y de roca que se pueden encontrar en la mayoría de las cabeceras de los esteros. Destacan en el área los depósitos morrénicos frontales que se generaron por el transporte de bloques graníticos del plutón La Gloria, embalsando en la actualidad a la laguna Negra (figura 21).



Figura 21. Depósitos morrénicos de composición granítica (izquierda) cumplen función de represa para la laguna Negra. A la derecha se puede apreciar el cerro Echaurren y glaciar homónimo sur. Fotografía tomada hacia el noroeste.

3. Resultados

3.1 Método glaciológico

Los datos glaciológicos se recopilaron de la base de datos de la Unidad de Glaciología y Nieves, de la Dirección General de Aguas (DGA). Esta base de datos consta de las hojas de cálculo de Excel con el registro histórico 1982-2015 y los informes y reportes del balance de masa del glaciar Echaurren Norte generados por dicha Unidad. Además se adjuntaron los datos obtenidos por el personal de la Unidad de Glaciología y Nieves en la última campaña de terreno (2015-2016).

Las series de datos y detalles de cálculos previos a 1982 se encuentran registrados en el informe: Vidal F. 1984, "*Balance de masa en el glaciar Echaurren Norte entre 1975 y 1981*", 56 p. Tales datos se encuentran extraviados, no existiendo copia ni registro de dicho documento en las bases de datos de la Dirección General de Aguas. Debido a que no fue posible obtener los datos y metadatos de dichos años, el trabajo de reanálisis se realiza para el período 1982-2016.

3.1.1 Observaciones glaciológicas

Las series de datos tanto de acumulación como ablación se ordenaron en fichas estándar sugeridas (Rivera et al., 2016) con el fin de agilizar el proceso de ordenamiento y trabajo de datos (anexos A-B).

3.1.2 Homogeneización

Para el proceso de homogeneización de los datos glaciológicos recopilados se aplica el modelo grado-día (Hock, 2003) con el fin de estimar la ablación producida durante los días no abarcados en las campañas de terreno.

En el caso de que no exista registro de ablación producida en una para un período de medición, se estima el valor de la ablación para dicha estaca como el promedio de la ablación producida en tal periodo en las estacas que se encuentran en el mismo sector (norte o sur) del glaciar que la baliza faltante. Sólo se rellenan los datos cuando falta un periodo de medición (ver anexo A). De esta forma, se homogeneizan las series de datos tanto de acumulación como ablación al año hidrológico.

Previo a este trabajo, para el proceso de homogeneización de las series se utilizaron factores de extrapolación calculados por personal de la DGA (Factor Vidal, Factor Escobar, Factor Escobar-Cox), los cuales determinan la ablación diaria promedio para cada mes de la temporada de ablación.

El factor Vidal (1984) se obtuvo a partir de las mediciones diarias de ablación realizadas en el glaciar Echaurren Norte durante las temporadas 1975 a 1984 y se utilizó para extrapolar la ablación de los periodos 1982 a 2004. Para las temporadas 2004 a 2011

se utilizó el factor Escobar, que corresponde a los promedios de la ablación de los balances de verano de 1975 a 2004. Finalmente se utilizó los factores estimados por Escobar y Cox para las temporadas 2010 a 2015, los cuales se estimaron mediante las mediciones de ablación entre 2000 a 2010 (figura 22).

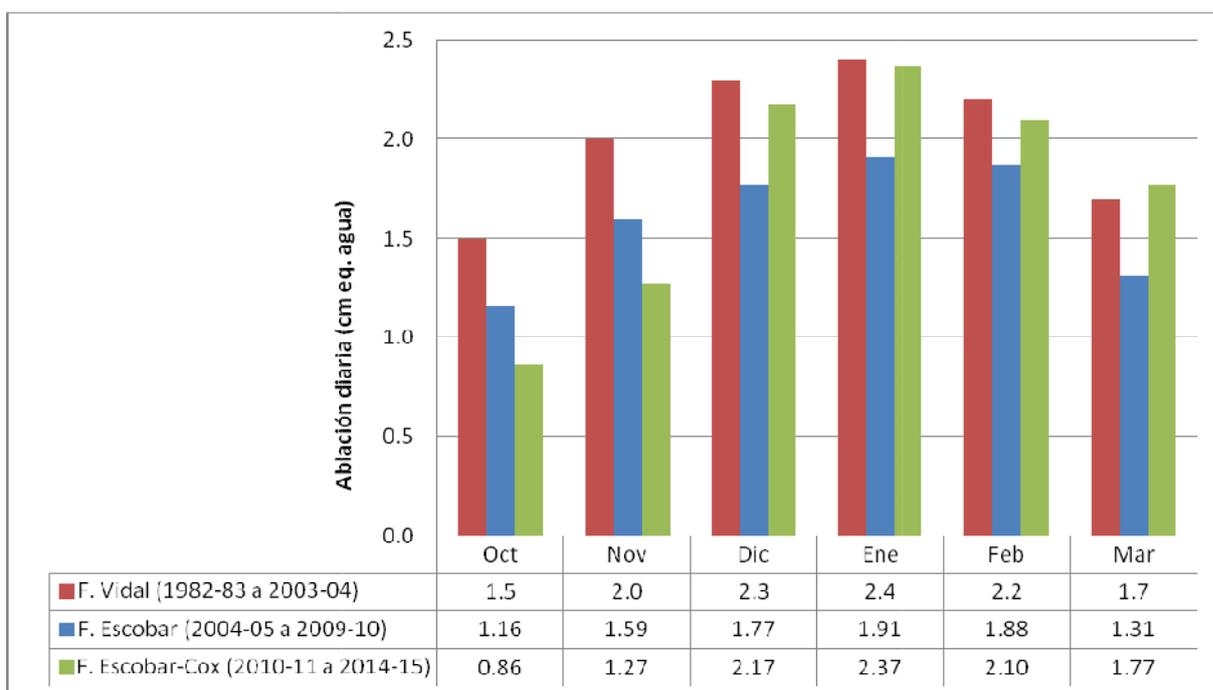


Figura 22. Factores de extrapolación utilizados en el balance de masa histórico del glaciar Echaurren Norte.

Estos factores se aplicaron de manera constante durante períodos entre 5 años (factor Escobar) y 20 años (factor Vidal) sin modificarse. Además de no encontrar la metodología detallada ni los cálculos mediante los cuales se estimaron dichos factores, esta metodología no considera si los días a extrapolar la temperatura se encuentra sobre la temperatura de fusión del agua o por debajo de esta. Debido a esto, se generan sobreestimaciones en la ablación producida durante los primeros y últimos días de la temporada, en especial en los días en los cuales la temperatura media no sobrepasa los 0°C .

El modelo grado-día requiere de la disponibilidad de valores de temperatura media diaria en el área de estudio para los días a calcular. Debido a esto, se utiliza la información disponible en línea de la estación meteorológica Embalse del Yeso (DGA), ubicada en la misma subcuenca del área de estudio a 11 km al SSE del glaciar Echaurren Norte. Esta estación cuenta con una serie de datos prácticamente continua desde 1977.

Como la diferencia de altura entre el glaciar Echaurren Norte (3750 m) y la estación meteorológica Embalse del Yeso (2475 m) es de 1275 m, es necesario extrapolar los datos de temperatura a la altura del glaciar. Para esto, se determina el gradiente vertical de temperatura de manera empírica. Ello se obtiene mediante la comparación de las

temperaturas medias mensuales registradas en la estación Embalse del Yeso con los datos discontinuos de la estación meteorológica automática Vaisala Echaurren Alto (AWS) instalada desde octubre de 2012 en el glaciar Echaurren Norte (3840 m) (figura 23).

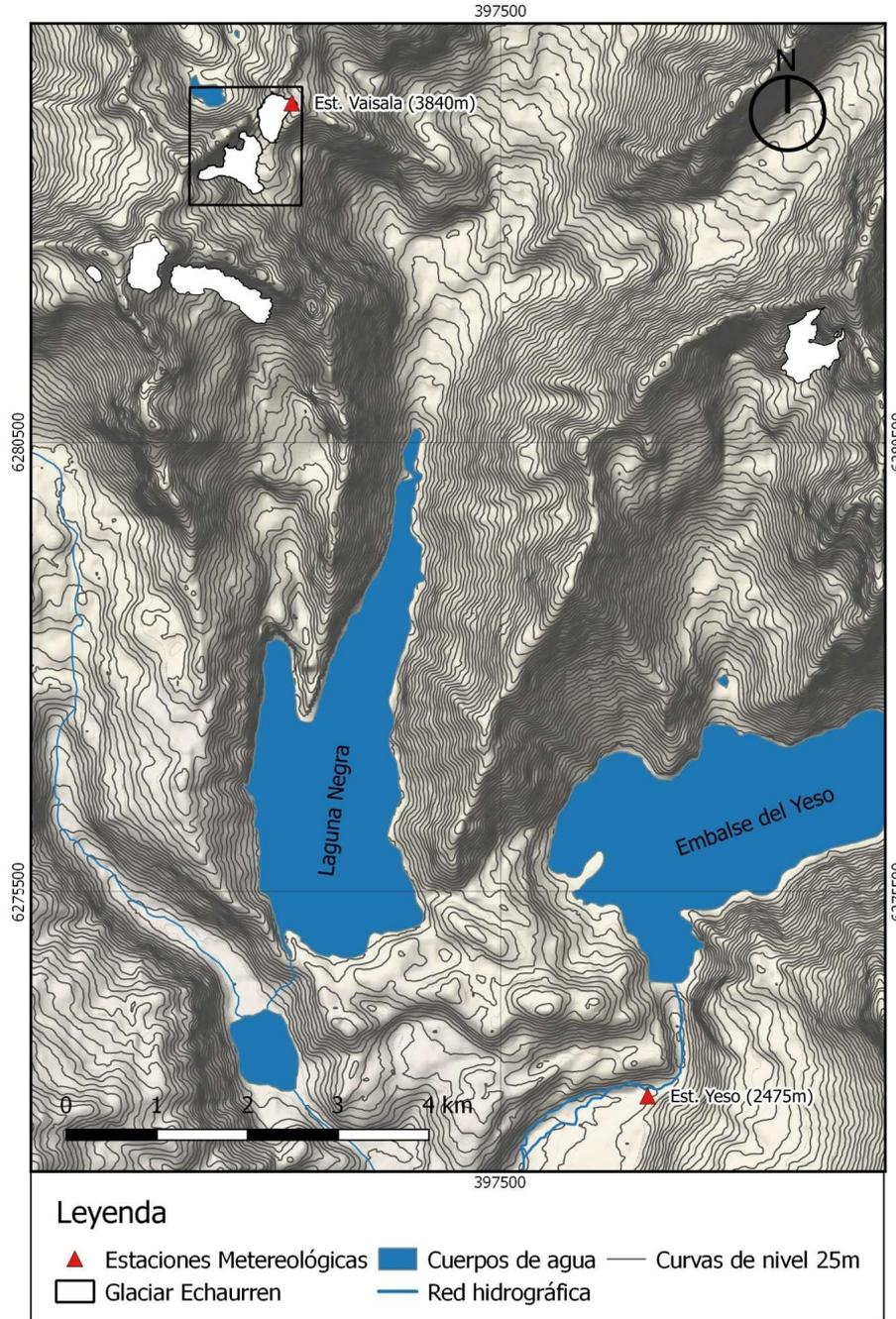


Figura 23. Mapa estaciones meteorológicas utilizadas en este estudio.

Se determina que el gradiente vertical de temperatura para la subcuenca del embalse del Yeso es de -0.711 ($^{\circ}\text{C}/100\text{m}$) (figura 24).

$$T_{Echaurren} = T_{Est.Yeso} + [-0,00711 * (3750 - 2475)] \quad [26]$$

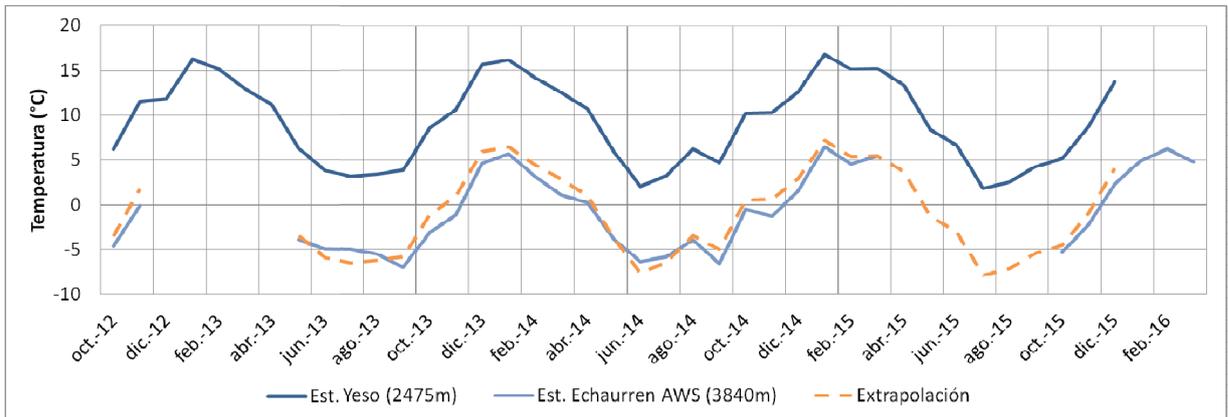


Figura 24. Series de temperatura promedio mensual y extrapolación.

Se establece una buena correlación ($R^2 = 0.96$) entre la serie extrapolada y los valores de temperatura medidos en el glaciar Echaurren Norte (figura 25). Por lo tanto, para aplicar el modelo de grado-día se utilizan los valores de temperatura media diaria registrados en la estación Embalse del Yeso extrapolados mediante el gradiente calculado (ec. 26).

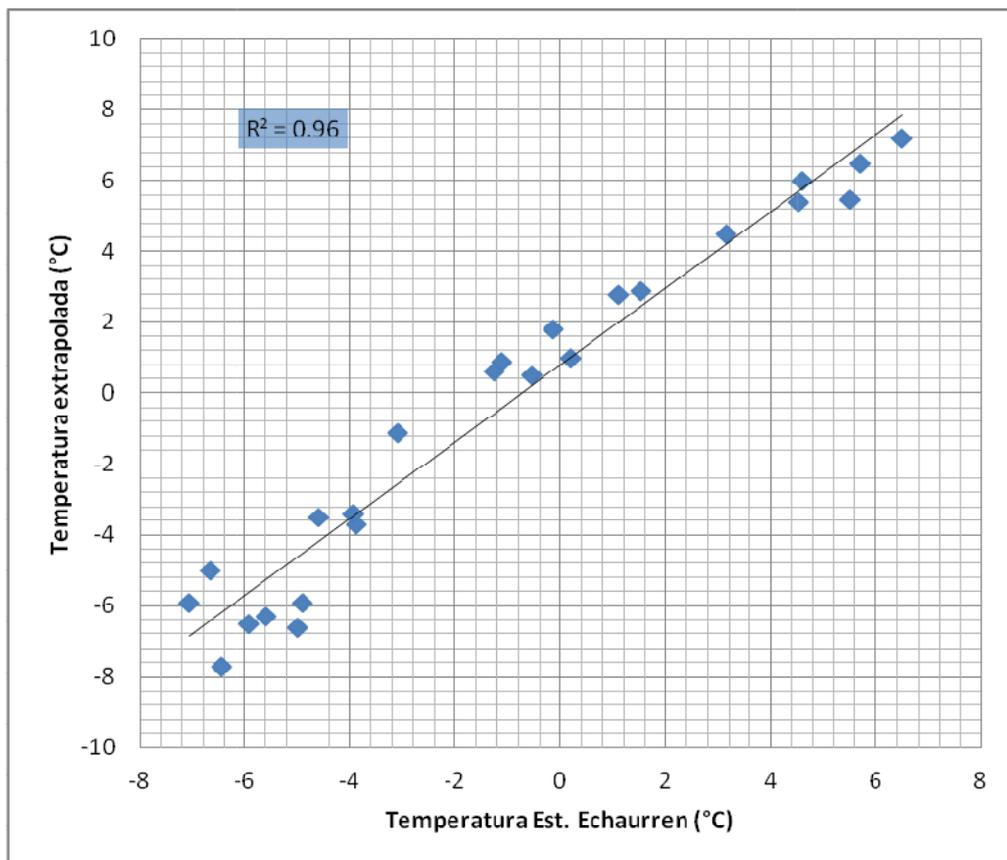


Figura 25. Correlación entre temperatura media mensual estación Echaurren Norte y extrapolación de temperatura media mensual estación Yeso mediante gradiente calculado.

La cantidad de días a extrapolar la acumulación viene dada por la diferencia entre la fecha en la que se realizó la medición en el pozo estratigráfico y el fin de la temporada de invierno (30 de septiembre) (tabla 1). Agregándole así a la medición de acumulación la ablación producida en dichos días.

ACUMULACIÓN					
		N° días a extrapolar a 30-sep			
Temp.	Pozo	Sep	Oct	Nov	Total
1982-83	13-11-1982	0	31	13	44
1983-84	29-10-1983	0	29	0	29
1984-85	13-10-1984	0	13	0	13
1985-86	22-10-1985	0	22	0	22
1986-87	27-10-1986	0	27	0	27
1987-88	13-11-1987	0	31	13	44
1988-89	22-10-1988	0	22	0	22
1989-90	13-10-1989	0	13	0	13
1990-91	10-11-1990	0	31	10	41
1991-92	02-11-1991	0	31	2	33
1992-93	20-10-1992	0	20	0	20
1993-94	03-11-1993	0	31	3	34
1994-95	07-10-1994	0	7	0	7
1995-96	05-10-1995	0	5	0	5
1996-97	29-09-1996	1	0	0	-1
1997-98	29-11-1997	0	31	29	60
1998-99	08-10-1998	0	8	0	8
1999-00	08-11-1999	0	31	8	39
2000-01	23-10-2000	0	23	0	23
2001-02	11-11-2001	0	31	11	42
2002-03	23-11-2002	0	31	23	54
2003-04	09-11-2003	0	31	9	40
2004-05	08-11-2004	0	31	8	39
2005-06	30-10-2005	0	30	0	30
2006-07	17-10-2006	0	17	0	17
2007-08	13-11-2007	0	31	13	44
2008-09	18-10-2008	0	18	0	18
2009-10	16-10-2009	0	16	0	16
2010-11	10-10-2010	0	10	0	10
2011-12	19-10-2011	0	19	0	19
2012-13	25-09-2012	5	0	0	-5
2013-14	25-09-2013	5	0	0	-5
2014-15	01-10-2014	0	1	0	1
2015-16	30-09-2015	0	0	0	0
		11	672	142	803

Tabla 1. Días de acumulación a extrapolar para cada temporada.

De la misma manera, la cantidad de días a extrapolar para las mediciones de ablación es la diferencia entre las fechas de inicio y cierre de las campañas de terreno y las fechas de inicio (1 de octubre) y fin (31 de marzo) de la temporada de verano (tabla 2).

Temp.	ABLACIÓN											
	Fecha		Nº días a extrapolar a 1-oct/31-mar									Total
	Inicio	Cierre	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr		
1982-83	16-nov	21-mar	0	31	15	0	0	0	10	0	56	
1983-84	27-oct	09-mar	0	26	0	0	0	0	22	0	48	
1984-85	10-oct	27-mar	0	9	0	0	0	0	4	0	13	
1985-86	23-oct	10-abr	0	22	0	0	0	0	0	10	32	
1986-87	25-oct	29-abr	0	24	0	0	0	0	0	29	53	
1987-88	05-nov	14-ene	0	31	4	0	16	28	31	0	110	
1988-89	25-oct	20-abr	0	24	0	0	0	0	0	20	44	
1989-90	11-oct	20-nov	0	10	10	31	30	28	31	0	140	
1990-91	Datos faltantes/erróneos										179	
1991-92	02-nov	24-mar	0	31	1	0	0	0	7	0	39	
1992-93	11-dic	20-mar	0	31	30	10	0	0	11	0	82	
1993-94	08-nov	14-abr	0	31	7	0	0	0	0	14	52	
1994-95	14-oct	04-abr	0	13	0	0	0	0	0	4	17	
1995-96	15-oct	16-mar	0	14	0	0	0	0	14	0	28	
1996-97	Sin datos en el periodo										179	
1997-98	26-nov	27-mar	0	31	0	0	0	0	4	0	35	
1998-99	11-oct	16-ene	0	10	0	0	15	28	31	0	84	
1999-00	Datos faltantes/erróneos										180	
2000-01	19-oct	12-abr	0	18	0	0	0	0	0	12	30	
2001-02	08-nov	16-mar	0	31	7	0	0	0	15	0	53	
2002-03	30-nov	04-abr	0	31	29	0	0	0	0	4	64	
2003-04	Datos faltantes/erróneos										180	
2004-05	07-nov	18-mar	0	31	6	0	0	0	13	0	50	
2005-06	25-oct	02-mar	0	24	0	0	0	0	29	0	53	
2006-07	15-oct	31-mar	0	14	0	0	0	0	0	0	14	
2007-08	10-nov	16-mar	0	31	9	0	0	0	15	0	55	
2008-09	20-oct	03-abr	0	19	0	0	0	0	0	3	22	
2009-10	16-oct	16-abr	0	12	0	0	0	0	0	16	28	
2010-11	08-oct	28-abr	0	7	0	0	0	0	0	28	35	
2011-12	18-oct	22-abr	0	17	0	0	0	0	0	22	39	
2012-13	25-sept	07-abr	6	0	0	0	0	0	0	7	13	
2013-14	25-sept	16-ene	6	0	0	0	14	28	31	0	79	
2014-15	01-oct	31-mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2015-16	01-oct	22-mar	0	0	0	0	0	0	9	0	9	
			12	573	118	41	75	112	277	169	2095	

Tabla 2. Días de ablación a extrapolar para cada temporada.

En el proceso de recopilación de los datos de ablación no se pudo obtener resultados para las temporadas 1990-91, 1996-97, 1999-00 y 2003-04 (tabla 2) debido a que no se encontraron los datos (1996-97) o éstos no se podían interpretar debido a falta de fechas y/o mediciones de alguna campaña de terreno. Con el fin de obtener una serie

completa de ablación desde 1982-2015 se rellena el valor de ablación de dichas temporadas mediante el modelo grado-día, para lo cual se estima el factor DDF como el promedio entre los valores obtenidos del año anterior y posterior a la temporada a completar.

Los resultados obtenidos tanto de la acumulación y ablación para el periodo 1982-2016 se resumen en las figuras 26 y 27:

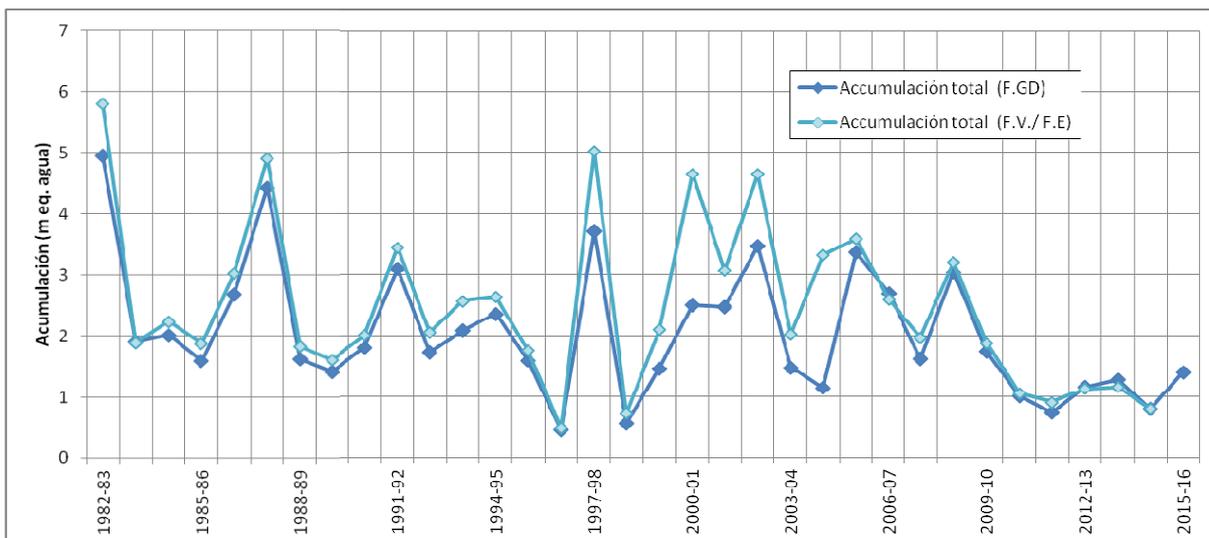


Figura 26. Acumulación homogeneizada mediante factores antiguos y factor grado-día.

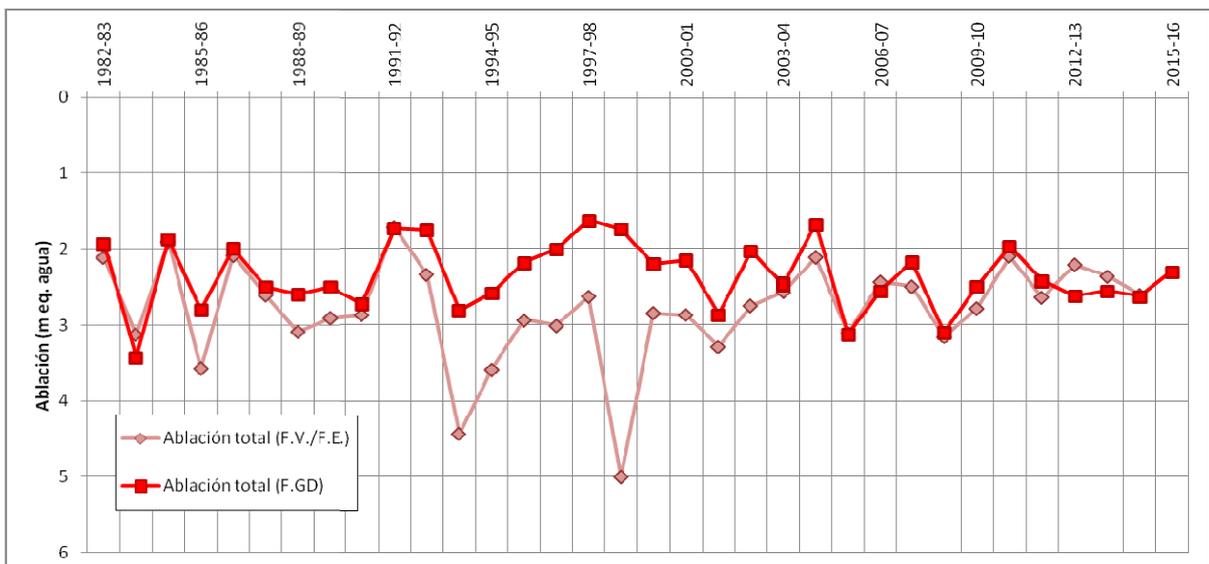


Figura 27. Ablación homogeneizada mediante factores antiguos y factor grado-día.

Las series de acumulación y ablación homogeneizadas (figuras 26 y 27) se acumulan y suman durante los años de medición con el fin de determinar el balance de masa (figura 28).

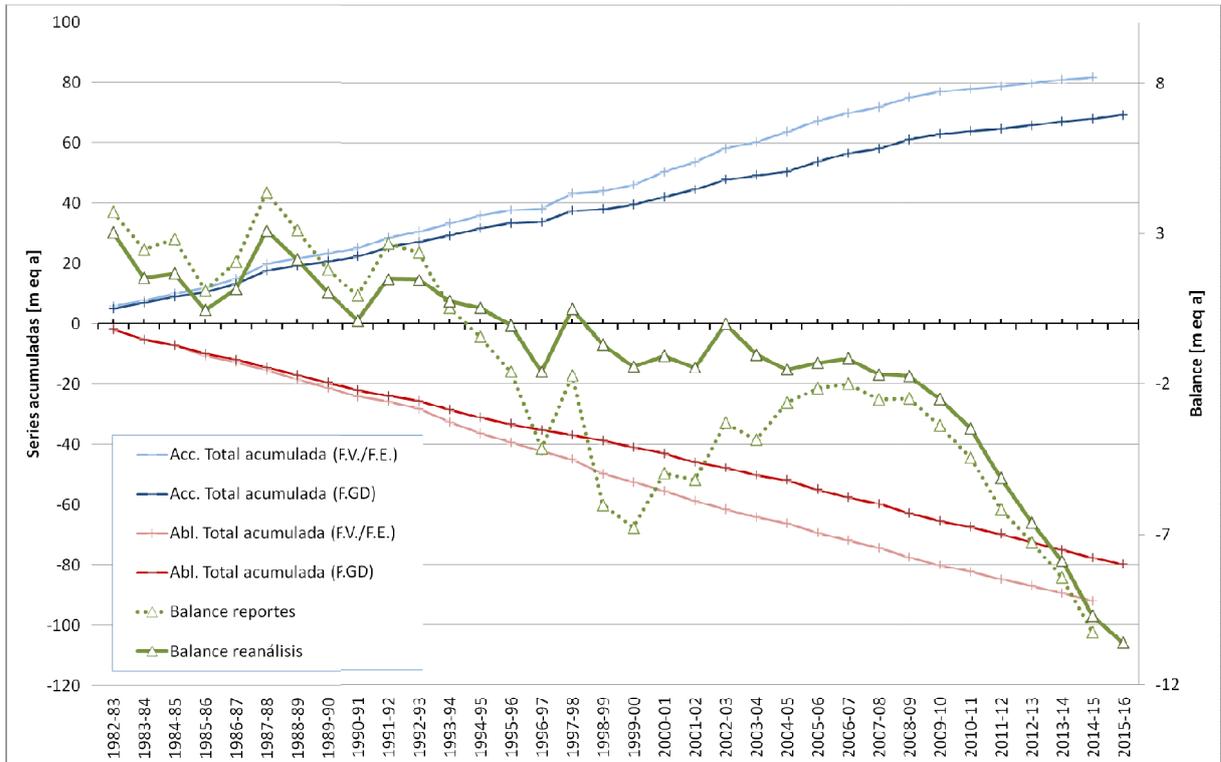


Figura 28. Series acumuladas y balance (reportes y reanálisis).

Los resultados de las mediciones en terreno, cantidad de días extrapolados y resultados mediante factores antiguos y modelo grado-día se sintetizan en la figura 29:

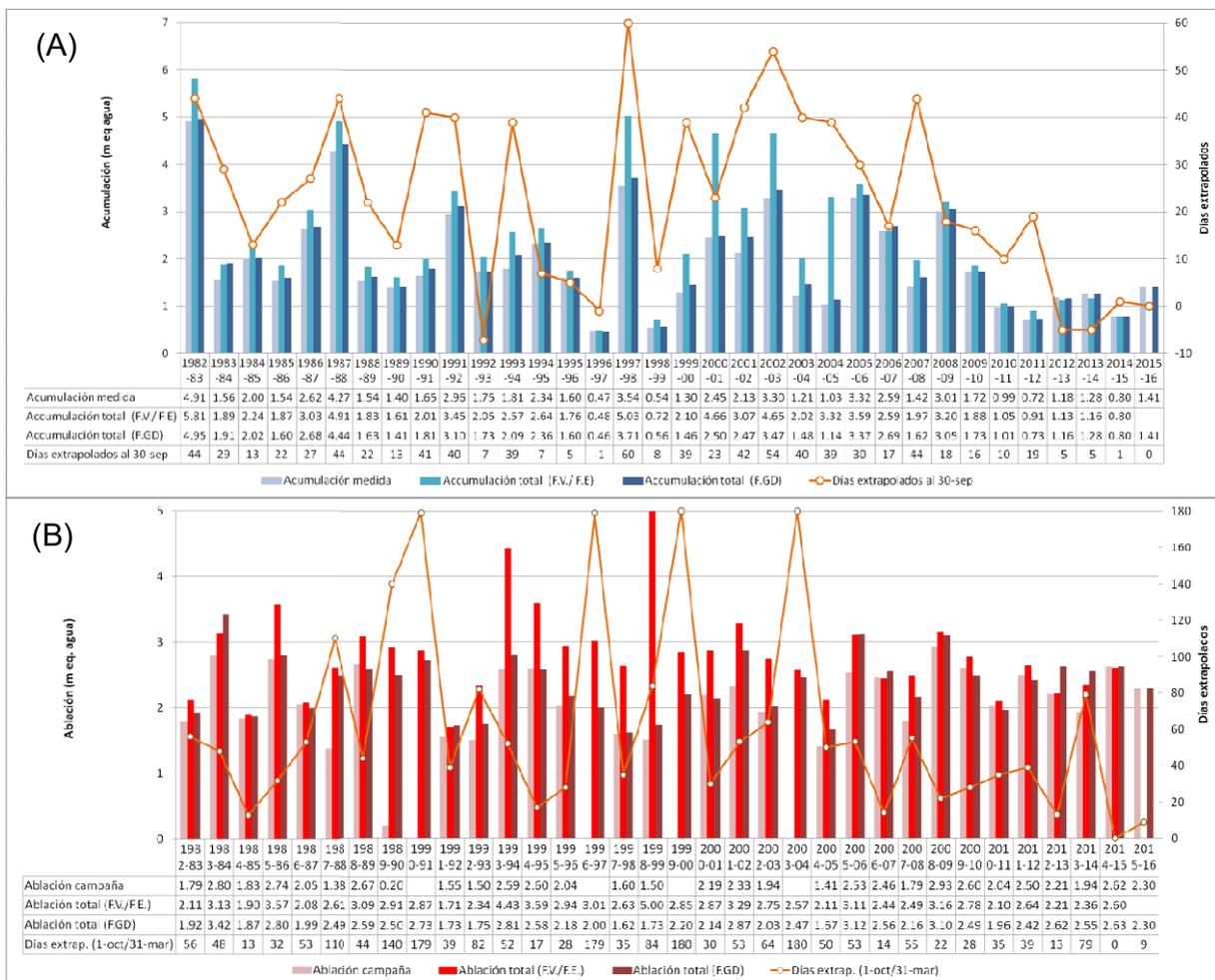


Figura 29. Datos y extrapolación de acumulación (A) y ablación (B) mediante distintos métodos y días a extrapolar.

3.1.3 Determinación de la incertidumbre

En el proceso de estimación de los errores aleatorios relacionados con el balance de masa del método glaciológico se determinan tres fuentes principales de error. Éstas están asociadas a: las mediciones de acumulación, las mediciones de ablación y la extrapolación a año hidrológico mediante modelo grado-día.

El primer error aleatorio corresponde al relacionado con las mediciones de acumulación en el pozo estratigráfico. Debido a que las mediciones de densidad y profundidad del pozo se realizan y registran cada 20 cm, se asume un error en cada medición de profundidad de $\pm 0.1 m$ y un error aleatorio asociado a la medición multiplicado por la densidad calculada $\sigma_{acc.i} = 0.1 * \rho_i$ (m eq a).

La metodología que se utiliza para determinar la ablación media del glaciar consiste en la ponderación simple de los valores de ablación obtenidos para cada baliza a lo largo de toda la temporada de ablación. Se determina el error aleatorio asociado a dicho cálculo como la desviación estándar de las mediciones.

La última fuente de error en el método glaciológico es la incertidumbre asociada a la representatividad de la extrapolación de las mediciones al año hidrológico mediante el modelo de grado-día. Se asume de manera conservadora que el método es capaz de reproducir la ablación con un 60% de certeza, por lo que se estima el error asociado al modelo como el 40% de la ablación extrapolada para cada temporada ($\sigma_{glac.extrapolación.t} = 0.4 * abl.FGD.t$)

$$\overline{\sigma_{glac.total.a}} = \frac{\sqrt{\sum_{t=1}^N (\sigma_{glac.abl.t}^2 + \sigma_{glac.acc.t}^2 + \sigma_{glac.extrapolación.t}^2)}}{\sqrt{N}}$$

Los errores finales reportados (tabla 3) corresponden a los cálculos descritos en el capítulo 1.5.4.3, los cuales luego de ser acumulados para los años 2009-2015 se estiman como tasa promedio anual.

B.glac.a	-1325	[mm eq a a-1]
ε.glac.abl.a	0	[mm eq a a-1]
σ.glac.abl.a	365	[mm eq a a-1]
ε.glac.acc.a	0	[mm eq a a-1]
σ.glac.acc.a	75	[mm eq a a-1]
ε.glac.fgd.a	0	[mm eq a a-1]
σ.glac.fgd.a	51	[mm eq a a-1]

Tabla 3. Errores sistemáticos y aleatorios del método glaciológico (2009-2015).

3.2 Método geodésico

Para el cálculo del balance de masa geodésico se utilizaron sólo los modelos de elevación digital (DEMs) obtenidos mediante altimetría aérea láser (LiDAR). Ello se debe a que, a pesar de existir datos disponibles de imágenes ASTER y LANDSAT para la zona y período de estudio, el error asociado al cálculo del balance geodésico es inversamente proporcional a la resolución de los DEM. Como el área del glaciar Echaurren Norte es menor a $0,5 \text{ km}^2$ y la resolución espacial de los DEMs de las imágenes ASTER y LANDSAT son 15 m y 30 m respectivamente, el error asociado a dichos cálculos no permiten determinar una variación de masa representativa y precisa del período entre dichas fuentes (figura 30) (DGA, 2012).

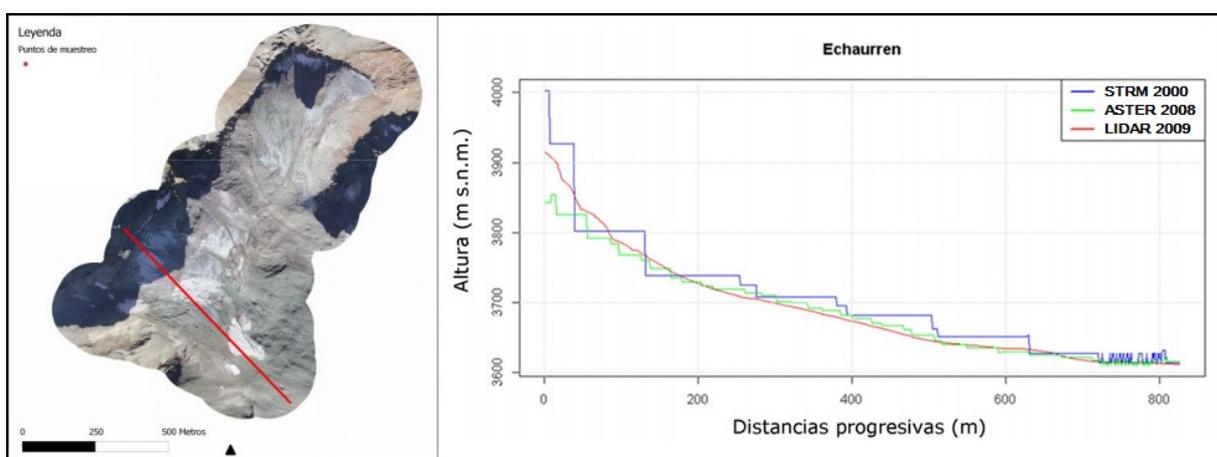


Figura 30. Comparación de perfiles altitudinales generados mediante DEMs (SRTM 2000, ASTER 2008, LiDAR 2009) (Modificado de DGA, 2012).

3.2.1 Observaciones geodésicas

La Dirección General de Aguas realizó el levantamiento topográfico para el glaciar Echaurren Norte mediante la licitación de levantamientos topográficos láser aerotransportados para los años 2009 y 2015 (figura 31).

El primer levantamiento topográfico LiDAR fue efectuado entre los días 28 y 30 de abril del año 2009 por Terra Remote Sensin Ltda., a través de un sistema de sensores adosados a un avión Twin Otter del Servicio Aerofotogramétrico de la Fuerza Aérea (SAF). Se generaron como resultado imágenes ortorectificadas en formato ECW y TIF con resolución de 20 cm , y un modelo de elevación digital (DEM) con resolución espacial de 1 m (DGA, 2009b)(figura 31 A-B).

El segundo levantamiento topográfico LiDAR del glaciar Echaurren Norte fue efectuado el 23 de febrero del año 2015 en el contexto del estudio "Modelo Digital de Elevación de Centros Montañosos y Glaciares de las zonas Glaciológicas Norte y Centro, Mediante Lidar Aerotransportado" realizado por Digimapas Chile Ltda.. Se obtuvo como resultado imágenes ortorectificadas en formato ECW y GeoTIFF con resolución de 15 cm, y un modelo de elevación digital (DEM) con resolución espacial de 1 m. (DGA, 2015) (figura 31 C-D).

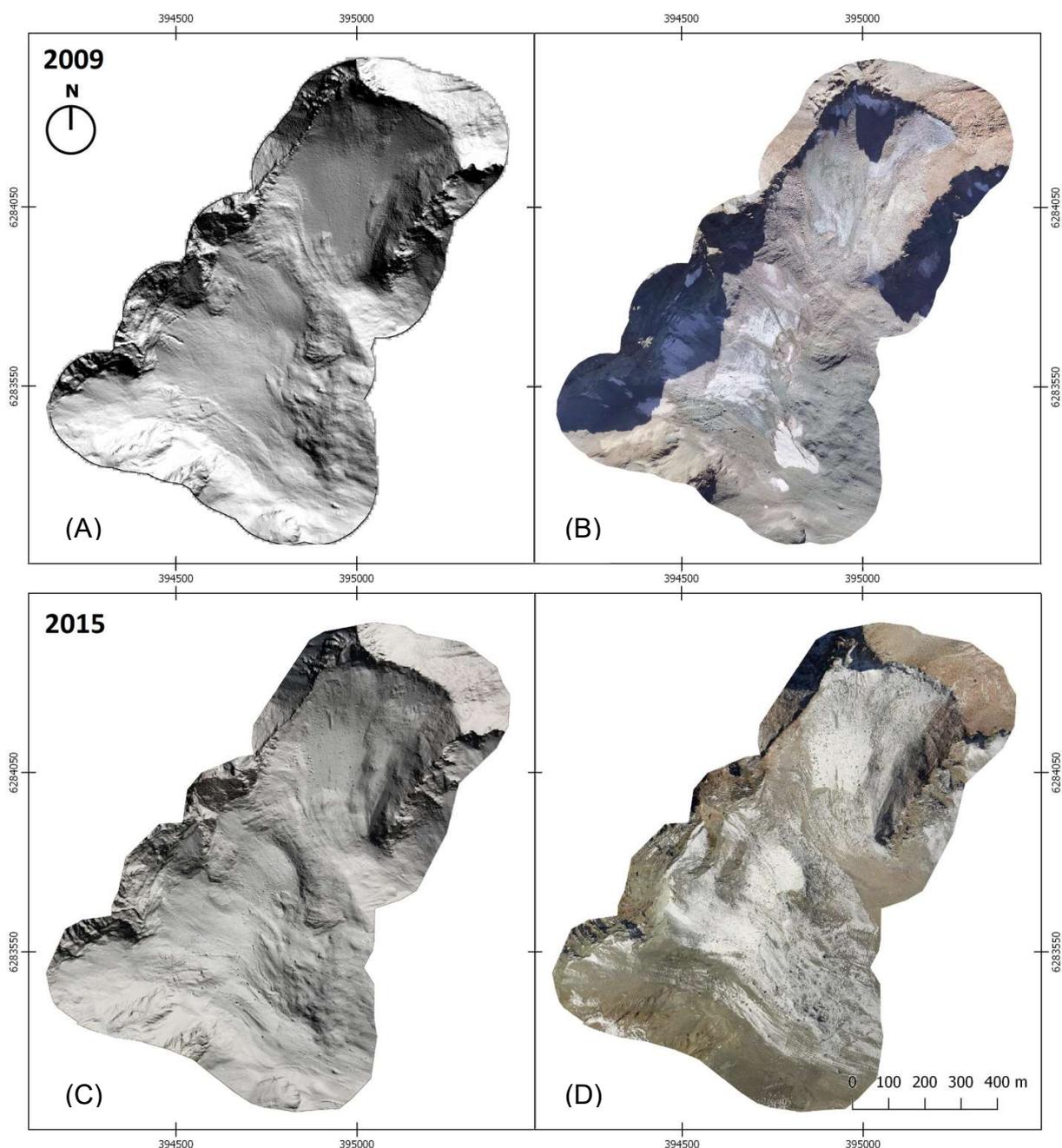


Figura 31. Imágenes resultantes de los levantamientos topográficos utilizadas en este estudio. (A) Hillshade DEM 2009; (B) Ortofoto 2009; (C) Hillshade DEM 2015; (D) Ortofoto 2015.

3.2.2 Homogeneización

Para el cálculo de volumen entre los dos DEMs, en primer lugar, se asume que se encuentren apropiadamente corregistrados, debido a que los informes de los levantamientos topográficos informan errores de 20 – 30 cm en la horizontal. Para alinear los DEMs en la vertical es necesario que exista suficiente terreno estable rodeando al glaciar para anclarlos a dicha superficie y corregir posibles desvíos entre las superficies de los DEMs. Esto con el fin de que la variación entre ellos sea netamente el cambio de volumen glaciar.

Como se mencionó en la metodología del estudio (cap. 1.5.2), el cambio de volumen derivado de la diferencia entre DEMs puede ser expresado como:

$$\Delta V = r^2 \sum_{k=1}^K \Delta h_k \text{ (m}^3\text{)}$$

Donde K es el número de píxeles que cubren el área glaciar, $\Delta h_k(m)$ es la diferencia de elevación entre dos áreas en el píxel k y $r(m)$ es el tamaño del píxel.

En este caso se obtuvo los valores estadísticos del ráster de:

$$\begin{aligned} K &= 320974 \\ \sum \Delta h_k &= -2441547 \text{ (m)} \\ r &= 1.2 \text{ (m)} \end{aligned}$$

Resultando así una diferencia de volumen de $\Delta V = -35159828 \text{ (m}^3\text{)} = -0.035 \text{ (km}^3\text{)}$ para el período entre el 2009 y 2015 (figura 32).

Para convertir esta diferencia de volumen ΔV en una diferencia de masa ΔM , es necesario utilizar un factor de conversión adecuado:

$$\Delta M = f_{\Delta V} \cdot \Delta V$$

Se ha estimado que para cálculos de balance de masa glaciar geodésicos en que: (1) el período de observación sea mayor a 3 años, (2) existan cambios claros de volumen, (3) no existan cambios fuertes en el gradiente del balance de masa, un factor de conversión $f_{\Delta V} \pm \sigma_{dc} = 850 \pm 60 \text{ (kg m}^{-3}\text{)}$ es recomendado (Huss, 2013). Debido a que la presente estimación cumple con los puntos mencionados se utiliza dicho valor para la conversión a balance de masa:

$$\Delta M = -2988453754 \pm 210949677 \text{ (kg)}$$

$$B_{geod} = \frac{\Delta M \text{ (kg)}}{1000 \text{ (kgm}^{-3}\text{)} \cdot S}$$

$$B_{geod} = -9.23 \pm 0.65 \text{ (m eq. agua)}$$

Finalmente es necesario realizar la corrección asociada al error sistemático causado por la ablación producida en la diferencia de medición (dm) entre la fecha de los levantamientos topográficos y el final de la temporada de ablación (ϵ_{dm}).

Para esto se calcula la ablación producida en este periodo mediante el modelo grado-día. Se determina la cantidad de días y la suma de temperaturas sobre 0°C (*PDD: Positive Degree Day*) de dichos periodos y se calcula la ablación producida utilizando los factores grado-día (*DDF: Degree Day Factor*) (anexo C) con la ablación y densidad medida en las campañas de terreno (tabla 4).

	Días al 31-mar	PDD [°C]	DDF [m eq. a. °C]	Densidad [%]	ϵ_{dm} [m eq. a.]
LiDAR 2009	30	162.9	0.043	45.6	0.386
LiDAR 2015	-36	217.1	0.049	36.3	-0.319

Tabla 4. Error sistemático por diferencia de fechas de mediciones geodésicas.

Debido a que el primer levantamiento (2009) se realizó después del término de la temporada de ablación (29-abril) y el segundo levantamiento (2015) se realizó antes del término de la temporada de ablación (23-febrero) se agrega y resta el error sistemático asociado, respectivamente. El cálculo de diferencia de volumen glaciario es la diferencia entre DEMs con su error sistemático asociado a la diferencia en las fechas de medición. Se corrige la diferencia de volumen como la suma de ambos errores sistemáticos:

$$\Delta V + \epsilon_{dm} = (DEM_{2009} + \epsilon_{dm.2009}) - (DEM_{2015} + \epsilon_{dm.2015})$$

$$\Delta V + \epsilon_{dm} = (DEM_{2009} - DEM_{2015}) + (\epsilon_{dm.2009} - \epsilon_{dm.2015})$$

$$\epsilon_{dm} = \epsilon_{dm.2009} - \epsilon_{dm.2015} = 0.386 - (-0.319)$$

$$\epsilon_{dm} = 0.705 \text{ (m eq. a.)}$$

$$\epsilon_{dm.a} = \frac{\epsilon_{dm}}{6} = 0.118 \text{ [m eq. a.]}$$

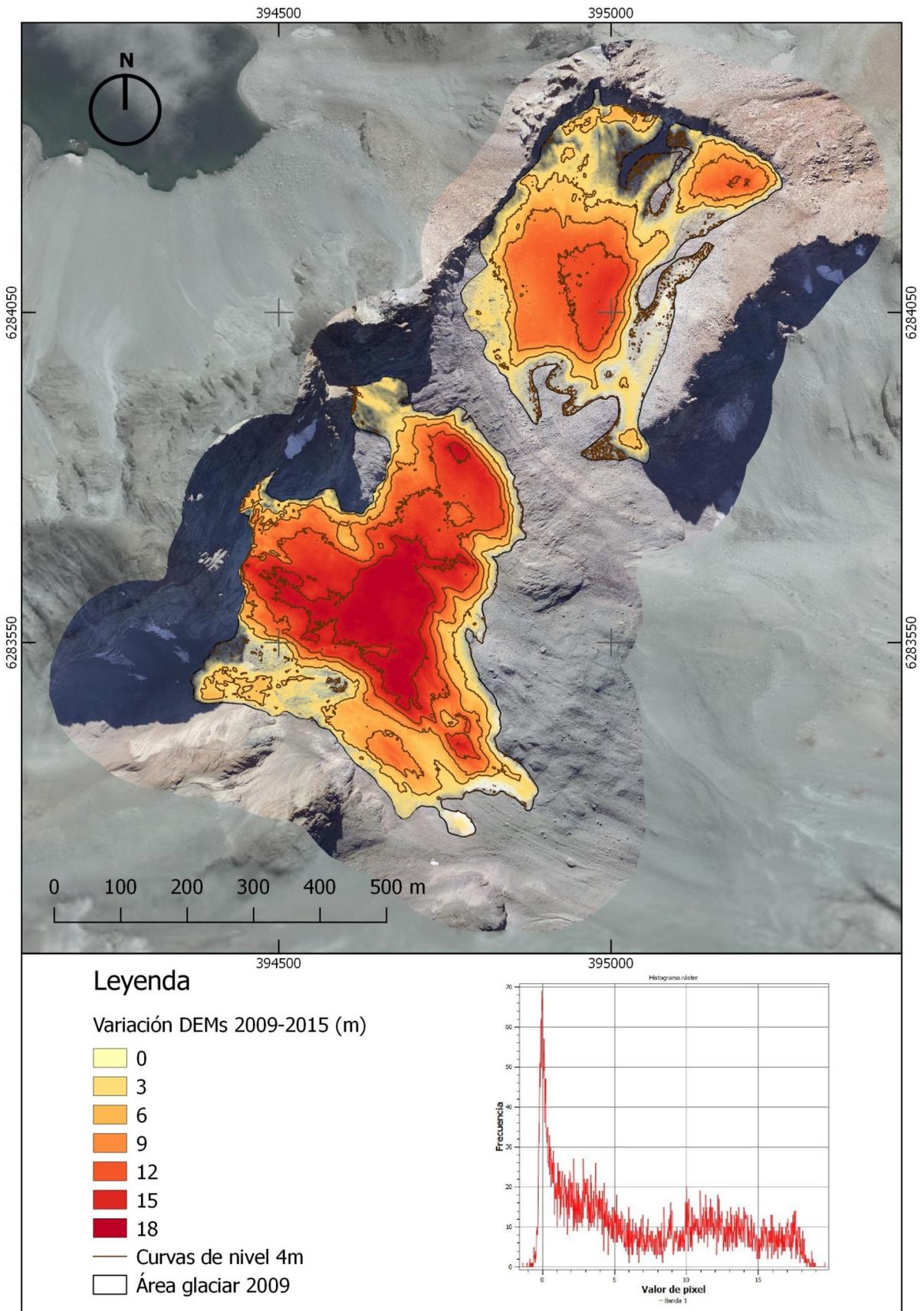


Figura 32. Variación de volumen glaciar en el periodo 2009-2015.

3.2.3 Determinación de la incertidumbre

Según las metodologías descritas en los informes de los levantamientos topográficos aerotransportados y debido a la alta resolución de los DEMs, se estima que el error asociado es menor en comparación con las otras fuentes de error, por lo que se enfoca el trabajo en determinar los errores de primer orden.

Para la estimación del error aleatorio anual promedio ($\sigma_{geod.total.a}$) (ec. 8) es necesario considerar sólo el error de la autocorrelación espacial de las diferencias de elevación ($\sigma_{autocor}$). Ello debido a que, al no realizar el proceso de corrección, se considera el error aleatorio asociado como nulo ($\sigma_{coreg} = 0$). Para esto se asume que el área fuera del glaciar permanece estable en el intervalo entre las dos mediciones, con el fin de determinar la diferencia entre las mediciones en el terreno estable.

El área de control de terreno se determina, según experiencia del personal de la Unidad de Glaciología y Nieves, considerando como estable el terreno no glaciar que presente pendientes menores a 35° y se encuentre alejado de las laderas escarpadas y de orientación S. Así se evitan diferencias de alturas entre mediciones vinculadas a remociones, caída de material desde las laderas inestables o variaciones asociadas a cambios en masas de hielo aisladas (figura 33).

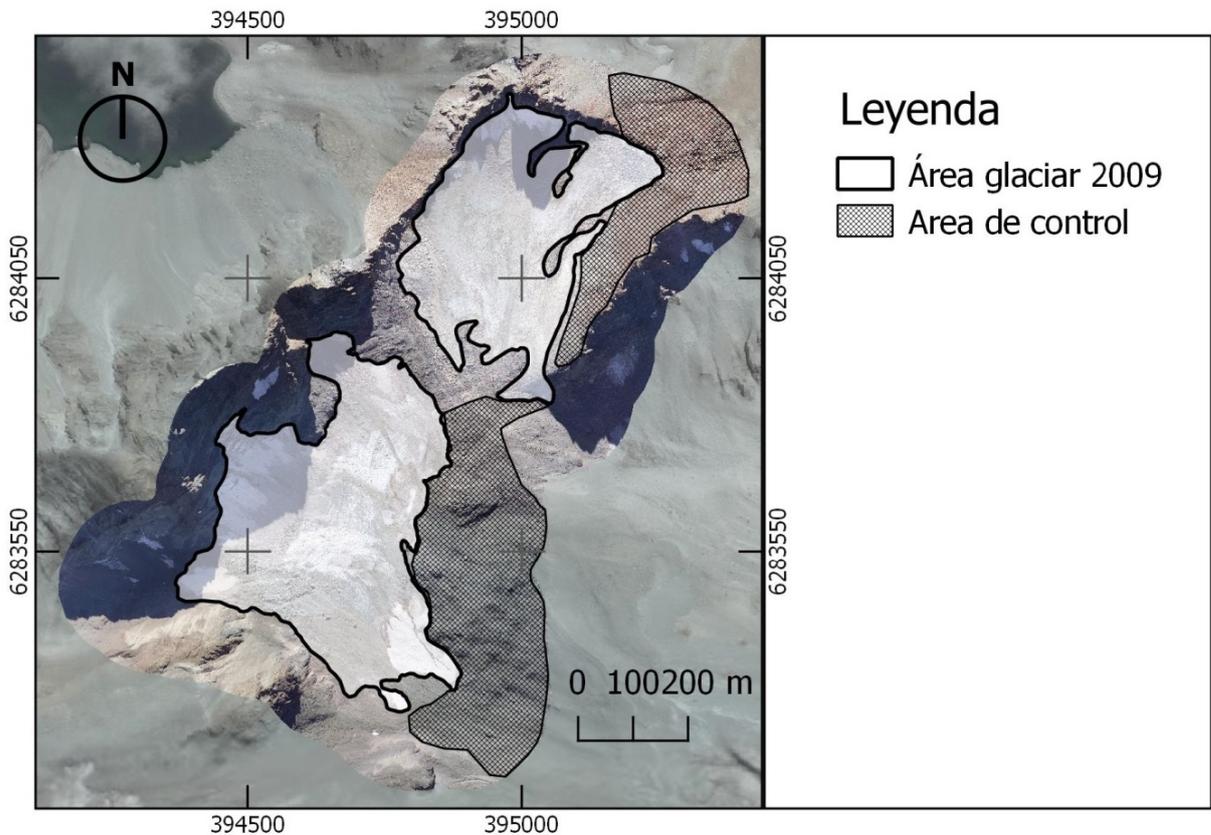


Figura 33. Área de control de elevación entre DEMs.

Se determina que los DEMs se encuentran bien alineados en la vertical debido a que el valor promedio del área de control es de $\varepsilon_{autocorr} = -0.03 \text{ m}$ y el error aleatorio de la autocorrelación es $\sigma_{autocorr} = 0.24 \text{ m} = 0.20 \text{ m eq a}$ (figura 34).

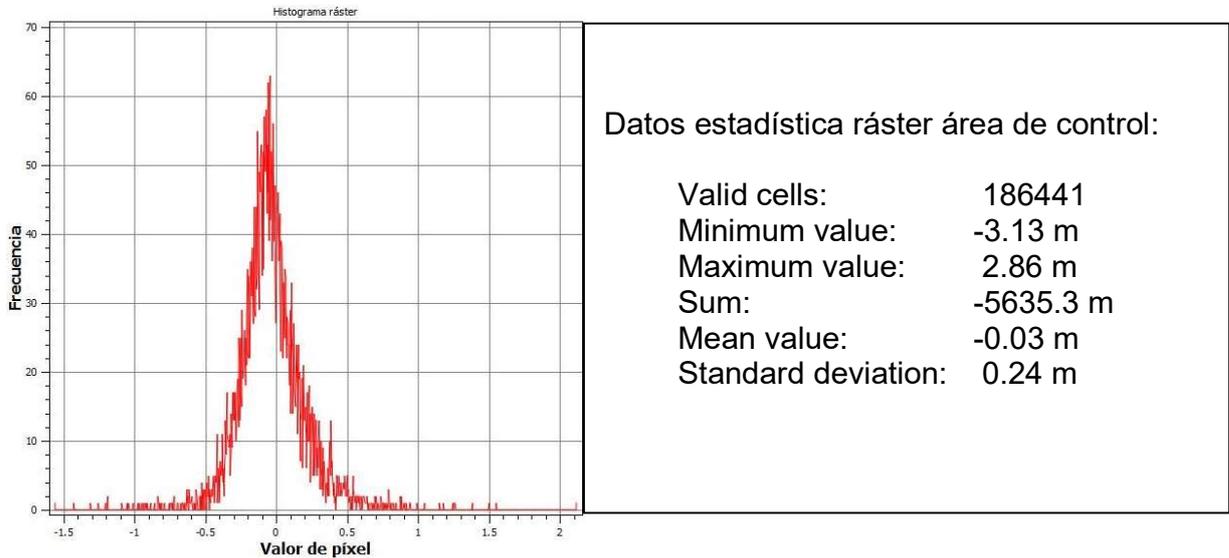


Figura 34. Histograma ráster área de control no glaciar.

Se estima el error aleatorio anual promedio del método geodésico como:

$$\overline{\sigma_{geod.total.a}} = \frac{\sigma_{autocorr}}{N} = \frac{0.20}{6} = 0.03 \text{ (m eq a)}$$

Los errores finales reportados (tabla 5) corresponden a los cálculos descritos en el capítulo 1.5.4.3, los cuales se estiman para el periodo de medición (2009-2015) y se dividen por la cantidad de años de observación.

Periodo de medición (PdM)	2009-2015
Años de observación (N)	6 años
B.geod.a	-1538 [mm eq a a-1]
$\varepsilon_{geod.total.a}$	5 [mm eq a a-1]
$\sigma_{geod.total.a}$	30 [mm eq a a-1]
$\sigma_{dc.a}$	109 [mm eq a a-1]
$\varepsilon_{dm.a}$	-118 [mm eq a a-1]
$\sigma_{dm.a}$	0 * [mm eq a a-1]
B.int.a	0 * [mm eq a a-1]
$\sigma_{B.int.a}$	0 * [mm eq a a-1]
B.bas.a	0 * [mm eq a a-1]
$\sigma_{B.bas.a}$	0 * [mm eq a a-1]

* No estimados en este estudio.

Tabla 5. Resumen errores sistemáticos y aleatorios del método geodésico.

Los resultados de la cuantificación de los errores aleatorios y corrección de los errores sistemáticos de cada método se resumen en la figura 35:

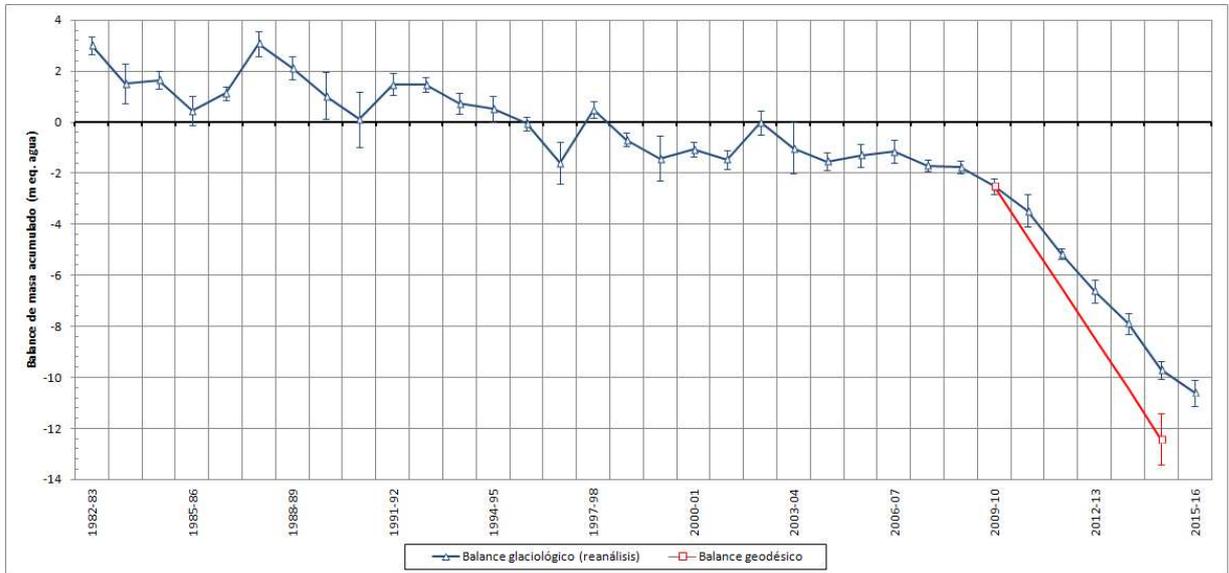


Figura 35. Resultado series de balances de masa glaciológico y geodésico para el periodo 1982-2015.

3.3 Validación

Al comparar los balances glaciológico y geodésico para los años 2009-2015 (figura 36) se observa que existe una discrepancia ($\Delta.PdM$) no menor en las series (tabla 6), la cual puede ser explicada por dos razones. (1) La dispersión natural: si los errores aleatorios de los dos métodos son lo suficientemente grandes o; (2) Las series se encuentran descalibradas: existen errores sistemáticos no considerados o no han sido añadidos a la calibración.

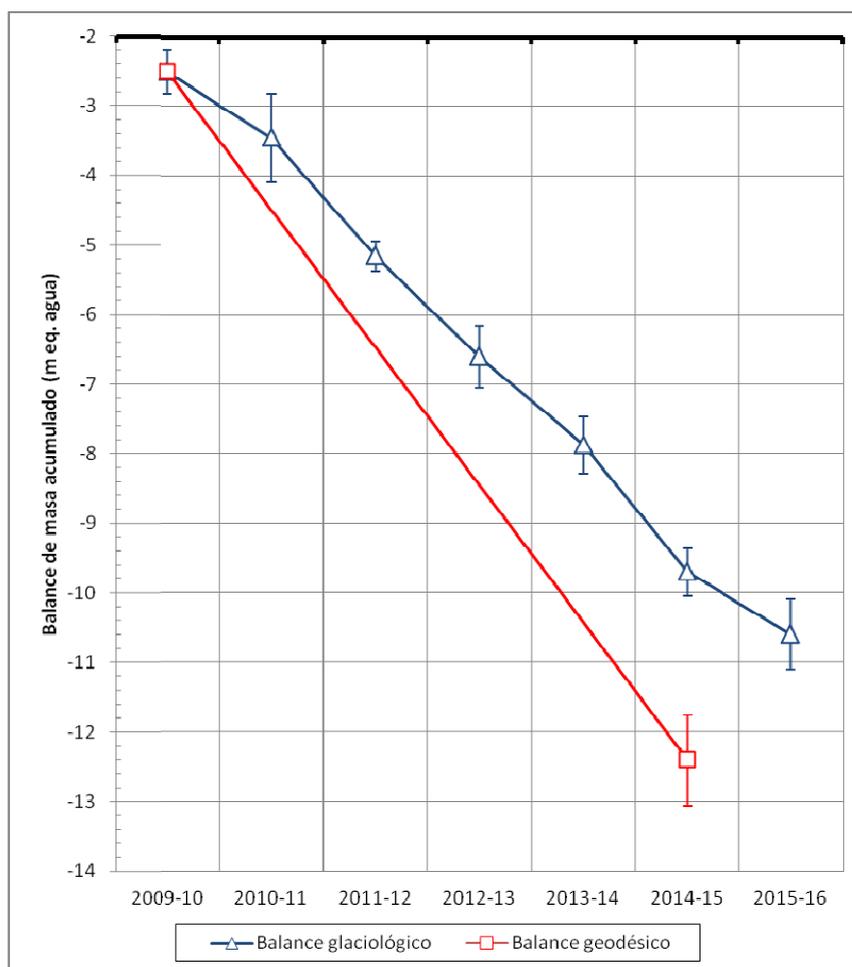


Figura 36. Comparación de los balances de masa glaciológico y geodésico para el periodo 2009-2015.

Seguendo el testeo estadístico, se puede observar que la discrepancia reducida entre las series es $\delta = 1.71$, por lo que la decisión de aceptar o no la hipótesis (H_0 : "El balance de masa glaciológico acumulado es estadísticamente igual al geodésico".) depende del intervalo de confianza que se decida utilizar (tabla 6).

B.glac.corr	-1325 [mm eq a a-1]
σ .glac.corr	376 [mm eq a a-1]
B.geod.corr	-1651 [mm eq a a-1]
σ .geod.corr	113 [mm eq a a-1]
Δ .a	326 [mm eq a]
Δ .PdM	1956 [mm eq a]
σ .común.PdM	1144 [mm eq a]
δ	1.71 [adimensional]
H_0 aceptada para $\alpha=5\%$?	si [si/no]
β para $\alpha=5\%$	60 [%]
ϵ .limite.a para $\alpha=5\%$	688 [mm eq a a-1]
H_0 aceptada para $\alpha=10\%$?	no [si/no]
β para $\alpha=10\%$	47 [%]
ϵ .limite.a para $\alpha=10\%$	558 [mm eq a a-1]

Tabla 6. Resultados estadísticos de la comparación de métodos glaciológico y geodésico (2009-2015).

En general, en el cálculo de errores aleatorios se ha sido conservador en ambas metodologías (errores asociados a extrapolación mediante factor grado-día, mediciones de acumulación, factor de conversión del método geodésico). En ambos casos, de $\alpha = 5\%$ y $\alpha = 10\%$, existe una alta probabilidad β de mantener la serie de datos cuando ésta es actualmente errónea (60% y 47% respectivamente). Esto ya que los cálculos estadísticos determinan que la discrepancia reducida se encuentra en el límite de los intervalos de confianza establecidos (figura 37).

Debido a lo anterior, se toma la decisión de rechazar la hipótesis H_0 , ya que se estima que existen errores sistemáticos que no se han agregado a las series del balance de masa glaciológico. Las posibles fuentes de errores sistemáticos no consideradas se discuten en el capítulo siguiente.

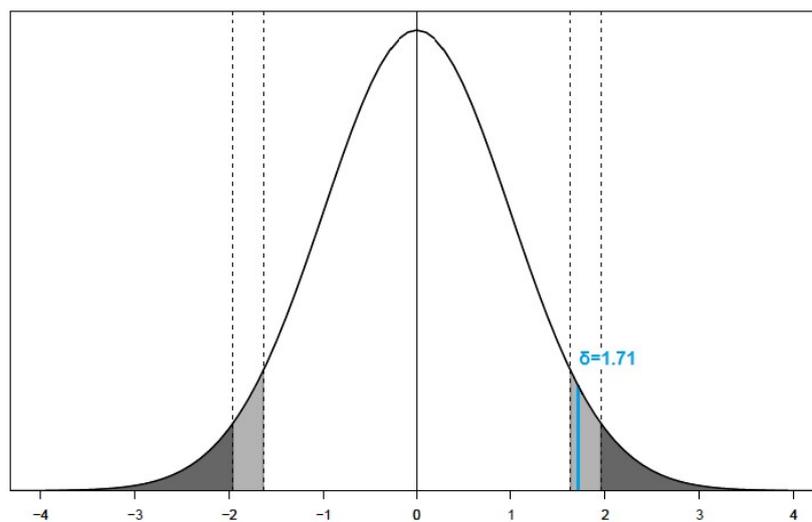


Figura 37. Discrepancia reducida ($\delta=1.71$). La curva representa la función de probabilidad de densidad para una distribución normal estándar. Área negra y gris indican niveles de confianza de 95% y 90% respectivamente.

4. Discusión

Los resultados obtenidos pretenden cuantificar las principales fuentes de error asociadas a cada método, con el objetivo de determinar la incertidumbre asociada a la serie de datos resultantes. Además, se proponen las posibles fuentes de error, tanto sistemáticas como aleatorias de cada método, que no fue posible cuantificar pero sí considerar como posibles causas de diferencia entre el método glaciológico y geodésico. Esto con el fin de enfocar el trabajo futuro en determinar y minimizar dichas fuentes de error, o al menos ser conscientes de que existen al reportar futuros balances de masa glaciar.

4.1 Resultados de la homogeneización de la serie glaciológica

En general los ajustes realizados en la serie acumulada del balance glaciológico en el proceso de reanálisis no alteraron drásticamente los resultados. La principal diferencia producida entre las series reportadas y la generada en este estudio se produce entre las temporadas 1992-93 y 2004-05 (figura 40).

La diferencia entre las series viene dada fundamentalmente por la metodología de extrapolación de la ablación y acumulación a año hidrológico (factor Vidal o factor grado-día). Esto se puede inferir debido a que al comienzo de este periodo (1992-2004) existe una alta cantidad de días a extrapolar la ablación (ver temporadas 1992-2000 en tabla 2 y figura 38) y que el factor utilizado en el pasado es el que más ablación extrapola por día (figura 22). Estas dos condiciones generan que la serie reportada sobreestime la ablación para el periodo 1992-2000.

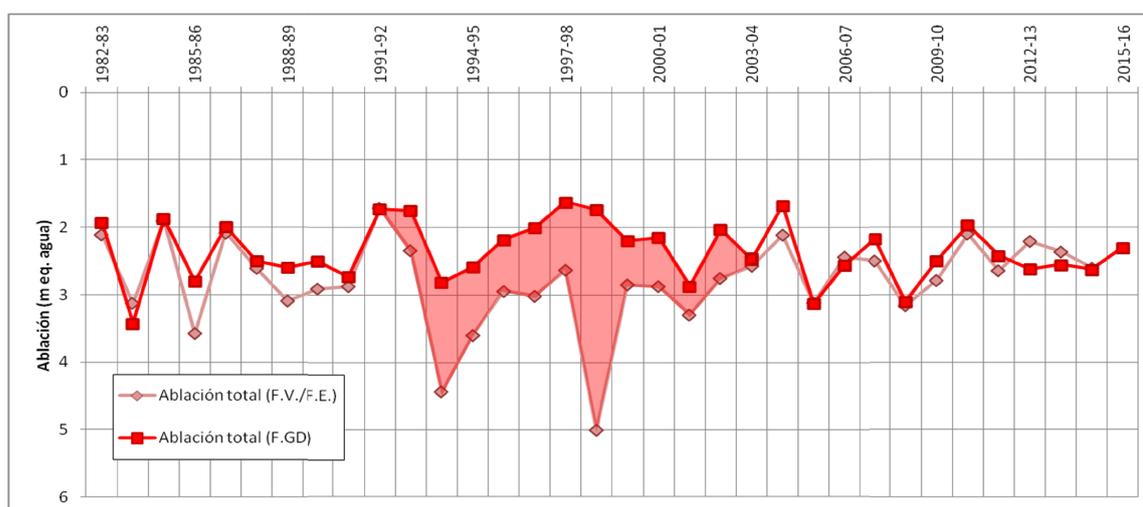


Figura 38. Diferencia (área roja) de las series de ablación homogeneizada mediante factores antiguos y factor grado-día.

Esta situación se compensa debido al mismo componente, pero generado en la extrapolación de las mediciones de acumulación. Al observar la cantidad de días de acumulación extrapolados (tabla 1), existe un aumento entre las temporadas 1997-2005, lo cual junto con la alta ablación diaria estimada por el factor utilizado en los reportes (factor Vidal), hace que en dicho periodo la acumulación sea sobreestimada por los factores antiguos (figura 39).

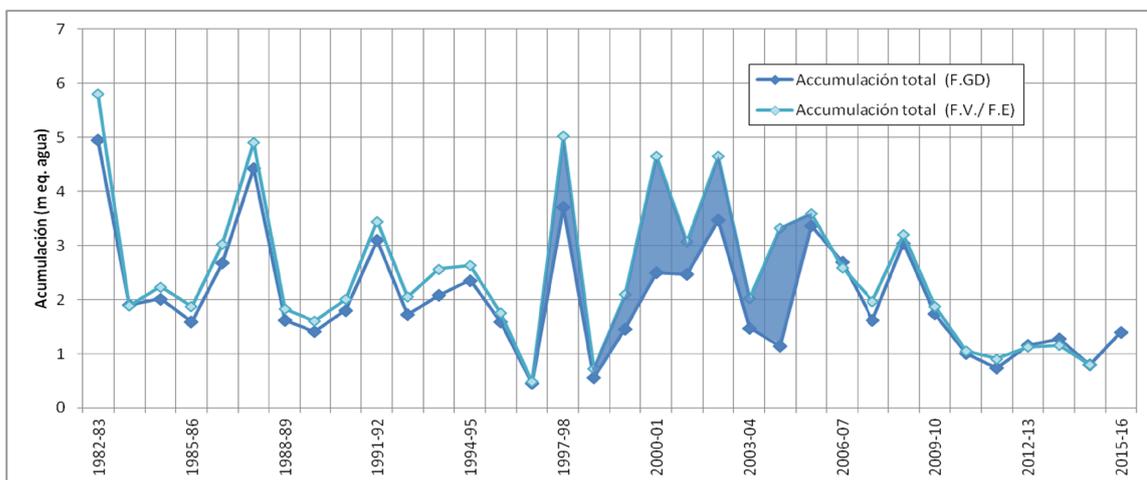


Figura 39. Diferencia (área azul) de las series de acumulación homogeneizada mediante factores antiguos y factor grado-día.

Se aumenta así el balance glaciar acumulado y hace que las series reportadas y reanalizadas vuelvan a comportarse de manera similar (figura 40).

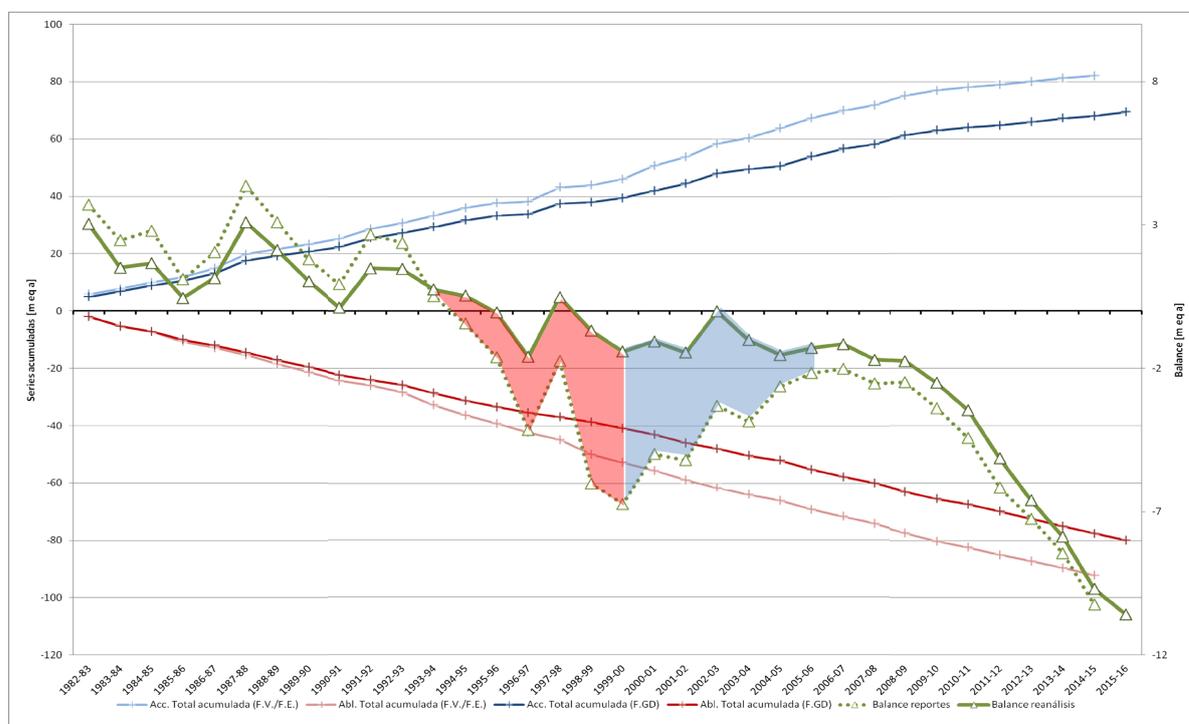


Figura 40. Series acumuladas y desvío entre los balances reportados y el reanálisis.

En conclusión, las principales variaciones entre la serie de datos reportada y la generada en el reanálisis son producidas por la sobreestimación de la ablación extrapolada de las mediciones al año hidrológico generando una diferencia máxima de 5.3 m eq. a entre las series en la temporada 1999-2000 (figura 40, área roja). Compensándose dicha situación por una sobreestimación de la acumulación las temporadas siguientes (figura 40, área azul).

4.2 Calibración de la serie glaciológica

Como resultado del test estadístico se determina que el balance de masa glaciológico acumulado no es estadísticamente igual al geodésico, por lo que existen fuentes de error que no han sido agregadas al método glaciológico. A pesar de considerar que ambas series son estadísticamente diferentes, se decide no calibrar el balance glaciológico con el geodésico (*cap. 1.5.4.6.*). Se toma esta opción debido a que se estima que es necesario un siguiente paso de iteración dentro del reanálisis, en el cual se agreguen tanto los errores aleatorios como sistemáticos asociados a los factores que no fue posible determinar en este estudio.

En el ejercicio estadístico es evidente que entre más conservador sea el error aleatorio que se asuma, menor será la capacidad de detectar diferencias sistemáticas entre el método glaciológico y geodésico. Por esto, el trabajo no se debe enfocar sólo en la determinación de errores sistemáticos que desvíen las series sino también en la determinación de los errores aleatorios que ajusten la precisión de cada serie.

La tendencia a balances geodésicos más negativos puede deberse a un desvío positivo no detectado del balance glaciológico o a un desvío negativo no detectado en el balance geodésico. Esto puede deberse a la no consideración de la ablación interna y basal producida en el glaciar, a una subestimación de la densidad estimada para el factor de conversión utilizada en el método geodésico, o a algún otro elemento o a una suma de éstos.

4.3 Representatividad de la acumulación del pozo estratigráfico

Una de las potenciales fuentes de error sistemático asociadas al método glaciológico es la medición de la acumulación mediante pozo estratigráfico. Esto debido principalmente a que se trabaja bajo la hipótesis de que dicho dato es representativo de todo el glaciar, a pesar de que se basa en una medición puntual por temporada y no se han realizado análisis asociados para validar la representatividad de las mediciones.

Desde la temporada 2013-14, además de la realización del pozo estratigráfico se han efectuado mediciones de acumulación en cada baliza a comienzo de la temporada de ablación, a través de una sonda de vapor Heucke. Ésta consiste en una perforación mediante derretimiento del glaciar hasta detectar el nivel con mayor densidad, dependiendo principalmente de la sensibilidad y experiencia del operador de la sonda el valor de acumulación obtenida. Con el objetivo de determinar la representatividad del

pozo estratigráfico, se extrapolan las mediciones de acumulación en las balizas mediante interpolación inversa a la distancia (IDW) a toda el área glaciar (figura 41).

Se deduce que la acumulación medida en el pozo estratigráfico, el cual se ha realizado de manera metódica aproximadamente 30m al sur de la baliza N°4, se encuentra subestimada en comparación al promedio resultante de la interpolación de la acumulación medida en las balizas (figura 42).

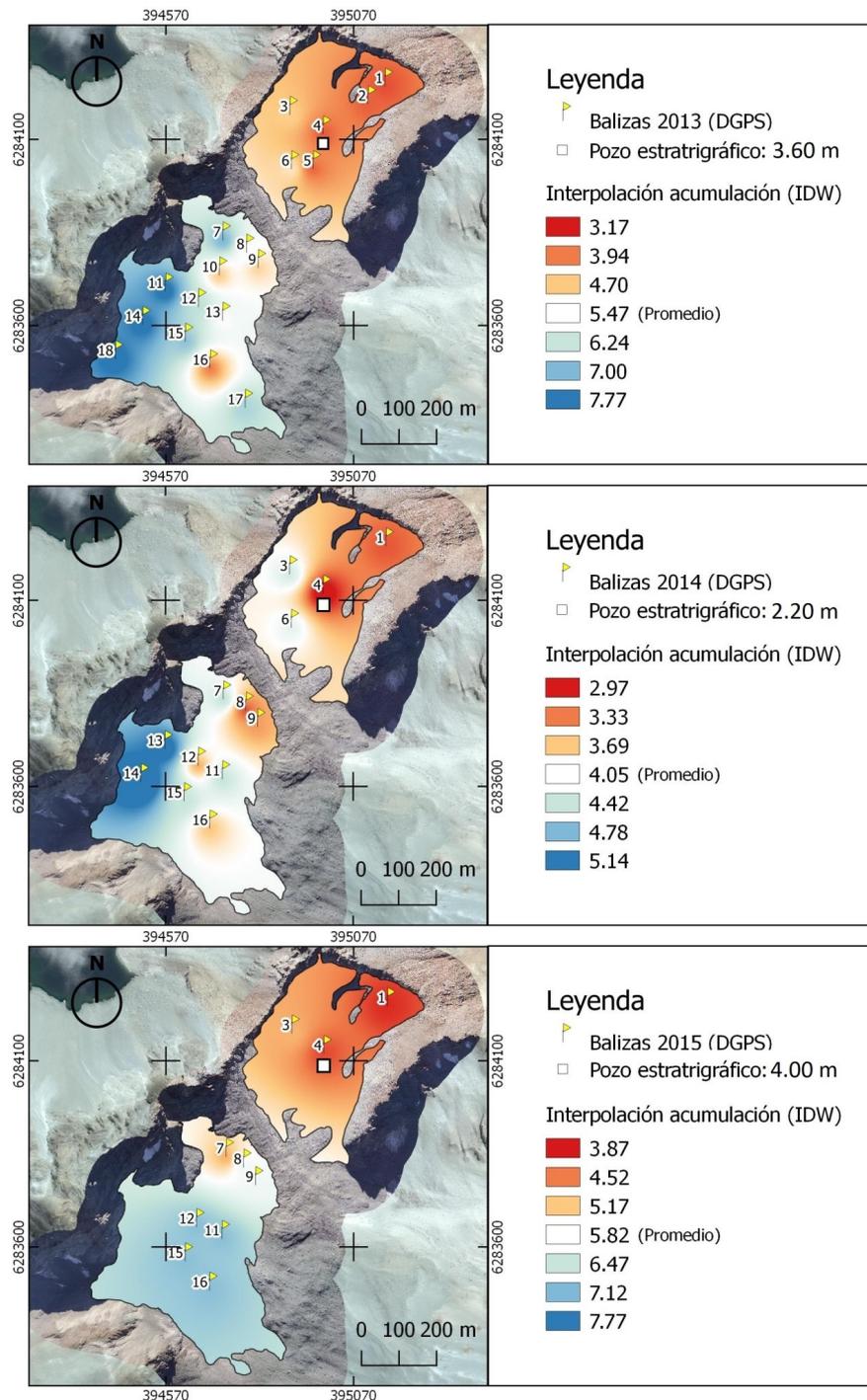


Figura 41. Interpolación IDW de la acumulación medida en balizas.

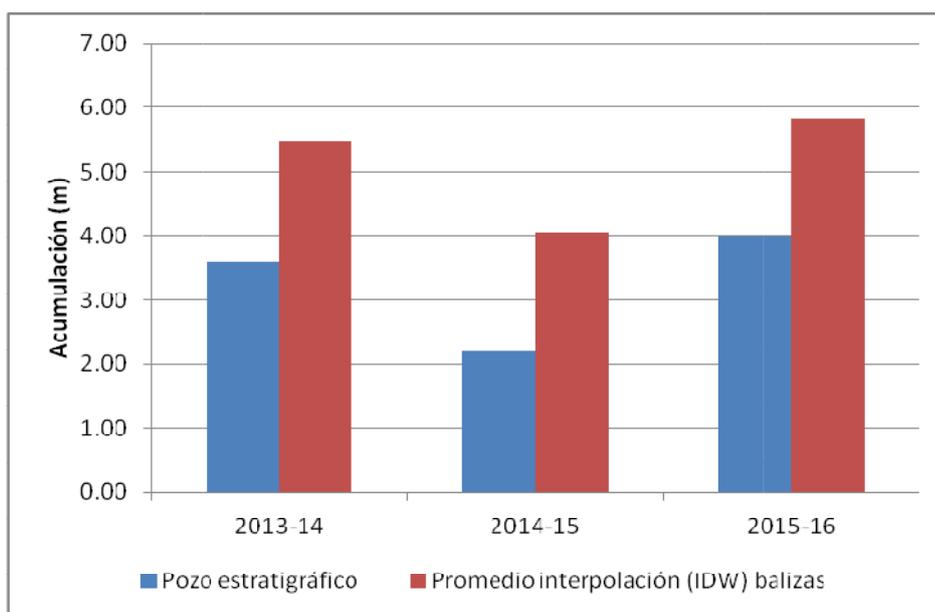


Figura 42. Comparación de la acumulación medida en pozo estratigráfico y balizas.

Como se puede observar en la acumulación interpolada de las balizas (figura 41), el promedio de las mediciones de acumulación se ubica en la zona cercana a las balizas 7 a 9, por lo que ésta podría ser el área más representativa para realizar futuras mediciones de la acumulación del glaciar Echaurren Norte.

En esta primera etapa de reanálisis sólo se determina que existe un error sistemático asociado a la medición en la acumulación a lo largo de toda la serie de mediciones. Esto no se corrige ya que la interpolación realizada sobre la acumulación medida en las balizas conlleva un alto error aleatorio asociado. Además a esto se suma el error en la medición mediante la sonda Heucke, debido a que se basa netamente en la sensibilidad del operador en perforar y captar la superficie glaciar del año anterior.

Con el objetivo de corregir este error sistemático y para las próximas campañas de medición de acumulación se recomienda ajustar las series de datos mediante un factor de corrección y cambiar de lugar el pozo estratigráfico. El personal de la UGN ha logrado recopilar en los últimos años datos mediante radio eco-sondaje (RES) de muy buena calidad, pudiendo detectar la profundidad tanto del nivel de acumulación como de la base glaciar. Se recomienda utilizar dichos datos, debido a su precisión, para estimar la acumulación total, determinar el lugar más idóneo para realizar el pozo estratigráfico y calcular el factor de corrección para las series de datos de acumulación pasadas.

4.4 Mediciones de densidad

Al igual que la medición de la acumulación, la medición de la densidad del glaciar se realiza en el pozo estratigráfico. A pesar de que la variabilidad de la densidad en el área glaciar no debería ser tanta como la variabilidad de la acumulación, este dato es fundamental ya que toda medición realizada, tanto de acumulación como de ablación a lo largo de la temporada, se multiplica por la densidad calculada para convertirla en metros equivalentes de agua. A pesar de que puede no existir un error sistemático muy alto asociado a la densidad, sí puede llevar a resultados erróneos debido a su importancia en la mayoría de los cálculos asociados al balance de masa.

Existen datos de densidad medidos en las balizas mediante saca testigo Monterrosa para algunas temporadas. Se recomienda realizar un análisis sobre la variabilidad de la densidad a lo largo de la superficie glaciar con el fin de estimar dicha variabilidad. Ello permitiría realizar posibles cambios en la densidad utilizada para la conversión a metros equivalentes de agua o utilizar una densidad específica para cada baliza en el caso de que represente una posible mayor fuente de error.

Junto con esto, también destaca la diferencia de densidad obtenida de los pozos estratigráficos dependiendo de la fecha en la que se realizó la medición (figura 43). Esta podría ser una fuente de error sistemático no considerado, debido a que registros de densidad realizados semanas después del comienzo de la temporada de ablación podrían sobreestimar la densidad utilizada debido al metamorfismo del glaciar.

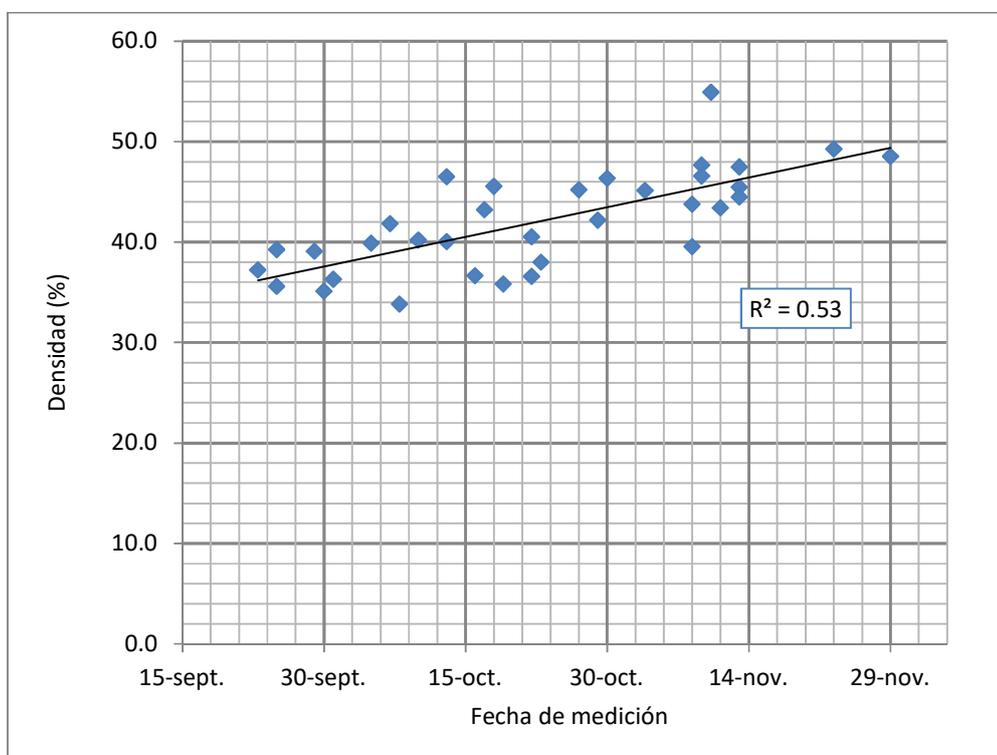


Figura 43. Densidad medida para cada temporada en función de la fecha en la que se registra (línea de tendencia).

4.5 Metodología de estimación del balance de masa glaciológico

A lo largo de los años de registro del balance de masa del glaciar Echaurren Norte se ha calculado la ablación de la temporada como el promedio simple entre los valores obtenidos para cada baliza. Esta metodología permite un cálculo simple y rápido del balance de masa pero tiene errores asociados difíciles de detectar, principalmente porque tanto las balizas como la ablación del glaciar no se distribuyen homogéneamente y el promedio simple considera que cada baliza pondera su valor de ablación por igual.

Existen en la actualidad dos métodos recomendados para determinar el balance de masa glaciar de manera más precisa: el método del perfil altitudinal (profile method) y el método del contorno (contour method) (Rivera et al., 2016). El primer método considera que el balance de masa glaciar está condicionado principalmente por la altura, generando así una ecuación de ajuste de los datos, pudiendo determinar un balance estimado para cada rango de elevación (25, 50 o 100m). En general este método resulta preciso si el glaciar abarca un alto rango de alturas y no presenta mayor variabilidad en la orientación e inclinación de sus pendientes.

El método del contorno se basa en determinar mediante los datos puntuales del balance de masa, áreas de igual valor, asignando así un área determinada al valor puntual obtenido. La ventaja de esta metodología es que pondera el valor de cada baliza de manera distinta dependiendo de su representatividad en el balance de masa de toda la superficie glaciar.

En este trabajo se intentó aplicar la metodología del perfil altitudinal para el glaciar Echaurren Norte con los datos puntuales obtenidos de acumulación (sonda Heucke) y ablación (balizas) para los últimas dos temporadas (figura 44 y 45), siguiendo las recomendaciones de homogeneización propuestas por Zemp (2013). Se puede apreciar que en este caso la distribución del balance de masa no sigue una correlación con la altura. Esto puede deberse al bajo rango de altura del glaciar Echaurren Norte (cercano a los 200m) y que posee una alta variabilidad en las condiciones de acumulación y ablación asociadas probablemente a la orientación de las laderas y la acumulación de nieve por viento. Debido a esto, se desestima que la metodología del perfil altitudinal sea una aproximación idónea del comportamiento del balance de masa del glaciar Echaurren Norte.

Se recomienda aplicar y validar la metodología del contorno, generando así áreas de igual balance, ya que se estima que existen balizas a lo largo del glaciar que representan mayor superficie (balizas N°1 o N°3), a diferencia de balizas que se encuentren muy cercanas entre sí (balizas N°7-9) (figura 41).

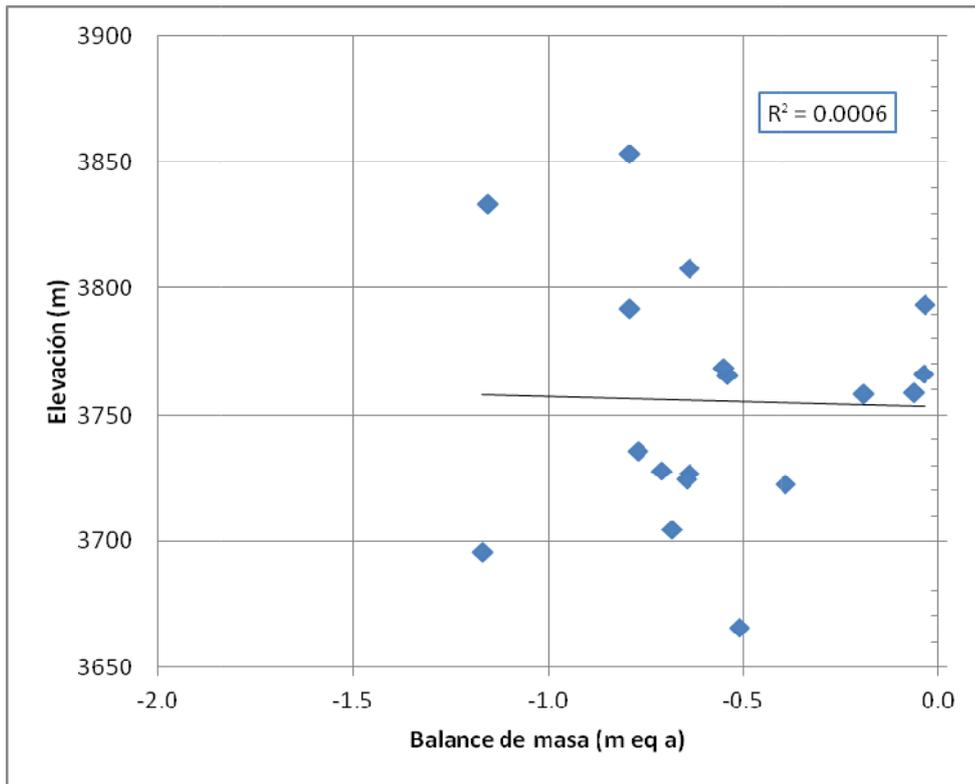


Figura 44. Distribución del balance de masa con la elevación (2013-14).

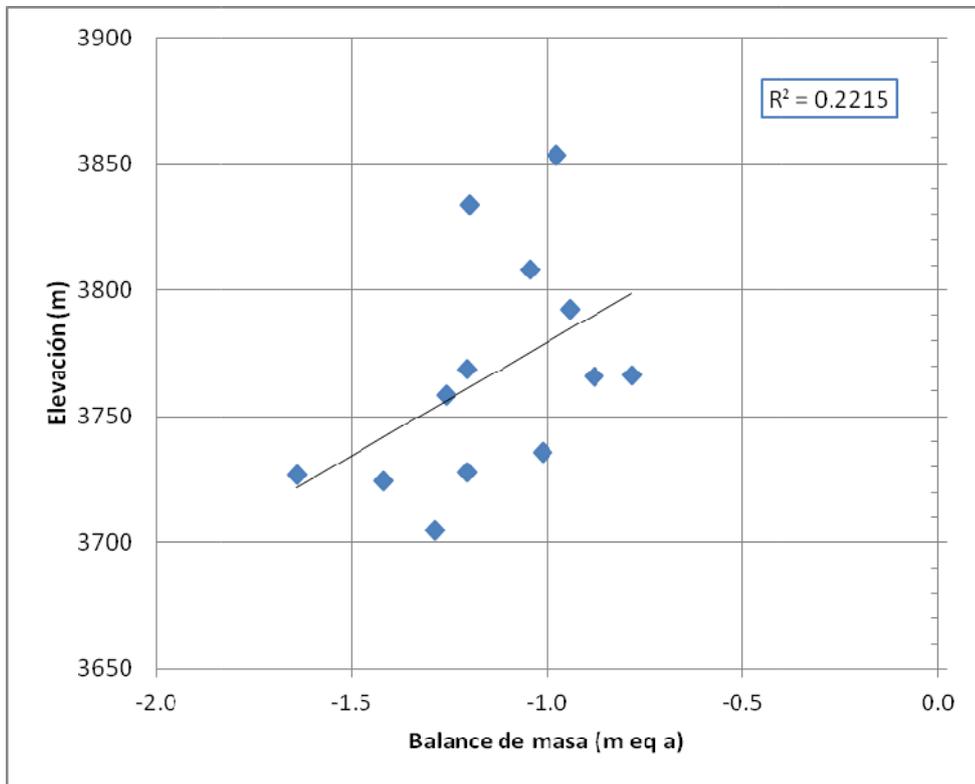


Figura 45. Distribución del balance de masa con la elevación (2014-15).

4.6 Factor de conversión del método geodésico

El método geodésico posee variadas fuentes de error que en general dependen de la resolución de los modelos de elevación que se utilicen, el manejo que se haga de éstas para calcular el cambio de volumen y el factor de conversión que se utilice para determinar el balance de masa asociado al cambio de volumen.

En el glaciar Echaurren Norte, debido a su tamaño, resulta poco útil realizar estimaciones del balance de masa mediante imágenes ASTER y LANDSAT debido al error que éstas generan. Como se han utilizado en este estudio sólo imágenes LiDAR para el método geodésico, la principal fuente de error viene dada por el factor de conversión que se utiliza ($f_{\Delta V} = 850 \pm 60 \text{ (kgm}^{-3}\text{)}$). Éste podría determinarse de manera simple y específica mediante mediciones de densidad al final de la temporada de ablación.

Enfocar el trabajo en estimar un factor de conversión más preciso o específico para el glaciar Echaurren Norte aumentaría de manera significativa la precisión del método geodésico.

5. Conclusiones

Las series del balance de masa del glaciar Echaurren Norte, a pesar de ser un registro muy valioso por su larga data y representatividad del comportamiento de glaciares de montaña de la zona centro de Chile, han sido reportadas sin considerar los errores sistemáticos asociados al método glaciológico.

Los errores encontrados son principalmente producidos por la representatividad de las mediciones puntuales de acumulación, la extrapolación espacial de la ablación y la homogeneización de los datos al año hidrológico.

En cuanto a este último factor, la extrapolación de la ablación mediante el modelo de grado-día es una buena aproximación de primer orden para la homogeneización de las series de datos en comparación con los factores utilizados históricamente. Esto gracias a su simpleza computacional y a su relación empírica entre la ablación y la temperatura media diaria específica para cada período de medición de cada año.

Se ha podido mejorar la estimación del balance de masa mediante el método glaciológico, con lo cual se detectaron desvíos de hasta 5.35 m eq. a. en 8 años (1991-1999). Esto enfatiza la necesidad de validar las series glaciológicas registradas mediante la metodología del reanálisis, pudiendo comparar los resultados obtenidos mediante métodos independientes.

Desde 1982 a 2015 el glaciar Echaurren Norte ha disminuido 13.6 m eq. a. (9.9% más que lo estimado previo a este estudio). De lo cual un 59.4% se produjo en los últimos 6 años, asociado principalmente a una disminución constante en la acumulación (precipitaciones) en dicho período.

Es necesaria una mayor investigación para cuantificar los componentes del balance interno y basal del glaciar Echaurren Norte, ya que se considera como una de las principales fuentes de desvío entre la serie glaciológica y geodésica de este estudio. Registros de periodos de medición cortos (estaciones meteorológicas en el glaciar) para estimar el balance de energía pueden aplicarse para agregar el comportamiento interno y basal a las series de balance de masa de largo plazo.

Debido a lo anterior, las energías de futuras investigaciones/reanálisis en el glaciar Echaurren Norte deben focalizarse en:

- Utilizar una metodología más precisa para la estimación del balance glaciológico mediante la extrapolación espacial de las mediciones puntuales. Se recomienda aplicar el método de contorno, con el fin de ponderar el balance puntual por las áreas glaciares que sean representativas de dicho balance.
- En cuanto a las mediciones del pozo estratigráfico, se deben corregir las series de acumulación glaciológicas mediante la determinación de un factor de corrección y cambiar la posición del pozo estratigráfico a un lugar más representativo de la acumulación. Se sugiere utilizar los datos de radio eco-

sondaje para determinar la distribución espacial de la acumulación y la posición en la cual el pozo estratigráfico sea representativo de todo el glaciar. Según los datos analizados, la zona cercana a la baliza N°8 podría ser un lugar adecuado para futuras mediciones representativas de la acumulación.

- Estimar un factor de conversión específico para el glaciar Echaurren Norte, mediante mediciones de densidad al final de la temporada de ablación. Esto con el objetivo de disminuir el error sistemático y aleatorio asociado al método geodésico.

Finalmente, y de manera general para próximos cálculos (reanálisis) de balance de masa, se recomienda:

- Para glaciares en los que se disponga de datos para estimar el balance de energía, utilizar dichos datos para estimar la ablación no registrada. Ello permitiría no solo extrapolar la ablación superficial, sino también estimar la ablación interna y basal del glaciar a estudiar. En el caso en el que sólo se puedan obtener datos de temperatura, se recomienda utilizar el modelo grado-día.
- Para cálculos de balance de masa mediante el método geodésico, utilizar imágenes satelitales (resolución 15 – 30 m) para glaciares con superficies mayores a 1 km^2 debido al error asociado al método. En dicho caso es ampliamente aconsejable realizar el proceso de corrección de los modelos de elevación, correcciones mediante puntos de control y ajustes a través de la comparación con imágenes disponibles de alta resolución (LiDAR) o DGPS.
- Realizar levantamientos topográficos y recopilación de imágenes satelitales para glaciares en los cuales exista un registro del balance de masa glaciológico cada períodos de 5-10 años. Esto con el fin de validar y calibrar los balances de masa reportados mediante la metodología utilizada en este estudio.

6. Bibliografía

- Aguirre, L. (1960). *Geología de los Andes de Chile Central, provincia de Aconcagua*. Santiago, Chile: Instituto de Investigaciones Geológicas, Boletín N° 9, 70 p.
- Bogorodsky, V., Bentley, C., & Gudmansen, P. (1985). *Radioglaciology*. Dordrecht, The Netherlands: Springer Netherlands.
- Burrough, P., McDonnell, R., & Lloyd, C. (2013). *Principles of Geographical Information Systems, 3rd ed.* Oxford, UK: OUP Oxford.
- Cembrano, J., & Lara, L. (2009). The link between volcanism and tectonics in the southern volcanic zone of the Chilean Andes: a review. *Tectonophysics*, vol. 471, N°1, 96-113.
- Charrier, R., & al., e. (1996). New evidence for late Mesozoic-early Cenozoic evolution of the Chilean Andes in the upper Tinguiririca valley (35° S), central Chile. *Journal of South American Earth Sciences*, vol. 9, no°5, 393-422.
- Charrier, R., & Muñoz, N. (1994). Jurassic Cretaceous Paleogeographic evolution of the Chilean Andes at 23-24°S latitude and 34-35°S latitude: a comparative analysis. *Tectonics of the Southern Central Andes*. Springer Berlin Heidelberg, 233-242.
- Charrier, R., Baeza, O., Elgueta, S., Flynn, J. J., Gans, P., Kay, S. M., . . . Zurita, E. (2002). Evidence for Cenozoic extensional basin development and tectonic inversion south of the flat-slab segment, southern Central Andes, Chile (33°-36° S.L.). *Journal of South American Earth Sciences*, Vol. 15, 117-139.
- Charrier, R., Baeza, O., Elgueta, S., Flynn, J. J., Gans, P., Kay, S. M., . . . Zurita, E. (2002a). Evidence for Cenozoic extensional basin development and tectonic inversion south of the flat-slab segment, southern Central Andes, Chile (33°-36° S.L.). *Journal of South American Earth Sciences*, Vol. 15, 117-139.
- Charrier, R., Bustamante, M., Comte, D., Elgueta, E., Flynn, J., Iturra, I., . . . Wyss, A. (2005). The Abanico extensional basin: Regional extension, chronology of tectonic inversion and relation to shallow seismic activity and Andean uplift. *Neues Jahrbuch Fur Geologie Und Palaontologie-Abhandlungen*, Vol. 236, N° 1-2, 43-77.
- Charrier, R., Pinto, L., & Rodríguez, M. P. (2007). Tectono-stratigraphic of the Andean orogen, in: Geology of Chile, Chapter 3 . *The Geological Society, London, Special Publication*, 21-2116.
- Cogley, J. G., Hock, R., Rasmussen, R., Arendt, L. A., Bauder, A., Braithwaite, A., . . . Zemp, M. (2011). Glossary of Glacier Mass Balance and Related Terms. In *IHP-VII Technical Documents in Hydrology No.86, IACS Contribution No.2* (p. 114 pp.). Paris: UNESCO-IHP.
- CR2. (2015). *La megasequía 2010-2015: Una lección para el futuro*. Santiago (CR)2: Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia.

- Deckart, K., Godoy, E., Bertens, A., Jerez, D., & Saeed, A. (2010). Barren Miocene granitoids in the Central Andean metallogenic belt, Chile: Geochemistry and Nd-Hf and U-Pb isotope systematic. *Andean Geology*, Vol. 37, N° 1, 1-31.
- DGA. (2009a). *Estrategia Nacional de Glaciares*. Santiago: Centro de Estudios Científicos - CECs (Publicación DGA, S.I.T. N°205, Diciembre).
- DGA. (2009b). *Levantamiento topográfico Láser aerotransportado para los glaciares Echaurren Norte y San Francisco*. Santiago: Terra Remote Sensin Ltda. (Publicación DGA, S.I.T. N°184, Mayo, 22p.).
- DGA. (2011). *Variaciones recientes de glaciares en Chile, Según principales zonas glaciológicas*. Santiago: Centro de Estudios Científicos - CECs (Publicación DGA, S.I.T. N°261, Diciembre).
- DGA. (2012). *Modelación del balance de masa y descarga de agua en glaciares de Chile central*. Santiago, Chile: Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Civil, División de recursos hídricos y medio ambiente (Publicación DGA, S.I.T. N°307, Diciembre).
- DGA. (2012). *Plan de acción para la conservación de glaciares ante el cambio climático. Comitato ev-K2-CNR (Publicación DGA, S.I.T. N° 306)*. Santiago.
- DGA. (2014). *Glaciares de Chile*. Santiago: Ministerio de Obras Públicas.
- DGA. (2015). *Modelo Digital de Elevación de Centro Montañosos y Glaciares de las zonas Glaciológicas Norte y Centro, Mediante Lidar Aerotransportado*. Santiago: DigimapasChile aerofotogrametría Ltda. (Publicación DGA, S.I.T. N° 366).
- DGA. (6 de julio de 2016). *Dirección General de Aguas MOP-Chile*. Obtenido de snia.dga.cl/BNAConsultas/reportes
- DGA. (2017). *Inventario de Glaciares* (<http://www.dga.cl/productosyservicios/mapas/Paginas/default.aspx>). Santiago.
- Escobar, F., Casassa, G., & Pozo, V. (1995). Variaciones de un glaciar de montaña en los Andes de Chile Central en las últimas dos décadas. *Bull. Inst. fr. études andines*, 683-695.
- Falvey, M., & Garreaud, R. D. (2009). Regional cooling in a warming world: Recent temperature trends in the southeast Pacific and along the west coast of subtropical South America (1979-2006). *Journal of Geophysical Research* 114.
- Fock, A. I. (2005). *Cronología y Tectónica de la exhumación en el Neógeno de los Andes de Chile Central entre los 33° y los 34°S*. Memoria para optar al título de geólogo. Universidad de Chile.
- Godoy, E., Yañez, G., & Vera, E. (1999). Inversion of an Oligocene volcano-tectonic basin and uplift of its superimposed Miocene magmatic arc, Chilean Central Andes: first seismic and gravity evidence. *Tectonophysics* 306, 217-326.

- Hock, R. (2003). Temperature index melt modelling in mountain areas. *Journal of Hydrology* 282, 104-115.
- Huss, M. (2013). Density assumptions for converting geodetic glacier volume change to mass change. *The Cryosphere*, 7, 877-887.
- Jara, P., & Charrier, R. (2014). Nuevos antecedentes estratigráficos y geocronológicos para el Meso-Cenozoico de la Cordillera Principal de Chile entre 32° y 32° 30'S: Implicancias estructurales y paleogeográficas. *Andean Geology*, Vol. 41, N° 1, 174-209.
- Kay, S. M., & Kurtz, A. (1995). *Magmatic and tectonic characterization of the El Teniente region. Unpublished report. 180 p.* CODELCO-Chile.
- Klohn, C. (1960). *Geología de la Cordillera de los Andes de Chile Central, Provincia de Santiago, Colchagua y Curicó.* Santiago: Instituto de Investigaciones Geológicas, Boletín N°8, 95p.
- Kurtz, A., Kay, S., Charrier, R., & Farrar, E. (1997). Geochronology of Miocene plutons and exhumation history of the El Teniente region, Central Chile (34-35° S). *Andean Geology*, Vol. 24, N° 1, 75-90.
- Nyström, J. O., Parada, M. A., & Vergara, M. (1993). Sr-Nd isotope compositions of Cretaceous to Miocene volcanic rocks in central Chile: A trend toward a MORB signature and a reversal with time. In O. Editions, *Second International Symposium on Andean Geodynamics* (pp. 411-414). Oxford: Extended Abstracts Volume.
- Petersen, L., & Pellicciotti, F. (2011). Spatial and temporal variability of the air temperature in a melting glacier: Atmospheric controls, extrapolation methods and their effect on melt modeling, Juncal Norte Glacier, Chile. *Journal of Geophysical Research*, vol. 116.
- Rivano, S., Godoy, E., Vergara, M., & Villarroel, R. (1990). Redefinición de la Formación Farellones en la Cordillera de los Andes de Chile Central (32°-34° S). *Revista Geológica de Chile*, Vol. 17, N° 2, 205-214.
- Rivera, A., Brown, F., Napoleoni, F., Muñoz, C., & Vuille, M. (2016). *Balance de masa glaciar.* Valdivia, Chile: Ediciones CECs.
- Rykiel Jr., E. J. (1996). Testing ecological models: the meaning of validation. *Ecol. Model.*, 90, 229-244.
- Tassara, A., & Yañez, G. (2003). Relación entre el espesor elástico de la litosfera y la segmentación tectónica del margen andino (15-47°S). *Revista geológica de Chile*, Vol. 30, N° 2, 159-186.
- Thiele, R. (1980). Hoja Santiago, Región Metropolitana. En S. N. Minería, *Carta Geológica de Chile N° 29* (pág. 21).
- WGMS, W. G. (2005). *Fluctuations of Glaciers 2000-2005.*

- Yáñez, G., Cembrano, J., Pardo, M., Ranero, C., & Selles, D. (2002). The Challenger–Juan Fernández–Maipo major tectonic transition of the Nazca–Andean subduction system at 33–34 S: geodynamic evidence and implications. *Journal of South American Earth Sciences*, Vol. 15, N° 1, 23-38.
- Zemp, M., Thibert, E., Huss, M., Stumm, D., Rolstad Denby, C., Nuth, C., . . . Andreassen, L. M. (2013). Reanalysing glacier mass balance measurement series. *The Cryosphere*, 1227-1245.

Anexos

Anexo A: Ablación balizas (1982-2016)

Tabla A-1: Ablación temporada 1982-1983

ABLACIÓN 1982-1983			ABLACIÓN Período 1 (cm)	ABLACIÓN Período 2 (cm)	ABLACIÓN Período 3 (cm)	ABLACIÓN Período 4 (cm)	ABLACIÓN Período 5 (cm)	ABLACIÓN TOTAL (cm)
Nº BALIZA	SECTOR							
1	1	N	242	15	100	15	21	393
2	2	N	201	23	170	23	25	442
3	3	N	198	12	68	8	-4	282
4	31	N	197	12	60	12	17	298
5	32	N	191	11	70	12	17	301
6	33	N	197	21	93	17	19	347
7	34	N	197	16	92	18	17	340
8	35	N	188	18	86	13	24	329
9	4	N	218	27	110	21	36	412
10	5	N	195	19	93	12	32	351
11	6	N	200	24	106	18	39	387
12	61	N	211	24	100	17	23	375
13	62	N	194	9	88	16	31	338
14	63	N	169	15	9	13	21	227
15	64	N	197	25	30	18	41	311
16	65	N	168	18	54	11	-18	233
17	7	N	150	28	102	16	35	331
18	8	N	180	22	91	20	13	326
19	9	N	201	20	107	20	44	392
20	91	S	222	30	110	13	39	414
21	92	N	185	21	87	19	37	349
22	93	N	185	20	86	14	20	325
23	10	N	207	30	111	23	49	420
24	101	N	252	36	143	18	62	511
25	102	N	210	29	104	19	43	405
26	11	S	192	32	119	21	59	423
27	12	S	229	26	103	16	49	423
28	121	S	226	27	94	15	35	397
29	122	S	230	31	114	24	52	451
30	123	S	223	36	146	19	41	465
31	124	S	212	15	90	14	20	351
32	13	S	238	25	110	17	45	435
33	14	S	227	29	120	21	-50	347
34	15	S	196	27	86	9	27	345
35	151	S	224	24	116	20	60	444
36	152	S	228	25	83	12	42	390
37	153	S	234	33	121	19	63	470
38	154	S	220	27	112	19	54	432
39	16	S	236	25	97	12	39	409
40	17	S	221	33	110	11	25	400
41	18	S	240	31	132	19	73	495
42	181	S	228	37	144	16	65	490
43	182	S	227	42	120	15	57	461
44	183	S	247	35	142	24	78	526
45	184	S	217	40	124	14	43	438
46	185	S	263	31	125	19	68	506
47	186	S	282	38	127	17	45	509
48	19	S	242	38	132	20	51	483
PROMEDIO			213.3	25.7	102.9	16.6	35.9	394.4

PROMEDIO N	197	21	90	16	27	351
PROMEDIO S	229	31	116	17	45	438

Ablación del 16-11-1982 al 21-03-1983	394 cm
Densidad promedio (pozo)	45.5 %
	179.3 cm Eq agua

6 Campañas a terreno

Período 1
16-11-1982 al 07-01-1983
Período 2
07-01-1983 al 17-01-1983
Período 3
17-01-1983 al 19-02-1983
Período 4
19-02-1983 al 23-02-1983
Período 5
23-02-1983 al 21-03-1983

nnn: valores rellenados con el promedio de la ablación del período.

x: sin datos

Sólo se rellenan los datos cuando falta un período.

Tabla A-2: Ablación temporada 1983-1984

ABLACIÓN 1983-1984		ABLACIÓN Período 1 (cm)	ABLACIÓN Período 2 (cm)	ABLACIÓN Período 3 (cm)	ABLACIÓN Período 4 (cm)	ABLACIÓN Período 5 (cm)	ABLACIÓN TOTAL (cm)	
Nº BALIZA	SECTOR							
1	1	N	24	163	110	158	48	503
2	2	N	29	172	108	142	51	502
3	3	N	25	155	120	205	51	556
4	31	N	28	179	120	206	40	573
5	32	N	31	180	104	275	70	660
6	33	N	32	159	114	152	47	504
7	34	N	30	166	108	162	34	500
8	35	N	37	147	88	146	44	462
9	4	N	33	158	105	143	42	481
10	5	N	35	157	119	155	41	507
11	6	N	33	173	149	226	50	631
12	61	N	54	186	147	223	58	668
13	62	N	40	149	123	186	48	546
14	63	N	39	169	129	196	51	584
15	64	N	31	169	95	184	40	519
16	65	N	35	150	95	130	50	460
17	7	N	35	172	122	185	48	562
18	8	N	38	155	119	180	47	539
19	9	N	41	178	120	182	47	568
20	91	S	47	143	150	228	59	627
21	92	N	43	170	130	197	51	591
22	93	N	37	176	133	155	49	550
23	10	N	40	168	120	182	47	557
24	101	N	41	174	130	197	51	593
25	102	N	47	167	127	193	50	584
26	11	S	40	176	141	214	55	626
27	12	S	44	200	132	200	86	662
28	121	S	47	186	154	234	189	810
29	122	S	39	167	175	266	114	761
30	123	S	38	160	128	194	83	603
31	124	S	35	175	150	228	98	686
32	13	S	49	219	176	267	114	825
33	14	S	40	180	115	173	201	709
34	15	S	37	237	199	226	97	796
35	151	S	48	184	158	217	96	703
36	152	S	47	186	153	201	221	808
37	153	S	41	175	119	276	118	729
38	154	S	43	176	138	322	206	885
39	16	S	44	197	132	198	85	656
40	17	S	38	195	145	217	93	688
41	18	S	42	209	163	244	104	762
42	181	S	48	174	156	234	100	712
43	182	S	41	200	184	276	118	819
44	183	S	42	205	381	571	245	1444
45	184	S	46	190	147	220	94	697
46	185	S	43	187	172	258	111	771
47	186	S	41	195	157	235	101	729
48	19	S	44	210	283	424	182	1143
PROMEDIO			39	177	143	218	86	664
PROMEDIO N			36	166	118	182	48	550
PROMEDIO S			43	189	167	255	124	777
Ablación del 27-10-1983 al 09-03-1984				664 cm				
Densidad promedio (pozo)				42.2 %				
				280.1 cm Eq agua				

6 Campañas a terreno

Período 1
27-10-1983
al
04-11-1983
Período 2
04-11-1983
al
15-12-1983
Período 3
15-12-1983
al
18-01-1984
Período 4
18-01-1984
al
21-02-1984
Período 5
21-02-1984
al
09-03-1984

nnn: valores rellenados con el promedio de la ablación del período.
x: sin datos
Sólo se rellenan los datos cuando falta un período.

Tabla A-3: Ablación temporada 1984-1985

ABLACIÓN 1984-1985		ABLACIÓN Período 1 (cm)	ABLACIÓN Período 2 (cm)	ABLACIÓN Período 3 (cm)	ABLACIÓN TOTAL (cm)	
Nº BALIZA	SECTOR					
1	1	N	102	161	71	334
2	2	N	125	155	62	342
3	3	N	133	161	79	373
4	31	N	114	150	175	439
5	32	N	119	182	59	360
6	33	N	97	135	61	293
7	34	N	135	152	71	358
8	35	N	131	177	103	411
9	4	N	120	154	96	370
10	5	N	112	164	94	370
11	6	N	127	167	84	378
12	61	N	149	208	94	451
13	62	N	133	180	71	384
14	63	N	118	150	79	347
15	64	N	125	163	95	383
16	65	N	124	161	92	377
17	7	N	122	174	89	385
18	8	N	119	224	111	454
19	9	N	116	199	104	419
20	91	S	149	190	104	443
21	92	N	124	176	99	399
22	93	N	120	151	88	359
23	10	N	125	205	104	434
24	101	N	158	256	109	523
25	102	N	151	214	101	466
26	11	S	147	175	96	418
27	12	S	167	256	105	528
28	121	S	158	246	151	555
29	122	S	161	221	104	486
30	123	S	157	246	106	509
31	124	S	132	207	101	440
32	13	S	158	229	117	504
33	14	S	151	247	134	532
34	15	S	163	234	118	515
35	151	S	152	257	158	567
36	152	S	140	272	139	551
37	153	S	173	249	136	558
38	154	S	156	226	120	502
39	16	S	164	220	114	498
40	17	S	139	222	142	503
41	18	S	135	250	138	523
42	181	S	128	308	202	638
43	182	S	124	276	174	574
44	183	S	140	283	174	597
45	184	S	147	259	49	455
46	185	S	159	219	132	510
47	186	S	150	234	149	533
48	19	S	173	286	166	625
PROMEDIO			138	209	111	458
PROMEDIO N			125	176	91	392
PROMEDIO S			151	242	130	524
Ablación del 10-10-1984 al 27-03-1985					458 cm	
Densidad promedio (pozo)					40.1 %	
					183.4 cm Eq agua	

4 Campañas a terreno

Período 1
10-10-1984 al 18-12-1984
Período 2
18-12-1984 al 13-02-1985
Período 3
13-02-1985 al 27-03-1985

nnn: valores rellenados con el promedio de la ablación del período.

x: sin datos

Sólo se rellenan los datos cuando falta un período.

Tabla A-4: Ablación temporada 1985-1986

	ABLACIÓN 1985-1986		ABLACIÓN Período 1 (cm)	ABLACIÓN Período 2 (cm)	ABLACIÓN Período 3 (cm)	ABLACIÓN Período 4 (cm)	ABLACIÓN TOTAL (cm)
	Nº BALIZA	SECTOR					
1	1	N	104	229	153	56	542
2	2	N	125	247	165	80	617
3	3	N	136	254	170	86	646
4	31	N	130	239	160	82	611
5	32	N	135	290	194	99	718
6	33	N	136	259	173	88	656
7	34	N	120	208	139	71	538
8	35	N	125	211	141	72	549
9	4	N	131	251	168	86	636
10	5	N	125	257	178	108	668
11	6	N	132	216	178	121	647
12	61	N	170	292	195	99	756
13	62	N	154	249	166	126	695
14	63	N	135	251	180	57	623
15	64	N	135	227	175	94	631
16	65	N	134	246	76	126	582
17	7	N	126	236	188	113	663
18	8	N	133	278	174	72	657
19	9	N	135	229	185	98	647
20	91	S	149	357	239	121	866
21	92	N	150	303	218	78	749
22	93	N	123	238	160	73	594
23	10	N	172	80	53	27	332
24	101	N	162	417	279	142	1000
25	102	N	171	285	242	88	786
26	11	S	155	297	199	101	752
27	12	S	143	292	195	99	729
28	121	S	181	320	214	109	824
29	122	S	170	368	220	110	868
30	123	S	158	358	239	122	877
31	124	S	140	246	190	58	634
32	13	S	150	332	222	113	817
33	14	S	165	304	199	113	781
34	15	S	172	317	225	103	817
35	151	S	153	316	208	78	755
36	152	S	120	336	246	102	804
37	153	S	111	311	225	131	778
38	154	S	168	288	192	98	746
39	16	S	159	353	236	120	868
40	17	S	157	383	256	130	926
41	18	S	123	393	263	134	913
42	181	S	176	406	272	139	993
43	182	S	174	430	288	147	1039
44	183	S	161	648	270	166	1245
45	184	S	161	350	234	119	864
46	185	S	170	321	215	110	816
47	186	S	156	307	205	104	772
48	19	S	176	379	253	129	937
PROMEDIO			146.8	300.1	200.3	102.0	749.3

PROMEDIO N	137	250	171	89	648
PROMEDIO S	156	351	229	115	851

Ablación del 23-10-1985 al 10-04-1986	749 cm
Densidad promedio (pozo)	36.6 %
	274.2 cm Eq agua

5 Campañas a terreno

Período 1
23-10-1985 al 27-11-1985
Período 2
27-11-1985 al 15-01-1986
Período 3
15-01-1986 al 26-02-1986
Período 4
26-02-1986 al 10-04-1986

nnn: valores rellenados con el promedio de la ablación del período.

x: sin datos

Sólo se rellenan los datos cuando falta un período.

Tabla A-5: Ablación temporada 1986-1987

ABLACIÓN 1986-1987		ABLACIÓN Período 1 (cm)	ABLACIÓN Período 2 (cm)	ABLACIÓN Período 3 (cm)	ABLACIÓN TOTAL (cm)	
Nº BALIZA	SECTOR					
1	1	N	7	276	98	381
2	2	N	16	288	110	414
3	3	N	24	267	113	404
4	31	N	10	250	71	331
5	32	N	18	287	69	374
6	33	N	29	298	121	448
7	34	N	24	266	105	395
8	35	N	23	283	156	462
9	4	N	27	261	107	395
10	5	N	20	281	112	413
11	6	N	20	249	132	401
12	61	N	32	303	103	438
13	62	N	16	266	107	389
14	63	N	26	248	118	392
15	64	N	21	246	82	349
16	65	N	14	260	122	396
17	7	N	32	258	114	404
18	8	N	27	295	108	430
19	9	N	25	273	142	440
20	91	S	28	285	150	463
21	92	N	24	289	87	400
22	93	N	17	256	119	392
23	10	N	24	291	145	460
24	101	N	27	285	161	473
25	102	N	37	283	125	445
26	11	S	27	284	149	460
27	12	S	37	269	164	470
28	121	S	2	323	153	478
29	122	S	47	290	173	510
30	123	S	30	300	163	493
31	124	S	32	288	166	486
32	13	S	30	284	178	492
33	14	S	20	307	226	553
34	15	S	34	277	212	523
35	151	S	25	266	159	450
36	152	S	30	264	180	474
37	153	S	31	309	202	542
38	154	S	34	291	178	503
39	16	S	11	307	178	496
40	17	S	26	297	178	501
41	18	S	22	285	178	485
42	181	S	25	300	178	503
43	182	S	26	295	178	499
44	183	S	34	291	178	503
45	184	S	35	292	178	505
46	185	S	32	317	178	527
47	186	S	27	271	222	520
48	19	S	15	324	178	517
PROMEDIO			25.0	282.8	145.9	453.7
PROMEDIO N			23	273	114	409
PROMEDIO S			28	292	178	498
Ablación del 25-10-1986 al 29-04-1987					454 cm	
Densidad promedio (pozo)					45.2 %	
					205.2 cm Eq agua	

4 Campañas a terreno

Período 1
25-10-1986 al 03-12-1986
Período 2
03-12-1986 al 28-01-1987
Período 3
28-01-1987 al 29-04-1987

nnn: valores rellenados con el promedio de la ablación del período.

x: sin datos

Sólo se rellenan los datos cuando falta un período.

Tabla A-6: Ablación temporada 1987-1988

	ABLACIÓN 1987-1988		ABLACIÓN Período 1 (cm)	ABLACIÓN Período 2 (cm)	ABLACIÓN TOTAL (cm)
	Nº BALIZA	SECTOR			
1	1	N	27	205	232
2	2	N	33	216	249
3	3	N	39	234	273
4	31	N	33	214	247
5	32	N	47	214	261
6	33	N	40	227	267
7	34	N	39	202	241
8	35	N	37	214	251
9	4	N	42	200	242
10	5	N	65	204	269
11	6	N	40	209	249
12	61	N	54	214	268
13	62	N	40	233	273
14	63	N	45	207	252
15	64	N	40	214	254
16	65	N	39	216	255
17	7	N	42	190	232
18	8	N	50	214	264
19	9	N	54	217	271
20	91	S	56	258	314
21	92	N	46	245	291
22	93	N	42	207	249
23	10	N	53	214	267
24	101	N	58	216	274
25	102	N	x	x	x
26	11	S	52	228	280
27	12	S	58	258	316
28	121	S	66	284	350
29	122	S	62	263	325
30	123	S	57	258	315
31	124	S	53	234	287
32	13	S	58	257	315
33	14	S	57	229	286
34	15	S	59	261	320
35	151	S	65	246	311
36	152	S	61	258	319
37	153	S	55	243	298
38	154	S	68	258	326
39	16	S	69	258	327
40	17	S	103	258	361
41	18	S	59	258	317
42	181	S	68	258	326
43	182	S	70	258	328
44	183	S	73	259	332
45	184	S	59	258	317
46	185	S	59	235	294
47	186	S	62	354	416
48	19	S	64	258	322
PROMEDIO			53.6	236.5	290.1
PROMEDIO N			44	214	258
PROMEDIO S			63	258	321
Ablación del 05-11-1987 al 14-01-1988					290 cm
Densidad promedio (pozo)					47.5 %
					137.7 cm Eq agua

3 Campañas a terreno

Período 1
05-11-1987
al
18-11-1987

Período 2
18-11-1987
al
14-01-1988

nnn: valores rellenados con el promedio de la ablación del período.

x: sin datos

Sólo se rellenan los datos cuando falta un período.

Tabla A-7: Ablación temporada 1988-1989

ABLACIÓN 1988-1989		ABLACIÓN Período 1 (cm)	ABLACIÓN Período 2 (cm)	ABLACIÓN Período 3 (cm)	ABLACIÓN Período 4 (cm)	ABLACIÓN TOTAL (cm)	
Nº BALIZA	SECTOR						
1	1	N	110	182	270	61	623
2	2	N	107	191	182	68	548
3	3	N	111	203	135	65	514
4	31	N	99	177	142	61	479
5	32	N	110	200	220	64	594
6	33	N	120	197	184	136	637
7	34	N	142	201	209	56	608
8	35	N	132	197	173	45	547
9	4	N	129	185	239	114	667
10	5	N	123	195	56	92	466
11	6	N	118	173	232	3	526
12	61	N	149	196	213	87	645
13	62	N	117	181	214	98	610
14	63	N	116	171	221	85	593
15	64	N	140	165	218	83	606
16	65	N	124	174	284	78	660
17	7	N	124	162	225	87	598
18	8	N	118	121	182	72	493
19	9	N	113	166	139	112	530
20	91	S	134	175	163	68	540
21	92	N	136	172	232	61	601
22	93	N	121	133	147	83	484
23	10	N	102	176	198	67	543
24	101	N	145	x	x	x	x
25	102	N	152	194	229	117	692
26	11	S	134	208	232	95	669
27	12	S	142	223	230	95	690
28	121	S	147	251	235	64	697
29	122	S	144	233	242	114	733
30	123	S	156	199	213	162	730
31	124	S	145	201	212	146	704
32	13	S	157	224	154	91	626
33	14	S	137	256	230	137	760
34	15	S	146	217	262	90	715
35	151	S	132	233	242	119	726
36	152	S	156	237	295	108	796
37	153	S	134	192	234	111	671
38	154	S	140	232	183	124	679
39	16	S	152	234	228	107	721
40	17	S	146	250	253	101	750
41	18	S	155	236	273	340	1004
42	181	S	178	313	173	124	788
43	182	S	168	257	261	124	810
44	183	S	150	273	262	137	822
45	184	S	139	227	300	156	822
46	185	S	144	252	273	107	776
47	186	S	147	234	158	141	680
48	19	S	157	226	265	105	753
PROMEDIO			135.4	206.3	215.3	101.3	658.0

PROMEDIO N	123	179	198	78	577
PROMEDIO S	148	233	232	124	736

Ablación del 25-10-1988 al 20-04-1989	658 cm
Densidad promedio (pozo)	40.5 %
	266.7 cm Eq agua

5 Campañas a terreno

Período 1
25-10-1988 al 03-12-1988
Período 2
03-12-1988 al 14-01-1989
Período 3
14-01-1989 al 04-03-1989
Período 4
04-03-1989 al 20-04-1989

nnn: valores rellenados con el promedio de la ablación del período.
x: sin datos
Sólo se rellenan los datos cuando falta un período.

Tabla A-8: Ablación temporada 1989-1990

	ABLACIÓN 1989-1990		ABLACIÓN Período 1 (cm)	ABLACIÓN TOTAL (cm)
	Nº BALIZA	SECTOR		
1	1	N	44	44
2	2	N	41	41
3	3	N	61	61
4	31	N	41	41
5	32	N	51	51
6	33	N	43	43
7	34	N	55	55
8	35	N	53	53
9	4	N	52	52
10	5	N	51	51
11	6	N	12	12
12	61	N	38	38
13	62	N	40	40
14	63	N	46	46
15	64	N	44	44
16	65	N	37	37
17	7	N	45	45
18	8	N	45	45
19	9	N	46	46
20	91	S	49	49
21	92	N	45	45
22	93	N	44	44
23	10	N	44	44
24	101	N	59	59
25	102	N	23	23
26	11	S	40	40
27	12	S	32	32
28	121	S	39	39
29	122	S	41	41
30	123	S	38	38
31	124	S	39	39
32	13	S	46	46
33	14	S	43	43
34	15	S	34	34
35	151	S	36	36
36	152	S	55	55
37	153	S	34	34
38	154	S	37	37
39	16	S	36	36
40	17	S	37	37
41	18	S	35	35
42	181	S	34	34
43	182	S	45	45
44	183	S	45	45
45	184	S	44	44
46	185	S	43	43
47	186	S	40	40
48	19	S	53	53
PROMEDIO			42.4	42.4
PROMEDIO N			44	44
PROMEDIO S			41	41

2 Campañas a terreno

Período 1
11-10-1989
al
20-11-1990

nnn: valores rellenados con el promedio de la ablación del período.

x: sin datos

Sólo se rellenan los datos cuando falta un período.

Ablación del 11-10-1989 al 20-11-1990	42 cm
Densidad promedio (pozo)	46.5 %
	19.7 cm Eq agua

SIN DATOS DE ABLACIÓN 1990-1991

Tabla A-9: Ablación temporada 1991-1992

	ABLACIÓN 1991-1992		ABLACIÓN Período 1 (cm)	ABLACIÓN Período 2 (cm)	ABLACIÓN Período 3 (cm)	ABLACIÓN TOTAL (cm)
	Nº BALIZA	SECTOR				
1	1	N	54	121	116	291
2	2	N	84	113	119	316
3	3	N	68	41	121	230
4	31	N	40	94	122	256
5	32	N	76	110	123	309
6	33	N	85	94	126	305
7	34	N	52	94	112	258
8	35	N	-24	74	135	185
9	4	N	41	43	138	222
10	5	N	67	91	135	293
11	6	N	75	98	116	289
12	61	N	84	92	144	320
13	62	N	38	52	139	229
14	63	N	78	111	122	311
15	64	N	61	97	120	278
16	65	N	66	101	150	317
17	7	N	67	121	139	327
18	8	N	52	117	161	330
19	9	N	53	59	132	244
20	91	S	41	40	143	224
21	92	N	8	118	122	248
22	93	N	59	75	138	272
23	10	N	74	52	130	256
24	101	N	71	97	171	339
25	102	N	79	11	155	245
26	11	S	92	122	159	373
27	12	S	96	138	160	394
28	121	S	-8	141	54	187
29	122	S	89	129	148	366
30	123	S	66	117	144	327
31	124	S	102	144	191	437
32	13	S	73	86	133	292
33	14	S	101	163	161	425
34	15	S	83	126	188	397
35	151	S	95	166	128	389
36	152	S	98	128	167	393
37	153	S	63	96	165	324
38	154	S	25	84	143	252
39	16	S	75	69	151	295
40	17	S	9	100	83	192
41	18	S	75	114	218	407
42	181	S	97	154	221	472
43	182	S	95	169	250	514
44	183	S	105	177	233	515
45	184	S	56	145	226	427
46	185	S	100	154	170	424
47	186	S	93	135	153	381
48	19	S	103	174	218	495
PROMEDIO			67.3	107.2	149.9	324.4
PROMEDIO N			59	87	133	278
PROMEDIO S			76	128	167	371
Ablación del 03-11-1991 al 24-03-1992 Densidad promedio (pozo)					324 cm 47.7 % 154.7 cm Eq agua	

4 Campañas a terreno

Período 1
03-11-1991 al 16-12-1991
Período 2
16-12-1991 al 24-01-1992
Período 3
24-01-1992 al 24-03-1992

nnn: valores rellenados con el promedio de la ablación del período.

x: sin datos

Sólo se rellenan los datos cuando falta un período.

Tabla A-10: Ablación temporada 1992-1993

	ABLACIÓN 1992-1993		ABLACIÓN Período 1 (cm)	ABLACIÓN Período 2 (cm)	ABLACIÓN Período 3 (cm)	ABLACIÓN TOTAL (cm)
	Nº BALIZA	SECTOR				
1	1	N	117	119	66	394
2	2	N	116	144	76	433
3	3	N	57	256	200	370
4	33	N	118	256	97	471
5	32	N	84	142	80	306
6	31	N	113	178	104	395
7	61	N	61	153	91	305
8	62	N	71	142	105	318
9	63	N	104	189	74	367
10	101	N	77	165	145	387
11	102	N	81	169	163	413
12	10	N	48	127	150	325
13	11	S	84	173	190	447
14	12	S	74	167	163	404
15	122	S	96	161	159	416
16	121	S	46	152	132	330
17	13	S	81	150	122	353
18	14	S	82	160	113	355
19	15	S	83	71	167	321
20	152	S	125	172	178	475
21	151	S	58	171	206	435
22	16	S	82	181	101	364
23	17	S	77	186	169	432
24	18	S	97	151	364.1	612
25	183	S	99	175	184	458
26	182	S	86	164	170	420
27	181	S	86	164	269	519
28	19	S	107	181	167	455
29	184	S	99	-20	205	284
30	185	S	93	161	189	443
31	186	S	102	184	176	462
32	154	S	132	190	129	451
33	153	S	105	175	128	408
34	123	S	43	253	116	412
35	124	S	89	265	126	480
36	91	S	38	156	116	310
37	92	N	76	119	142	337
38	9	N	63	130	216	409
39	93	N	31	283	226.8	540
40	8	N	90	142	222.7	455
41	7	N	55	135	221.9	412
42	6	N	69	132	210.8	412
43	64	N	52	197	243	492
44	65	N	58	198	129.6	386
45	5	N	53	268	114	435
46	4	N	65	254	101	420
47	34	N	78	132	55	265
48	35	N	7	146	112	265
PROMEDIO			79.3	79.3	153.9	402.3
PROMEDIO N			73	174	139	388
PROMEDIO S			86	164	168	419
Ablación del 21-10-1992 al 20-03-1993					402 cm	
Densidad promedio (pozo)					37.2 %	
					149.8 cm Eq agua	

4 Campañas a terreno

Período 1

21-10-1992

al

11-12-1992

Período 2

11-12-1992

al

13-02-1993

Período 3

13-02-1993

al

20-03-1993

nnn: valores rellenados con el promedio de la ablación del período.

x: sin datos

Sólo se rellenan los datos cuando falta un período.

Tabla A-11: Ablación temporada 1993-1994

ABLACIÓN 1993-1994		ABLACIÓN Período 1 (cm)	ABLACIÓN Período 2 (cm)	ABLACIÓN Período 3 (cm)	ABLACIÓN TOTAL (cm)
Nº BALIZA	SECTOR				
1	1	x	x	x	456
2	2	x	x	x	497
3	3	x	x	x	519
4	31	x	x	x	517
5	32	x	x	x	519
6	33	x	x	x	516
7	34	x	x	x	500
8	35	x	x	x	486
9	4	x	x	x	528
10	5	x	x	x	537
11	6	x	x	x	574
12	61	x	x	x	549
13	62	x	x	x	605
14	63	x	x	x	589
15	64	x	x	x	574
16	65	x	x	x	574
17	7	x	x	x	497
18	8	x	x	x	568
19	9	x	x	x	511
20	91	x	x	x	557
21	92	x	x	x	574
22	93	x	x	x	502
23	10	x	x	x	398
24	101	x	x	x	708
25	102	x	x	x	413
26	11	x	x	x	624
27	12	x	x	x	543
28	121	x	x	x	574
29	122	x	x	x	575
30	123	x	x	x	523
31	124	x	x	x	523
32	13	x	x	x	557
33	14	x	x	x	590
34	15	x	x	x	577
35	151	x	x	x	537
36	152	x	x	x	756
37	153	x	x	x	604
38	154	x	x	x	600
39	16	x	x	x	501
40	17	x	x	x	738
41	18	x	x	x	633
42	181	x	x	x	793
43	182	x	x	x	781
44	183	x	x	x	633
45	184	x	x	x	673
46	185	x	x	x	580
47	186	x	x	x	580
48	19	x	x	x	754
PROMEDIO		x	x	x	573.3
PROMEDIO N		x	x	x	x
PROMEDIO S		x	x	x	x
Ablación del 06-11-1993 al 14-04-1994				573 cm	
Densidad promedio (pozo)				45.2 %	
				258.8 cm Eq agua	

* Datos de ablación total balizas de "Balance de masa en el galciar echaurren norte 1993 a 1996 resultados preliminares" Escobar y Garin, 1997

Tabla A-12: Ablación temporada 1994-1995

	ABLACIÓN 1994-1995		ABLACIÓN Período 1 (cm)	ABLACIÓN Período 2 (cm)	ABLACIÓN Período 3 (cm)	ABLACIÓN TOTAL (cm)
	Nº BALIZA	SECTOR				
1	1		x	x	x	451
2	2		x	x	x	486
3	3		x	x	x	509
4	31		x	x	x	502
5	32		x	x	x	543
6	33		x	x	x	505
7	34		x	x	x	497
8	35		x	x	x	522
9	4		x	x	x	502
10	5		x	x	x	549
11	6		x	x	x	660
12	61		x	x	x	606
13	62		x	x	x	547
14	63		x	x	x	569
15	64		x	x	x	492
16	65		x	x	x	494
17	7		x	x	x	443
18	8		x	x	x	539
19	9		x	x	x	535
20	91		x	x	x	585
21	92		x	x	x	552
22	93		x	x	x	490
23	10		x	x	x	573
24	101		x	x	x	625
25	102		x	x	x	638
26	11		x	x	x	631
27	12		x	x	x	655
28	121		x	x	x	600
29	122		x	x	x	575
30	123		x	x	x	618
31	124		x	x	x	623
32	13		x	x	x	568
33	14		x	x	x	767
34	15		x	x	x	739
35	151		x	x	x	786
36	152		x	x	x	854
37	153		x	x	x	698
38	154		x	x	x	750
39	16		x	x	x	685
40	17		x	x	x	794
41	18		x	x	x	776
42	181		x	x	x	848
43	182		x	x	x	889
44	183		x	x	x	899
45	184		x	x	x	657
46	185		x	x	x	592
47	186		x	x	x	666
48	19		x	x	x	717
PROMEDIO			x	x	x	620.9
PROMEDIO N			x	x	x	x
PROMEDIO S			x	x	x	x
Ablación del 14-10-1994 al 04-04-1995					621 cm	
Densidad promedio (pozo)					41.9 %	
					259.9 cm Eq agua	

* Datos de ablación total balizas de "Balance de masa en el galciar echaurren norte 1993 a 1996 resultados preliminares" Escobar y Garin, 1997.

Tabla A-13: Ablación temporada 1995-1996

ABLACIÓN 1995-1996		ABLACIÓN Período 1 (cm)	ABLACIÓN Período 2 (cm)	ABLACIÓN Período 3 (cm)	ABLACIÓN TOTAL (cm)
Nº BALIZA	SECTOR				
1	1	x	x	x	423
2	2	x	x	x	447
3	3	x	x	x	383
4	31	x	x	x	495
5	32	x	x	x	498
6	33	x	x	x	457
7	34	x	x	x	510
8	35	x	x	x	534
9	4	x	x	x	428
10	5	x	x	x	470
11	6	x	x	x	472
12	61	x	x	x	523
13	62	x	x	x	454
14	63	x	x	x	482
15	64	x	x	x	453
16	65	x	x	x	458
17	7	x	x	x	488
18	8	x	x	x	483
19	9	x	x	x	429
20	91	x	x	x	394
21	92	x	x	x	392
22	93	x	x	x	374
23	10	x	x	x	522
24	101	x	x	x	528
25	102	x	x	x	516
26	11	x	x	x	519
27	12	x	x	x	519
28	121	x	x	x	535
29	122	x	x	x	558
30	123	x	x	x	550
31	124	x	x	x	516
32	13	x	x	x	569
33	14	x	x	x	636
34	15	x	x	x	629
35	151	x	x	x	555
36	152	x	x	x	590
37	153	x	x	x	573
38	154	x	x	x	631
39	16	x	x	x	602
40	17	x	x	x	522
41	18	x	x	x	521
42	181	x	x	x	565
43	182	x	x	x	567
44	183	x	x	x	589
45	184	x	x	x	578
46	185	x	x	x	466
47	186	x	x	x	550
48	19	x	x	x	554
PROMEDIO		x	x	x	510.6
PROMEDIO N		x	x	x	x
PROMEDIO S		x	x	x	x
Ablación del 15-10-1995 al 16-03-1996 Densidad promedio (pozo)				511 cm 39.9 % 203.7 cm Eq agua	

* Datos de ablación total balizas de "Balance de masa en el galciar echaurren norte 1993 a 1996 resultados preliminares" Escobar y Garin, 1997

SIN DATOS DE ABLACIÓN 1996-1997

Tabla A-14: Ablación temporada 1997-1998

	ABLACIÓN 1997-1998		ABLACIÓN Período 1 (cm)	ABLACIÓN Período 2 (cm)	ABLACIÓN TOTAL (cm)
	Nº BALIZA	SECTOR			
1	1	N	237	5	242
2	2	N	244	-13	231
3	3	N	232	5	237
4	31	N	315	-4	311
5	32	N	282	16	298
6	33	N	250	16	266
7	34	N	225	-8	217
8	35	N	261	17	278
9	4	N	244	22	266
10	5	N	248	10	258
11	6	N	246	26	272
12	61	N	317	24	341
13	62	N	275	11	286
14	63	N	264	26	290
15	64	N	244	48	292
16	65	N	234	31	265
17	7	N	221	19	240
18	8	N	261	30	291
19	9	N	266	28	294
20	91	S	318	41	359
21	92	N	285	33	318
22	93	N	251	28	279
23	10	N	260	30	290
24	101	N	335	70	405
25	102	N	260	49	309
26	11	S	306	49	355
27	12	S	319	39	358
28	121	S	318	77	395
29	122	S	322	60	382
30	123	S	319	-12	307
31	124	S	322	20	342
32	13	S	325	-15	310
33	14	S	316	47	363
34	15	S	312	59	371
35	151	S	319	70	389
36	152	S	322	63	385
37	153	S	302	89	391
38	154	S	300	56	356
39	16	S	323	64	387
40	17	S	x	x	x
41	18	S	322	116	438
42	181	S	312	121	433
43	182	S	324	167	491
44	183	S	333	120	453
45	184	S	320	97	417
46	185	S	315	0	315
47	186	S	325	37	362
48	19	S	332	56	388
PROMEDIO			289.0	41.3	330.3
PROMEDIO N			261	22	282
PROMEDIO S			319	62	380
Ablación del 26-11-1997 al 27-03-1998					330 cm
Densidad promedio (pozo)					48.6 %
					160.4 cm Eq agua

3 Campañas a terreno

Período 1
26-11-1997
al
04-02-1998

Período 2
04-02-1998
al
27-03-1998

nnn: valores rellenados con el promedio de la ablación del período.

x: sin datos

Sólo se rellenan los datos cuando falta un período.

Tabla A-15: Ablación temporada 1998-1999

ABLACIÓN 1998-1999		ABLACIÓN Período 1 (cm)	ABLACIÓN Período 2 (cm)	ABLACIÓN TOTAL (cm)	
Nº BALIZA	SECTOR				
1	1	N	152	246	398
2	2	N	147	253	400
3	3	N	157	270	427
4	31	N	145	253	398
5	32	N	137	261	398
6	33	N	140	253	393
7	34	N	158	263	421
8	35	N	173	224	397
9	4	N	157	212	369
10	5	N	158	269	427
11	6	N	158	239	397
12	61	N	212	253	465
13	62	N	x	298	298
14	63	N	x	x	x
15	64	N	x	x	x
16	65	N	189	216	405
17	7	N	142	265	407
18	8	N	148	257	405
19	9	N	x	x	x
20	91	S	202	296	498
21	92	N	x	x	x
22	93	N	158	257	415
23	10	N	158	270	428
24	101	N	x	x	x
25	102	N	x	x	x
26	11	S	255	296	551
27	12	S	x	x	x
28	121	S	x	x	x
29	122	S	x	x	x
30	123	S	242	329	571
31	124	S	242	307	549
32	13	S	242	283	525
33	14	S	x	x	x
34	15	S	242	265	507
35	151	S	263	296	559
36	152	S	x	x	x
37	153	S	x	x	x
38	154	S	x	x	x
39	16	S	246	296	542
40	17	S	x	x	x
41	18	S	x	x	x
42	181	S	x	x	x
43	182	S	x	x	x
44	183	S	x	x	x
45	184	S	x	x	x
46	185	S	x	x	x
47	186	S	x	x	x
48	19	S	x	x	x
PROMEDIO		184.9	266.4	444.2	
PROMEDIO N		158	253	403	
PROMEDIO S		242	296	538	
Ablación del al al 00-01-1900 Densidad promedio (pozo)				444 cm 33.9 % 150.4 cm Eq agua	

3 Campañas a terreno

Período 1
11-10-1998
al
30-11-1998

Período 2
30-11-1998
al
16-01-1999

nnn: valores rellenados con el promedio de la ablación del período.

x: sin datos

Sólo se rellenan los datos cuando falta un período.

SIN DATOS DE ABLACIÓN 1999-2000

Tabla A-16: Ablación temporada 2000-2001

	ABLACIÓN 2000-2001		ABLACIÓN Período 1 (cm)	ABLACIÓN Período 2 (cm)	ABLACIÓN Período 3 (cm)	ABLACIÓN TOTAL (cm)
	Nº BALIZA	SECTOR				
1	1	N	24	287	213	524
2	2	N	33	260	213	506
3	3	N	47	228	213	488
4	31	N	45	x	x	x
5	32	N	43	x	x	x
6	33	N	55	253	213	521
7	34	N	48	262	213	523
8	35	N	58	249	208	515
9	4	N	45	274	207	526
10	5	N	46	267	239	552
11	6	N	51	281	217	549
12	61	N	62	260	203	525
13	62	N	52	287	227	566
14	63	N	58	250	193	501
15	64	N	57	253	192	502
16	65	N	45	275	244	564
17	7	N	38	300	210	548
18	8	N	53	265	213	531
19	9	N	65	285	202	552
20	91	S	51	272	208	531
21	92	N	67	291	232	590
22	93	N	51	285	183	519
23	10	N	75	283	212	570
24	101	N	86	306	213	605
25	102	N	81	350	223	654
26	11	S	74	304	248	626
27	12	S	78	289	253	620
28	121	S	107	345	297	749
29	122	S	117	317	276	710
30	123	S	42	259	199	500
31	124	S	58	265	251	574
32	13	S	80	291	201	572
33	14	S	91	320	218	629
34	15	S	x	x	244	x
35	151	S	81	349	249	679
36	152	S	x	x	198	x
37	153	S	56	267	254	577
38	154	S	26	331	251	608
39	16	S	77	300	189	566
40	17	S	19	300	218	537
41	18	S	54	373	267	694
42	181	S	72	392	353	817
43	182	S	92	233	277	602
44	183	S	68	316	262	646
45	184	S	x	x	276	x
46	185	S	32	194	179	405
47	186	S	10	300	258	568
48	19	S	63	284	288	635
PROMEDIO			58.5	287.3	230.4	576.2

PROMEDIO N	54	275	213	542
PROMEDIO S	64	300	246	612

Ablación del 19-10-2000 al 12-04-2001	576 cm
Densidad promedio (pozo)	38.0 %
	219.0 cm Eq agua

4 Campañas a terreno

Período 1
19-10-2000 al 29-11-2000
Período 2
29-11-2000 al 25-01-2001
Período 3
25-01-2001 al 12-04-2001

nnn: valores rellenados con el promedio de la ablación del período.

x: sin datos

Sólo se rellenan los datos cuando falta un período.

Tabla A-17: Ablación temporada 2001-2002

ABLACIÓN 2001-2002		ABLACIÓN Período 1 (cm)	ABLACIÓN Período 2 (cm)	ABLACIÓN Período 3 (cm)	ABLACIÓN TOTAL (cm)	
Nº BALIZA	SECTOR					
1	1	N	97	242	104	443
2	2	N	80	239	160	479
3	3	N	85	229	140	454
4	31	N	114	259	137	510
5	32	N	92	x	x	x
6	33	N	113	244	167	524
7	34	N	102	267	157	526
8	35	N	98	226	157	481
9	4	N	91	252	166	509
10	5	N	88	268	160	516
11	6	N	73	260	190	523
12	61	N	113	289	172	574
13	62	N	78	233	160	471
14	63	N	77	222	140	439
15	64	N	66	250	152	468
16	65	N	65	228	132	425
17	7	N	90	253	163	506
18	8	N	96	255	150	501
19	9	N	99	260	138	497
20	91	S	85	274	181	540
21	92	N	101	270	x	371
22	93	N	77	270	160	507
23	10	N	84	263	131	478
24	101	N	128	286	161	575
25	102	N	94	268	152	514
26	11	S	105	274	214	593
27	12	S	141	348	160	649
28	121	S	75	x	x	x
29	122	S	143	290	160	593
30	123	S	132	290	129	551
31	124	S	136	265	116	517
32	13	S	140	290	175	605
33	14	S	113	285	162	560
34	15	S	122	281	129	532
35	151	S	133	278	155	566
36	152	S	138	287	157	582
37	153	S	124	289	167	580
38	154	S	128	313	191	632
39	16	S	141	293	141	575
40	17	S	129	x	x	x
41	18	S	129	350	160	639
42	181	S	126	345	160	631
43	182	S	136	x	x	x
44	183	S	125	332	160	617
45	184	S	133	321	160	614
46	185	S	120	329	160	609
47	186	S	110	317	160	587
48	19	S	130	x	x	x
PROMEDIO		108.2	276	155.9		536.3
PROMEDIO N		92	254	152		491
PROMEDIO S		125	303	160		589
Ablación del 08-11-2001 al 16-03-2002				536 cm		
Densidad promedio (pozo)				43.4 %		
				232.9 cm Eq agua		

4 Campañas a terreno

Período 1

08-11-2001

al

07-12-2001

Período 2

07-12-2001

al

31-01-2002

Período 3

31-01-2002

al

16-03-2002

nnn: valores rellenados con el promedio de la ablación del período.

x: sin datos

Sólo se rellenan los datos cuando falta un período.

Tabla A-18: Ablación temporada 2002-2003

ABLACIÓN 2002-2003			ABLACIÓN Período 1 (cm)	ABLACIÓN Período 2 (cm)	ABLACIÓN TOTAL (cm)
Nº BALIZA	SECTOR				
1	1	N	160	97	257
2	3	N	129	119	248
3	31	N	232	129	361
4	35	N	196	209	405
5	6	N	115	149	264
6	61	N	175	152	327
7	65	N	183	180	363
8	8	N	174	182	356
9	9	N	104	154	258
10	10	N	142	179	321
11	12	S	215	182	397
12	122	S	244	229	473
13	124	S	251	229	480
14	15	S	248	211	459
15	152	S	246	252	498
16	153	S	249	226	475
17	18	S	259	229	488
18	183	S	282	229	511
19	185	S	249	275	524
PROMEDIO			203	190	393

PROMEDIO N	161	155	316
PROMEDIO S	249	229	478

Ablación del 03-11-2002 al 04-04-2003	393 cm
Densidad promedio (pozo)	49.3 %
	193.6 cm Eq agua

3 Campañas a terreno

Período 1
03-11-2002 al 01-02-2003
Período 2
01-02-2003 al 04-04-2003

nnn: valores rellenados con el promedio de la ablación del período.
x: sin datos
Sólo se rellenan los datos cuando falta un período.

SIN DATOS DE ABLACIÓN 2003-2004

Tabla A-19: Ablación temporada 2004-2005

	ABLACIÓN 2004-2005		ABLACIÓN Período 1 (cm)	ABLACIÓN Período 2 (cm)	ABLACIÓN TOTAL (cm)
	Nº BALIZA	SECTOR			
1	1	N	257	79	336
2	2	N	232	88	320
3	3	N	x	x	x
4	31	N	289	106	395
5	32	N	x	x	x
6	33	N	309	106	415
7	34	N	238	106	344
8	35	N	227	106	333
9	4	N	215	106	321
10	5	N	x	x	x
11	6	N	204	120	324
12	61	N	317	112	429
13	62	N	267	125	392
14	63	N	207	106	313
15	64	N	x	x	x
16	65	N	238	106	344
17	7	N	278	89	367
18	8	N	287	98	385
19	9	N	269	106	375
20	91	S	x	x	x
21	92	N	x	x	x
22	93	N	x	x	x
23	10	N	282	89	371
24	101	N	x	x	x
25	102	N	x	x	x
26	11	S	301	106	407
27	12	S	289	93	382
28	121	S	283	111	394
29	122	S	324	12	336
30	123	S	243	165	408
31	124	S	x	x	x
32	13	S	308	83	391
33	14	S	268	140	408
34	15	S	x	x	0
35	151	S	185	148	333
36	152	S	269	106	375
37	153	S	x	x	x
38	154	S	x	x	x
39	16	S	315	144	459
40	17	S	334	106	440
41	18	S	x	x	x
42	181	S	x	x	x
43	182	S	309	106	415
44	183	S	x	x	x
45	184	S	145	106	251
46	185	S	157	106	263
47	186	S	x	x	x
48	19	S	x	x	x
PROMEDIO			262	106	355.7
PROMEDIO N			257	103	360
PROMEDIO S			266	109	351
Ablación del 07-11-2004 al 18-03-2005					356 cm
Densidad promedio (pozo)					39.6 %
					140.7 cm Eq agua

3 Campañas a terreno

Período 1
07-11-2004
al
28-01-2005

Período 2
28-01-2005
al
18-03-2005

nnn: valores rellenados con el promedio de la ablación del período.

x: sin datos

Sólo se rellenan los datos cuando falta un período.

Tabla A-20: Ablación temporada 2005-2006

ABLACIÓN 2005-2006		ABLACIÓN Período 1 (cm)	ABLACIÓN Período 2 (cm)	ABLACIÓN Período 3 (cm)	ABLACIÓN TOTAL (cm)	
Nº BALIZA	SECTOR					
1	1	N	118	183	102	403
2	2	N	101	193	130	424
3	3	N	122	203	165	490
4	31	N	124	237	139	500
5	32	N	106	234	198	538
6	33	N	116	193	142	451
7	34	N	110	197	158	465
8	35	N	100	x	x	
9	4	N	119	194	141	454
10	5	N	116	219	136	471
11	6	N	101	308	164	573
12	61	N	113	211	173	497
13	62	N	116	208	159	483
14	63	N	96	236	155	487
15	64	N	103	201	109	413
16	65	N	108	190	163	461
17	7	N	96	211	166	473
18	8	N	117	201	156	474
19	9	N	117	199	154	470
20	91	S	118	243	166	527
21	92	N	130	222	219	571
22	93	N	121	246	208	575
23	10	N	127	196	171	494
24	101	N	145	193	161	499
25	102	N	136	242	172	550
26	11	S	154	245	226	625
27	12	S	145	242	196	583
28	121	S	174	227	199	600
29	122	S	64	237	232	533
30	123	S	124	232	154	510
31	124	S	149	229	159	537
32	13	S	142	222	159	523
33	14	S	144	239	194	577
34	15	S	148	264	220	632
35	151	S	145	193	202	540
36	152	S	150	246	195	591
37	153	S	146	x	x	
38	154	S	153	262	217	632
39	16	S	x	x	x	
40	17	S	139	245	220	604
41	18	S	146	281	242	669
42	181	S	143	267	242	652
43	182	S	139	258	320	717
44	183	S	117	251	252	620
45	184	S	137	263	233	633
46	185	S	133	263	276	672
47	186	S	128	269	244	641
48	19	S	140	273	300	713
PROMEDIO			126.3	230.4	188.6	545.5
PROMEDIO N			115	214	158	488
PROMEDIO S			138	248	220	606
Ablación del 25-10-2005 al 02-03-2006					545 cm	
Densidad promedio (pozo)					46.4 %	
					252.9 cm Eq agua	

4 Campañas a terreno

Período 1
25-10-2005 al 15-12-2005
Período 2
15-12-2005 al 28-01-2006
Período 3
28-01-2006 al 02-03-2006

nnn: valores rellenados con el promedio de la ablación del período.

x: sin datos

Sólo se rellenan los datos cuando falta un período.

Tabla A-21: Ablación temporada 2006-2007

ABLACIÓN 2006-2007		ABLACIÓN Período 1 (cm)	ABLACIÓN Período 2 (cm)	ABLACIÓN Período 3 (cm)	ABLACIÓN TOTAL (cm)	
Nº BALIZA	SECTOR					
1	1	N	201	183	106	490
2	2	N	201	170	79	450
3	21	N	218	195	106	519
4	22	N	175	198	95	468
5	3	N	184	291	101	576
6	4	N	194	157	115	466
7	41	N	219	165	95	479
8	42	N	190	164	87	441
9	5	N	211	160	93	464
10	6	N	225	191	68	484
11	7	N	205	176	77	458
12	71	N	221	180	63	464
13	8	N	218	202	76	496
14	9	N	276	193	127	596
15	10	N	282	194	106	582
16	101	N	304	185	124	613
17	102	N	260	188	96	544
18	11	S	283	179	109	571
19	12	S	286	193	107	586
20	13	S	311	220	154	685
21	131	S	311	198	121	630
22	132	S	293	187	146	626
23	14	S	296	185	114	595
24	15	S	296	202	137	635
25	16	S	287	221	203	711
26	161	S	288	297	237	822
27	162	S	302	220	215	737
28	163	S	305	199	214	718
PROMEDIO			251.5	196.2	120.4	568.1

PROMEDIO N	223	188	95	505
PROMEDIO S	296	209	160	665

Ablación del 15-10-2006 al 31-03-2007	568 cm
Densidad promedio (pozo)	43.2 %
	245.6 cm Eq agua

4 Campañas a terreno

Período 1

15-10-2006
al
18-12-2006

Período 2

18-12-2006
al
21-01-2007

Período 3

21-01-2007
al
31-03-2007

nnn: valores rellenados
con el promedio de la
ablación del período.

x: sin datos

Sólo se rellenan los
datos cuando falta
un período.

Tabla A-22: Ablación temporada 2007-2008

ABLACIÓN 2007-2008			ABLACIÓN Período 1 (cm)	ABLACIÓN Período 2 (cm)	ABLACIÓN TOTAL (cm)
Nº BALIZA	SECTOR				
1	1	N	259	114	373
2	2	N	259	117	376
3	21	N	x	x	x
4	22	N	x	x	x
5	3	N	259	146	405
6	4	N	259	184	443
7	41	N	x	x	x
8	42	N	259	146	405
9	5	N	x	x	x
10	6	N	x	x	x
11	7	N	259	150	409
12	71	N	x	x	x
13	8	N	x	x	x
14	9	N	x	x	x
15	10	N	x	x	x
16	101	N	x	x	x
17	102	N	x	x	x
18	11	S	x	x	x
19	12	S	x	x	x
20	13	S	x	x	x
21	131	S	x	x	x
22	132	S	x	x	x
23	14	S	x	x	x
24	15	S	x	x	x
25	16	S	x	x	x
26	161	S	x	x	x
27	162	S	x	x	x
28	163	S	x	x	x
PROMEDIO			259.0	142.8	401.8
PROMEDIO N			259	143	402
PROMEDIO S			x	x	x

Ablación del 10-11-2007 al 16-03-2008	402 cm
Densidad promedio (pozo)	44.5 %
	178.8 cm Eq agua

3 Campañas a terreno

Período 1
10-11-2007 al 17-01-2008
Período 2
17-01-2008 al 16-03-2008

nnn: valores rellenados con el promedio de la ablación del período.

x: sin datos

Sólo se rellenan los datos cuando falta un período.

Tabla A-23: Ablación temporada 2008-2009

ABLACIÓN 2008-2009			ABLACIÓN Período 1 (cm)	ABLACIÓN Período 2 (cm)	ABLACIÓN Período 3 (cm)	ABLACIÓN TOTAL (cm)
Nº BALIZA	SECTOR					
1	1	N	200	279	127	606
2	2	N	180	241	158	579
3	21	N	x	344	x	x
4	22	N	173	285	133	591
5	3	N	204	282	151	637
6	4	N	214	303	178	695
7	41	N	220	319	165	704
8	42	N	x	248	x	x
9	5	N	204	280	153	637
10	6	N	170	x	x	x
11	7	N	220	305	151	676
12	71	N	215	x	x	x
13	8	N	240	288	143	671
14	9	N	233	x	x	x
15	10	N	278	x	x	x
16	101	N	x	x	x	x
17	102	N	x	x	x	x
18	11	S	263	326	x	x
19	12	S	x	x	x	x
20	13	S	242	333	x	x
21	131	S	268	364	x	x
22	132	S	237	x	x	x
23	14	S	257	x	x	x
24	15	S	246	x	x	x
25	16	S	244	x	x	x
26	161	S	262	x	x	x
27	162	S	166	x	x	x
28	163	S	254	x	x	x
PROMEDIO			225.7	299.8	150.9	643.9
PROMEDIO N			212	289	151	644
PROMEDIO S			244	341	x	x
Ablación del 20-10-2008 al 03-04-2009					644 cm	
Densidad promedio (pozo)					45.6 %	
					293.4 cm Eq agua	

4 Campañas a terreno

Período 1

20-10-2008

al

12-12-2008

Período 2

12-12-2008

al

08-02-2009

Período 3

08-02-2009

al

03-04-2009

nnn: valores rellenados con el promedio de la ablación del período.

x: sin datos

Sólo se rellenan los datos cuando falta un período.

Tabla A-24: Ablación temporada 2009-2010

ABLACIÓN 2009-2010			ABLACIÓN Período 1 (cm)	ABLACIÓN Período 2 (cm)	ABLACIÓN Período 3 (cm)	ABLACIÓN TOTAL (cm)
Nº BALIZA	SECTOR					
1	1	N	250	203	131	584
2	2	N	250	265	129	644
3	3	N	291	266	214	771
4	4	N	259	280	99	638
5	5	N	335	116	116	567
6	6	N	282	248	95	625
7	7	S	292	212	120	624
8	8	S	312	366	102	780
9	9	S	330	255	114	699
10	10	S	365	244	169	778
11	11	S	341	262	162	765
12	12	S	380	282	159	821
13	13	S	338	264	158	760
14	14	S	324	260	146	730
15	15	S	292	271	115	678
16	16	S	338	274	138	750
17	17	S	275	272	160	707
18	18	S	356	291	208	855
PROMEDIO			311.7	257.3	140.8	709.8
PROMEDIO N			278	230	131	638
PROMEDIO S			329	271	146	746
Ablación del 16-10-2009 al 16-04-2010					710 cm	
Densidad promedio (pozo)					36.7 %	
					260.3 cm Eq agua	

4 Campañas a terreno

Período 1
16-10-2009 al 07-01-2010
Período 2
07-01-2010 al 25-02-2010
Período 3
25-02-2010 al 16-04-2010

nnn: valores rellenados con el promedio de la ablación del período.
x: sin datos
Sólo se rellenan los datos cuando falta un período.

Tabla A-25: Ablación temporada 2010-2011

ABLACIÓN 2010-2011			ABLACIÓN Período 1 (cm)	ABLACIÓN Período 2 (cm)	ABLACIÓN TOTAL (cm)
Nº BALIZA	SECTOR				
1	1	N	357	12	369
2	2	N	407	36	443
3	3	N	587	40	627
4	4	N	343	30	373
5	5	N	273	21	294
6	6	N	x	x	x
7	7	S	x	x	x
8	8	S	522	25	547
9	9	S	489	33	522
10	10	S	550	32	582
11	11	S	726	78	804
12	12	S	x	x	x
13	13	S	x	x	x
14	14	S	x	x	x
15	15	S	x	x	x
16	16	S	x	x	x
17	17	S	x	x	x
18	18	S	x	x	x
PROMEDIO			472.7	34.1	506.8
PROMEDIO N			393	28	421
PROMEDIO S			572	42	614
Ablación del 08-10-2010 al 28-04-2011					507 cm
Densidad promedio (pozo)					40.2 %
					203.8 cm Eq agua

3 Campañas a terreno

Período 1
08-10-2010
al
16-03-2011

Período 2
16-03-2011
al
28-04-2011

nnn: valores rellenados con el promedio de la ablación del período.

x: sin datos

Sólo se rellenan los datos cuando falta un período.

Tabla A-26: Ablación temporada 2011-2012

ABLACIÓN 2011-2012			ABLACIÓN Período 1 (cm)	ABLACIÓN Período 2 (cm)	ABLACIÓN TOTAL (cm)
Nº BALIZA	SECTOR				
1	1	N	x	x	x
2	2	N	x	x	x
3	3	N	493	164	657
4	4	N	454	157	611
5	5	N	x	x	x
6	6	N	480	177	657
7	7	S	x	x	x
8	8	S	x	x	x
9	9	S	517	165	682
10	10	S	522	176	698
11	11	S	557	210	767
12	12	S	x	x	x
13	13	S	550	189	739
14	14	S	469	189	658
15	15	S	550	161	711
16	16	S	549	235	784
17	17	S	x	x	x
18	18	S	x	x	x
PROMEDIO			514	182	696
PROMEDIO N			476	166	642
PROMEDIO S			531	189	720

Ablación del 18-10-2011 al 22-04-2012	696 cm
Densidad promedio (pozo)	35.8 %
	249.6 cm Eq agua

3 Campañas a terreno

Período 1
18-10-2011 al 01-02-2012
Período 2
01-02-2012 al 22-04-2012

nnn: valores rellenados con el promedio de la ablación del período.
x: sin datos
Sólo se rellenan los datos cuando falta un período.

Tabla A-27: Ablación temporada 2012-2013

ABLACIÓN 2012-2013			ABLACIÓN Período 1 (cm)	ABLACIÓN TOTAL (cm)
Nº BALIZA	SECTOR			
1	1	N	415	415
2	2	N	x	x
3	3	N	x	x
4	4	N	442	442
5	5	N	375	375
6	6	N	505	505
7	7	S	x	x
8	8	S	613	613
9	9	S	517	517
10	10	S	547	547
11	11	S	547	547
12	12	S	620	620
13	13	S	675	675
14	14	S	630	630
15	15	S	653	653
16	16	S	524	524
17	17	S	597	597
18	18	S	765	765
PROMEDIO			561.7	561.7

PROMEDIO N	434	434
PROMEDIO S	608	608

Ablación del 25-09-2012 al 07-04-2013 Densidad promedio (pozo)	562 cm
	39.3 %
	220.6 cm Eq agua

2 Campañas a terreno

Período 1
25-09-2012
al
07-04-2013

nnn: valores rellenados con el promedio de la ablación del período.

x: sin datos

Sólo se rellenan los datos cuando falta un período.

Tabla A-28: Ablación temporada 2013-2014

ABLACIÓN 2013-2014			ABLACIÓN Período 1 (cm)	ABLACIÓN TOTAL (cm)
Nº BALIZA	SECTOR			
1	1	N	410	410
2	2	N	525	525
3	3	N	487	487
4	4	N	420	420
5	5	N	360	360
6	6	N	493	493
7	7	S	582	582
8	8	S	594	594
9	9	S	497	497
10	10	S	507	507
11	11	S	639	639
12	12	S	639	639
13	13	S	570	570
14	14	S	646	646
15	15	S	618	618
16	16	S	556	556
17	17	S	621	621
18	18	S	638	638
PROMEDIO			544.6	544.6

PROMEDIO N	449	449
PROMEDIO S	592	592

Ablación del 25-09-2013 al 16-01-2014	545 cm
Densidad promedio (pozo)	35.6 %
	193.9 cm Eq agua

2 Campañas a terreno

Período 1
25-09-2013
al
16-01-2014

nnn: valores rellenados con el promedio de la ablación del período.

x: sin datos

Sólo se rellenan los datos cuando falta un período.

Tabla A-29: Ablación temporada 2014-2015

ABLACIÓN 2014-2015		ABLACIÓN Período 1 (cm)	ABLACIÓN Período 2 (cm)	ABLACIÓN TOTAL (cm)	
Nº BALIZA	SECTOR				
1	1	N	402	187	589
2	3	N	550	210	760
3	4	N	389	179	568
4	6	N	480	200	680
5	7	S	474	209	683
6	8	S	483	169	652
7	9	S	494	203	697
8	11	S	536	183	719
9	12	S	599	213	812
10	13	S	692	180	872
11	14	S	654	152	806
12	15	S	610	221	831
13	16	S	549	176	725
PROMEDIO		531.7	190.9	722.6	
PROMEDIO N		455	194	649	
PROMEDIO S		566	190	755	
Ablación del 01-10-2014 al 31-03-2015				723 cm	
Densidad promedio (pozo)				36.3 %	
				262.4 cm Eq agua	

3 Campañas a terreno

Período 1
01-10-2014 al 28-01-2015
Período 2
28-01-2015 al 31-03-2015

nnn: valores rellenados con el promedio de la ablación del período.
x: sin datos
Sólo se rellenan los datos cuando falta un período.

Tabla A-30: Ablación temporada 2015-2016

ABLACIÓN 2015-2016		ABLACIÓN Período 1 (cm)	ABLACIÓN Período 2 (cm)	ABLACIÓN TOTAL (cm)	
Nº BALIZA	SECTOR				
1	1	N	370	118	488
2	4	N	353	214	567
3	3	N	450	176	626
4	6	N	640	284	924
5	7	S	518	159	677
6	8	S	516	164	680
7	9	S	295	136	431
8	12	S	516	345	861
9	11	S	464	172	636
10	15	S	488	203	691
11	16	S	451	163	614
PROMEDIO		460.1	194.0	654.1	
PROMEDIO N		453	198	651	
PROMEDIO S		464	192	656	
Ablación del 01-10-2015 al 22-03-2016				654 cm	
Densidad promedio (pozo)				35.1 %	
				229.8 cm Eq agua	

3 Campañas a terreno

Período 1
01-10-2015 al 10-02-2016
Período 2
10-02-2016 al 22-03-2016

Anexo B: Acumulación y densidad pozos estratigráficos (1982-2016)

Tabla B-1: Acumulación temporada 1982-1983

Glaciar: Echaurren Norte	Operador(es):								
	Año hidrológico:		1982-1983						
	Fecha y hora de inicio:		13-11-1982						
	Fecha y hora de término:		14-11-1982						
	Volumen muestreador:		cm ³						
N° Muestra	Profundidad de medición (cm)	Peso			Densidad		Temperatura (°C)		Observaciones:
		Tara (g)	Bruto (g)	Neto (g)	(g/cm ³)	(%)	T ₁	T ₂	
1	0								
2	20				0.320	32.0			
3	40				0.360	36.0			
4	60				0.330	33.0			
5	80				0.322	32.2			
6	100				0.340	34.0			
7	120				0.360	36.0			
8	140				0.410	41.0			
9	160				0.390	39.0			
10	180				0.420	42.0			
11	200				0.390	39.0			
12	220				0.410	41.0			
13	240				0.400	40.0			
14	260				0.430	43.0			
15	280				0.432	43.2			
16	300				0.446	44.6			
17	320				0.432	43.2			
18	340				0.424	42.4			
19	360				0.436	43.6			
20	380				0.440	44.0			
21	400				0.436	43.6			
22	420				0.450	45.0			
23	440				0.436	43.6			
24	460				0.472	47.2			
25	480				0.476	47.6			
26	500				0.452	45.2			
27	520				0.464	46.4			
28	540				0.460	46.0			
29	560				0.474	47.4			
30	580				0.458	45.8			
31	600				0.466	46.6			
32	620				0.470	47.0			
33	640				0.490	49.0			
34	660				0.484	48.4			
35	680				0.494	49.4			
36	700				0.482	48.2			
37	720				0.496	49.6			
38	740				0.496	49.6			
39	760				0.504	50.4			
40	780				0.480	48			
41	800				0.506	50.6			
42	840				0.657	65.7			
43	970				0.633	63.3			
44	1030				0.649	64.9			
45	1080				0.630	63			
Observaciones:									

Tabla B-2: Acumulación temporada 1983-1984

N° Muestra	Profundidad de medición (cm)	Peso		Densidad		Temperatura (°C)		Observaciones:
		Tara (g)	Bruto (g)	Neto (g)	(g/cm³)	(%)	T ₁	
1	0							
2	20				0.328	32.8		
3	40				0.356	35.6		
4	60				0.338	33.8		
5	80				0.396	39.6		
6	100				0.384	38.4		
7	120				0.385	38.5		
8	140				0.385	38.5		
9	160				0.396	39.6		
10	180				0.420	42.0		
11	200				0.432	43.2		
12	220				0.428	42.8		
13	240				0.430	43.0		
14	260				0.457	45.7		
15	280				0.476	47.6		
16	300				0.496	49.6		
17	320				0.492	49.2		
18	340				0.480	48.0		
19	360				0.420	42.0		
20	370				0.520	52.0		
Observaciones:								

Tabla B-3: Acumulación temporada 1984-1985

Glaciar: Echaurren Norte	Operador(es):								
	Año hidrológico: 1984-1985								
	Fecha y hora de inicio: 13-10-1984								
	Fecha y hora de término:								
Volumen muestreador: cm ³									
N° Muestra	Profundidad de medición (cm)	Peso			Densidad		Temperatura (°C)		Observaciones:
		Tara (g)	Bruto (g)	Neto (g)	(g/cm ³)	(%)	T ₁	T ₂	
1	0								
2	20				0.244	24.4			
3	40				0.252	25.2			
4	60				0.256	25.6			
5	80				0.290	29.0			
6	100				0.322	32.2			
7	120				0.326	32.6			
8	140				0.314	31.4			
9	160				0.536	53.6			
10	180				0.372	37.2			
11	200				0.362	36.2			
12	220				0.390	39.0			
13	240				0.422	42.2			
14	260				0.402	40.2			
15	280				0.412	41.2			
16	300				0.412	41.2			
17	320				0.412	41.2			
18	340				0.422	42.2			
19	360				0.434	43.4			
20	380				0.452	45.2			
21	400				0.478	47.8			
22	420				0.482	48.2			
23	440				0.502	50.2			
24	460				0.504	50.4			
25	480				0.504	50.4			
26	500				0.514	51.4			
Observaciones:									

Tabla B-4: Acumulación temporada 1985-1986

Glaciar: Echaurren Norte	Operador(es):								
	Año hidrológico: 1985-1986								
	Fecha y hora de inicio: 22-10-1985								
	Fecha y hora de término:								
Volumen muestreador: cm³									
N° Muestra	Profundidad de medición (cm)	Peso			Densidad		Temperatura (°C)		Observaciones:
		Tara (g)	Bruto (g)	Neto (g)	(g/cm³)	(%)	T ₁	T ₂	
1	0								
2	20				0.236	23.6			
3	40				0.244	24.4			
4	60				0.250	25.0			
5	80				0.304	30.4			
6	100				0.238	23.8			
7	120				0.288	28.8			
8	140				0.330	33.0			
9	160				0.374	37.4			
10	180				0.348	34.8			
11	200				0.384	38.4			
12	220				0.402	40.2			
13	240				0.400	40.0			
14	260				0.440	44.0			
15	280				0.424	42.4			
16	300				0.460	46.0			
17	320				0.440	44.0			
18	340				0.424	42.4			
19	360				0.448	44.8			
20	380				0.436	43.6			
21	400				0.448	44.8			
22	420				0.368	36.8			
Observaciones:									

Tabla B-5: Acumulación temporada 1986-1987

N° Muestra	Profundidad de medición (cm)	Peso			Densidad		Temperatura (°C)		Observaciones:
		Tara (g)	Bruto (g)	Neto (g)	(g/cm³)	(%)	T ₁	T ₂	
1	0								
2	20				0.394	39.4			
3	40				0.380	38.0			
4	60				0.340	34.0			
5	80				0.370	37.0			
6	100				0.354	35.4			
7	120				0.390	39.0			
8	140				0.398	39.8			
9	180				0.460	46.0			
10	200				0.344	34.4			
11	220				0.430	43.0			
12	240				0.440	44.0			
13	260				0.450	45.0			
14	280				0.460	46.0			
15	300				0.446	44.6			
16	320				0.462	46.2			
17	340				0.502	50.2			
18	360				0.446	44.6			
19	380				0.488	48.8			
20	400				0.490	49.0			
21	420				0.490	49.0			
22	440				0.510	51.0			
23	460				0.500	50.0			
24	480				0.520	52.0			
25	500				0.522	52.2			
26	520				0.534	53.4			
27	540				0.524	52.4			
28	560				0.508	50.8			
29	580				0.510	51.0			
Observaciones:									

Tabla B-6: Acumulación temporada 1987-1988

N° Muestra	Profundidad de medición (cm)	Peso			Densidad		Temperatura (°C)		Observaciones:
		Tara (g)	Bruto (g)	Neto (g)	(g/cm³)	(%)	T ₁	T ₂	
Operador(es): A. Vergara, P. Aguilera, J. Quinteros, R Anabalón Año hidrológico: 1987-1988 Fecha y hora de inicio: 13-11-1987 14:20:00 Fecha y hora de término: 15-11-1987 20:45:00 Volumen muestreador: 500 cm³									
1	0						-2.0	-2.0	
2	20	524	685	161	0.322	32.2	-2.1	-2.0	
3	40	524	725	201	0.402	40.2	-2.2	-1.9	lente 7 mm.
4	60	524	760	236	0.472	47.2	-2.1	-2	lentes finos en 10 cm.
5	80	524	730	206	0.412	41.2	-2.2	-2.3	lente de 1 cm.
6	100	524	720	196	0.392	39.2	-3.5	-3.5	
7	120	524	717	193	0.386	38.6	-5.5	-5.2	
8	140	524	724	200	0.400	40.0	-6.4	-6.2	
9	160	522	731	209	0.418	41.8	-7.3	-6.1	
10	180	523	730	207	0.414	41.4	-8.2	-7.3	lente de 1 cm.
11	200	524	736	212	0.424	42.4	-8.5	-7.9	
12	220	523	746	223	0.446	44.6	-9.0	-9.1	
13	240	523	745	222	0.444	44.4	-9.1	-8.5	lente de 1 cm.
14	260	523	743	220	0.440	44.0	-9.2	-8.5	
15	280	522	742	220	0.440	44.0	-8.9	-8.2	
16	300	524	743	219	0.438	43.8	-9.9	-8.0	
17	320	524	750	226	0.452	45.2	-2.00	-5.0	Inicio de mediciones día 14 (pozo sección abierto día anterior).
18	340	523	755	232	0.464	46.4	-6.0	-6.0	lente de 3 cm.
19	360	522	749	227	0.454	45.4	-6.4	-6.1	
20	380	521	754	233	0.466	46.6	-6.9	-6.5	
21	400	522	760	238	0.476	47.6	-6.9	-7.0	
22	420	523	758	235	0.470	47.0	-7.2	-6.5	
23	440	523	760	237	0.474	47.4	-7.5	-6.5	
24	460	524	765	241	0.482	48.2	-5.4	-6.2	
25	480	524	779	255	0.510	51.0	-7.3	-7.4	
26	500	524	768	244	0.488	48.8	-7.7	-7.4	
27	520	521	772	251	0.502	50.2	-2.4	-2.0	Inicio de mediciones (pozo sección abierto día anterior)
28	540	520	768	248	0.496	49.6	-5.4	-5.3	
29	560	521	768	247	0.494	49.4	-5.8	-4.0	
30	580	520	769	249	0.498	49.8	-5.7	-4.5	
31	600	520	768	248	0.496	49.6	-5.5	-3.5	
32	620	521	776	255	0.510	51.0	-0.5	-4.5	
33	640	521	771	250	0.500	50.0	-4.0	-2.5	
34	660	522	768	246	0.492	49.2	-6.0	-5.5	
35	680	522	764	242	0.484	48.4	-5.4	-5.2	
36	700	524	786	262	0.524	52.4	-2.3	-3.9	inicio de mediciones día 16 (pozo sección abierta día anterior).
37	720	523	785	262	0.524	52.4	-2.0	-2.0	
38	740	523	780	257	0.514	51.4	-3.4	-3.3	
39	760	523	776	253	0.506	50.6	-3.3	-4.3	
40	780	523	801	278	0.556	55.6	-2.1	-2.0	lente 4 cm cambio de nieve
41	800	524	812	288	0.576	57.6	-2.1	-2.1	
42	820	525	811	286	0.572	57.2	-2.0	-3.0	
43	840	523	793	270	0.540	54.0	-4.0	-3.3	
44	860	521	789	268	0.536	53.6	-3.0	-2.0	lente 1,5 cm a 853 cm neviza con hielo
45	880	520	814	294	0.588	58.8	-2.1	-2.0	zona contacto nieve temporada pasada ?
46	900	Contacto hielo					-2.5	-2.0	detrito, capa nieve oscura, manchas color ocre
Observaciones: Observación efectuada en lugar tradicional cerca baliza N°5.									

Tabla B-7: Acumulación temporada 1988-1989

N° Muestra	Profundidad de medición (cm)	Peso			Densidad		Temperatura (°C)		Observaciones:
		Tara (g)	Bruto (g)	Neto (g)	(g/cm³)	(%)	T ₁	T ₂	
1	0						4	3.6	
2	20	522	705	183	0.366	36.6	9.4	9.8	
3	40	520	690	170	0.340	34.0	8.8	8.2	
4	60	524	700	176	0.352	35.2	8.8	8	
5	80	524	708	184	0.368	36.8	8.8	8.2	
6	100	524	710	186	0.372	37.2	9	8.5	
7	120	523	718	195	0.390	39.0	9	8.6	
8	140	524	724	200	0.400	40.0	9	8.4	
9	160	524	738	214	0.428	42.8	9	8.8	
10	180	524	740	216	0.432	43.2	9.0	8.8	
11	200	524	730	206	0.412	41.2	9	8.8	
12	220	525	740	215	0.430	43.0	9	8.5	
13	240	524	745	221	0.442	44.2	8.9	8.5	
14	260	525	735	210	0.420	42.0	9.5	8.2	
15	280	524	742	218	0.436	43.6	8.5	7.1	
16	300	524	740	216	0.432	43.2	8	7.8	
17	320	524	756	232	0.464	46.4	8	7.8	
18	340	525	742	217	0.434	43.4	7.8	7.5	
19	360	524	716	192	0.384	38.4	7.8	7.3	
20	380	525	725	200	0.400	40.0	7.8	7.3	
Observaciones:									

Tabla B-8: Acumulación temporada 1989-1910

N° Muestra	Profundidad de medición (cm)	Peso			Densidad		Temperatura (°C)		Observaciones:
		Tara (g)	Bruto (g)	Neto (g)	(g/cm³)	(%)	T ₁	T ₂	
		Operador(es): A. Vergara, A. Peralta, J. Quinteros							
Glaciar: Echaurren Norte									
Año hidrológico: 1989-1990									
Fecha y hora de inicio: 13-11-1989 12:30:00									
Fecha y hora de término: 13-11-1989 16:00:00									
Volumen muestreador: 500 cm³									
1	0						-2	-2	En superficie nieve falsa, nieve en fusión
2	20	527	736	209	0.418	41.8	-2.1	-2.2	
3	40						-2.1	-2.2	
4	60	525	784	259	0.518	51.8	-2.3	2.4	lente a 33 cm. De 2 cm esp. No se muestreó
5	80	524	756	232	0.464	46.4	-2.2	2.5	lente a 44 cm. De 2 cm. Esp.
6	100	524	758	234	0.468	46.8	-2.3	-2.5	
7	120	526	766	240	0.480	48.0	-2	-2.3	
8	140	525	757	232	0.464	46.4	-2.0	-2.3	
9	160	525	766	241	0.482	48.2	-2.2	-2.3	
10	180	525	751	226	0.452	45.2	-2	2.2	
11	200	525	770	245	0.490	49.0	-2.0	-2.3	
12	220	524	784	260	0.520	52.0	-2.2	-2.4	
13	240	524	784	260	0.520	52.0	-2.2	-2.4	
14	260	524	758	234	0.468	46.8	-2.1	-2.2	lente de hielo a 2.45 mts. de 3 cm. De esp. Nieve en adelante poco compacta (suelta)
15	280	524	737	213	0.426	42.6	-2.1	-2.5	
16	300	524	696	172	0.344	34.4	-2.3	-2.6	se toca base hielo que afloró verano anterior, penitente escaso detrito.
Temperatura en contacto con hielo							-2.4	-2.5	
Observaciones: Nieve muy poco compacta, suelta en superficie debido al alto grado de presión. Superficie muy alterada con ramificaciones y principio de micropenitente.									

Tabla B-9: Acumulación temporada 1990-1991

N° Muestra	Profundidad de medición (cm)	Peso			Densidad		Temperatura (°C)		Observaciones:
		Tara (g)	Bruto (g)	Neto (g)	(g/cm³)	(%)	T ₁	T ₂	
		Operador(es):							
Glaciar: Echaurren Norte									
Año hidrológico: 1990-1991									
Fecha y hora de inicio:									
Fecha y hora de término:									
Volumen muestreador: cm³									
1	0								
2	20				0.590	59.0			
3	60				0.525	52.5			
4	80				0.645	64.5			
5	100				0.552	55.2			
6	120				0.518	51.8			
7	140				0.555	55.5			
8	160				0.550	55.0			
9	180				0.538	53.8			
10	200				0.522	52.2			
11	220				0.622	62.2			
12	240				0.552	55.2			
13	260				0.512	51.2			
14	280				0.498	49.8			
15	300				0.512	51.2			
Observaciones:									

Tabla B-10: Acumulación temporada 1991-1992

N° Muestra	Profundidad de medición (cm)	Peso			Densidad		Temperatura (°C)		Observaciones:
		Tara (g)	Bruto (g)	Neto (g)	(g/cm³)	(%)	T ₁	T ₂	
1	0								
2	20				0.388	38.8			
3	40				0.434	43.4			
4	60				0.500	50.0			
5	80				0.474	47.4			
6	100				0.502	50.2			
7	120				0.452	45.2			
8	140				0.428	42.8			
9	160				0.408	40.8			
10	180				0.434	43.4			
11	200				0.434	43.4			
12	220				0.428	42.8			
13	240				0.448	44.8			
14	260				0.448	44.8			
15	280				0.478	47.8			
16	300				0.458	45.8			
17	320				0.450	45.0			
18	340				0.474	47.4			
19	360				0.502	50.2			
20	380				0.504	50.4			
21	400				0.520	52.0			
22	420				0.502	50.2			
23	440				0.522	52.2			
24	460				0.496	49.6			
25	480				0.520	52.0			
26	500				0.508	50.8			
27	520				0.524	52.4			
28	540				0.518	51.8			
29	560				0.542	54.2			
30	580				0.482	48.2			
31	600				0.484	48.4			
32	620				0.520	52.0			
Observaciones:									

Tabla B-11: Acumulación temporada 1992-1993

N° Muestra	Profundidad de medición (cm)	Peso		Densidad		Temperatura (°C)		Observaciones:			
		Tara (g)	Bruto (g)	Neto (g)	(g/cm³)	(%)	T ₁		T ₂		
		1	0								
		2	10				0.195		19.5		
3	20				0.150	15.0					
4	30				0.175	17.5					
5	40				0.230	23.0					
6	50				0.290	29.0					
7	60				0.305	30.5					
8	70				0.305	30.5					
9	80				0.290	29.0					
10	90				0.300	30.0					
11	100				0.350	35.0					
12	110				0.315	31.5					
13	120				0.315	31.5					
14	130				0.320	32.0					
15	140				0.370	37.0					
16	150				0.380	38.0					
17	160				0.375	37.5					
18	170				0.365	36.5					
19	180				0.400	40.0					
20	190				0.415	41.5					
21	200				0.430	43.0					
22	210				0.400	40.0					
23	220				0.425	42.5					
24	230				0.430	43.0					
25	240				0.440	44.0					
26	250				0.410	41.0					
27	260				0.430	43.0					
28	270				0.430	43.0					
29	280				0.450	45.0					
30	290				0.450	45.0					
31	300				0.410	41.0					
32	310				0.395	39.5					
33	320				0.380	38.0					
34	330				0.400	40.0					
35	340				0.405	40.5					
36	350				0.390	39.0					
37	360				0.360	36.0					
38	370				0.370	37.0					
39	380				0.395	39.5					
40	390				0.370	37.0					
41	400				0.465	46.5					
42	410				0.470	47.0					
43	420				0.480	48.0					
44	430				0.480	48.0					
45	440				0.430	43.0					
46	450				0.415	41.5					
47	460										
48	470										
Observaciones:											

Tabla B-12: Acumulación temporada 1993-1994

N° Muestra	Profundidad de medición (cm)	Peso		Densidad		Temperatura (°C)		Observaciones:
		Tara (g)	Bruto (g)	Neto (g)	(g/cm³)	(%)	T ₁	
1	0							
2	20				0.366	36.6		
3	40				0.374	37.4		
4	60				0.382	38.2		
5	80				0.392	39.2		
6	100				0.402	40.2		
7	120				0.416	41.6		
8	140				0.432	43.2		
9	160				0.440	44.0		
10	180				0.460	46.0		
11	200				0.468	46.8		
12	220				0.468	46.8		
13	240				0.480	48.0		
14	260				0.466	46.6		
15	280				0.482	48.2		
16	300				0.488	48.8		
17	320				0.488	48.8		
18	340				0.472	47.2		
19	360				0.520	52.0		
20	380				0.516	51.6		
21	400				0.518	51.8		
Observaciones:								

Tabla B-13: Acumulación temporada 1994-1995

N° Muestra	Profundidad de medición (cm)	Peso			Densidad		Temperatura (°C)		Observaciones:
		Tara (g)	Bruto (g)	Neto (g)	(g/cm³)	(%)	T ₁	T ₂	
Operador(es): A. Vergara, P. Aguilera, J. Quinteros Glaciar: Echaurren Norte Año hidrológico: 1994-1995 Fecha y hora de inicio: 07-10-1994 11:45:00 Fecha y hora de término: 13-10-1994 20:20:00 Volumen muestreador: 500 cm³									
1	0						-6.0	-6.0	en superficie en formación pequeñas placas de viento promedio largo 15 a 20 cm nieve seca.
2	20	526	644	118	0.236	23.6	-10.0	-10.5	lente de hielo de 5.0 cm a 10 cm, baja una capa de nieve polvo algo compactada esta pendiente su calidad de en profundidad
3	40	524	664	140	0.280	28.0	-10.0	-9.0	
4	60	524	680	156	0.312	31.2	-9.5	-10.0	
5	80	524	696	172	0.344	34.4	-10.0	-9.5	
6	100	524	698	174	0.348	34.8	-9.5	-9.5	
7	120	524	704	180	0.360	36.0	-9.8	-9.5	
8	140	524	722	198	0.396	39.6	-9.5	-10.0	
9	160	520	724	204	0.408	40.8	-9.8	-9.7	
10	180	520	728	208	0.416	41.6	-9.8	-9.8	
11	200	520	700	180	0.360	36.0	-10.0	-10.0	
12	220	522	736	214	0.428	42.8	-9.0	-9.0	nevado
13	240	522	742	220	0.440	44.0	-9.0	-9.0	nevado
14	260	522	748	226	0.452	45.2	-9.0	-9.0	nevado
15	280	524	748	224	0.448	44.8	-9.0	-9.0	nevado
16	300	522	746	224	0.448	44.8	-9.0	-9.0	
17	320	522	740	218	0.436	43.6	-8.3	-8.5	
18	340	522	740	218	0.436	43.6	-8.3	-8.0	
19	360	528	748	220	0.440	44.0	-8.0	-8.0	
20	380	522	740	218	0.436	43.6	-8.0	-8.0	
21	400	522	752	230	0.460	46.0	-7.8	-8.0	
22	420	522	756	234	0.468	46.8	-7.5	-7.8	nuclado
23	440	522	756	234	0.468	46.8	-7.2	-7.3	
24	460	524	772	248	0.496	49.6	-7.0	-7.0	grano irregular
25	480	524	770	246	0.492	49.2	-8.2	-7.0	grano irregular
26	500	524	776	252	0.504	50.4	-7.0	-7.0	grano irregular
27	520	524	774	250	0.500	50.0	-7.0	-7.0	nieve menor compactada
28	540	524	752	228	0.456	45.6	-6.8	-7.0	nieve suelta se desgrana
29	558	524	750	226	0.452	45.2			en contacto hielo
Observaciones: Base: nieve granulada, cristales de 2.0 mm. Temperatura -6,0 -6,8 hielo base cristal sin detrito, superficie pareja con porosidad.									

Tabla B-14: Acumulación temporada 1995-1996

N° Muestra	Profundidad de medición (cm)	Peso			Densidad		Temperatura (°C)		Observaciones:
		Tara (g)	Bruto (g)	Neto (g)	(g/cm³)	(%)	T ₁	T ₂	
1	0								
2	20				0.178	17.8			
3	40				0.270	27.0			
4	60				0.276	27.6			
5	80				0.320	32.0			
6	100				0.368	36.8			
7	120				0.386	38.6			
8	140				0.400	40.0			
9	160				0.390	39.0			
10	180				0.426	42.6			
11	200				0.406	40.6			
12	220				0.416	41.6			
13	240				0.428	42.8			
14	260				0.436	43.6			
15	280				0.452	45.2			
16	300				0.448	44.8			
17	320				0.454	45.4			
18	340				0.466	46.6			
19	360				0.440	44.0			
20	380				0.442	44.2			
21	400				0.460	46.0			
Observaciones:									

Tabla B-15: Acumulación temporada 1996-1997

N° Muestra	Profundidad de medición (cm)	Peso			Densidad		Temperatura (°C)		Observaciones:
		Tara (g)	Bruto (g)	Neto (g)	(g/cm³)	(%)	T ₁	T ₂	
1	0						-9	-9	a 3cm de superficie, lente de 2cm.
2	20	525	696	171	0.342	34.2	-13.0	-10.5	
3	40	525	795	270	0.540	54.0	-12.5	-10.0	
4	60	525	705	180	0.360	36.0	-12.0	-10	a 42 cm de superficie, lente de 2cm.
5	80	525	714	189	0.378	37.8	-11.5	-9.5	
6	100	525	727	202	0.404	40.4	-11.0	-9	
7	120	525	686	161	0.322	32.2	-10.5	-9	Contacto con hielo (fondo)
Observaciones: De 110 cm a 127 nieve vieja con cristales de 2 mm a 2,5 mm de superficie hasta 110 cm cristales uniformes de 1 mm. Día despejado.									

Tabla B-16: Acumulación temporada 1997-1998

N° Muestra	Profundidad de medición (cm)	Peso			Densidad		Temperatura (°C)		Observaciones:
		Tara (g)	Bruto (g)	Neto (g)	(g/cm³)	(%)	T_1	T_2	
1	0			213	0.426	42.6			
2	20			236	0.472	47.2			
3	40			228	0.456	45.6			
4	60			214	0.428	42.8			
5	80			201	0.402	40.2			
6	100			204	0.408	40.8			
7	120			213	0.426	42.6			
8	140			271	0.542	54.2			
9	160			226	0.452	45.2			
10	180			254	0.508	50.8			
11	200			280	0.560	56.0			
12	220			232	0.464	46.4			
13	240			226	0.452	45.2			
14	260			226	0.452	45.2			
15	280			225	0.450	45.0			
16	300			242	0.484	48.4			
17	320			238	0.476	47.6			
18	340			258	0.516	51.6			
19	360			226	0.452	45.2			
20	380			234	0.468	46.8			
21	400			248	0.496	49.6			
22	420			247	0.494	49.4			
23	440			239	0.478	47.8			
24	460			243	0.486	48.6			
25	480			242	0.484	48.4			
26	500			258	0.516	51.6			
27	520			256	0.512	51.2			
28	540			248	0.496	49.6			
29	560			245	0.490	49.0			
30	580			254	0.508	50.8			
31	600			251	0.502	50.2			
32	620			270	0.540	54.0			
33	640			264	0.528	52.8			
34	660			270	0.540	54.0			
35	680			270	0.540	54.0			
36	700			265	0.53	53.0			
37	720				0.53	53.0			
38	730			Contacto hielo					
Observaciones:									

Tabla B-17: Acumulación temporada 1998-1999

N° Muestra	Profundidad de medición (cm)	Peso			Densidad		Temperatura (°C)		Observaciones:	
		Tara (g)	Bruto (g)	Neto (g)	(g/cm³)	(%)	T ₁	T ₂		
Operador(es):										
Glaciar: Echaurren Norte										
Año hidrológico: 1998-1999										
Fecha y hora de inicio: 08-10-1998										
Fecha y hora de término: 08-10-1998										
Volumen muestreador: 500 cm³										
1	0			128	0.256	25.6				
2	20			144	0.288	28.8				
3	40			152	0.304	30.4				
4	60			180	0.360	36				
5	80			156	0.312	31.2				
6	100			174	0.348	34.8				
7	120			194	0.388	38.8				
8	140			226	0.452	45.2				
9	160	Contacto hielo								
Observaciones:										

Tabla B-18: Acumulación temporada 1999-2000

N° Muestra	Profundidad de medición (cm)	Peso			Densidad		Temperatura (°C)		Observaciones:	
		Tara (g)	Bruto (g)	Neto (g)	(g/cm³)	(%)	T ₁	T ₂		
Operador(es):										
Glaciar: Echaurren Norte										
Año hidrológico: 1999-2000										
Fecha y hora de inicio: 08-11-1999										
Fecha y hora de término: 08-11-1999										
Volumen muestreador: 500 cm³										
1	0			154	0.308	30.8				
2	20			204	0.408	40.8				
3	40			190	0.380	38.0				
4	60			240	0.480	48.0				
5	80			248	0.496	49.6				
6	100			236	0.472	47.2				
7	120			221	0.442	44.2				
8	140			238	0.476	47.6				
9	160			222	0.444	44.4				
10	180			217	0.434	43.4				
11	200			208	0.416	41.6				
12	220			222	0.444	44.4				
13	240			238	0.476	47.6				
14	260			221	0.442	44.2				
15	280			181	0.450	45.0				
38	298	Contacto hielo								
Observaciones:										

Tabla B-19: Acumulación temporada 2000-2001

N° Muestra	Profundidad de medición (cm)	Peso			Densidad		Temperatura (°C)		Observaciones:
		Tara (g)	Bruto (g)	Neto (g)	(g/cm³)	(%)	T ₁	T ₂	
1	0						2.5	1	
2	20	520	650	130	0.260	26.0	-7	-7	
3	40	520	648	128	0.256	25.6	-8	-8	
4	60	520	670	150	0.300	30.0	-9	-9.5	
5	80	520	718	198	0.396	39.6	-9	-10.0	
6	100	520	732	212	0.424	42.4	-10	-10.5	
7	120	520	715	195	0.390	39.0	-11	-11.0	
8	140	520	710	190	0.380	38.0	-11	-11.5	
9	160	520	714	194	0.388	38.8	-11.5	-11.5	
10	180	520	716	196	0.392	39.2	-12.0	-11.5	
11	200	520	714	194	0.388	38.8	-11.3	-11	
12	220	520	716	196	0.392	39.2	-11	-11	
13	240	520	732	212	0.424	42.4	-11.0	-11.0	
14	260	520	732	212	0.424	42.4	-11.0	-11	
15	280	520	748	228	0.456	45.6	-11	-11	
16	300	520	736	216	0.432	43.2	-10	-10.5	
17	320						-10	-10.5	
	340								
	360								
	380								
	400								
	420								
	440								
	460								
	480								
	500								
	520								
	540								
	560								
	580								
	600								
	620								
18	645								
Observaciones: Profundidad total alcanzada con sonda en el mismo pozo.									

Tabla B-20: Acumulación temporada 2001-2002

N° Muestra	Profundidad de medición (cm)	Peso			Densidad		Temperatura (°C)		Observaciones:
		Tara (g)	Bruto (g)	Neto (g)	(g/cm³)	(%)	T ₁	T ₂	
1	0			200	0.400	40.0			
2	20			179	0.358	35.8			
3	40			220	0.440	44.0			
4	60			199	0.398	39.8			
5	80			195	0.390	39.0			
6	100			204	0.408	40.8			
7	120			206	0.412	41.2			
8	140			214	0.428	42.8			
9	160			208	0.416	41.6			
10	180			214	0.428	42.8			
11	200			194	0.388	38.8			
12	220			229	0.458	45.8			
13	240			226	0.452	45.2			
14	260			232	0.464	46.4			
15	280			232	0.464	46.4			
16	300			234	0.468	46.8			
17	320			248	0.496	49.6			
18	340			248	0.496	49.6			
19	360			228	0.456	45.6			
20	380			238	0.476	47.6			
21	400			232	0.464	46.4			
22	420			228	0.456	45.6			
23	440			218	0.436	43.6			
24	460			184	0.368	36.8			
25	480								
32	490	Contacto hielo							
Observaciones:									

Tabla B-21: Acumulación temporada 2002-2003

N° Muestra	Profundidad de medición (cm)	Peso			Densidad		Temperatura (°C)		Observaciones:
		Tara (g)	Bruto (g)	Neto (g)	(g/cm³)	(%)	T ₁	T ₂	
Operador(es): R.Reyes, P. Aguilera.									
Glaciar: Echaurren Norte									
Año hidrológico: 2002-2003									
Fecha y hora de inicio: 23-11-2002 13:00:00									
Fecha y hora de término: 30-11-2002 16:00:00									
Volumen muestreador: 500 cm³									
1	0						-4.0	-2.0	
2	20	522	750	228	0.456	45.6	-4.8	-3.0	varios lentes hielo de 0.5 cm
3	40	522	758	236	0.472	47.2	-5.5	-5.5	a 20 cm lente de 1,5 cm varios de 0.5 cm. A los 40 cm lente de 4 cm
4	60	522	766	244	0.488	48.8	-4.5	-4.0	Entre los 47 y 60 cm varios lentes de 2 y 3 cm
5	80	522	744	222	0.444	44.4	-4.0	-2.5	Hielo sin uniformidad
6	100	522	760	238	0.476	47.6	-5.8	-4.5	
7	120	522	750	228	0.456	45.6	-5.8	-5.5	
8	140	522	760	238	0.476	47.6	-4.5	-5.0	
9	160	522	756	234	0.468	46.8	-7.0	-7.5	
10	180	524	760	236	0.472	47.2	-4.5	-5.5	
11	200				0.600				No se controla lente de hielo de 8,0 cm a los 2 Mts.
12	220	524	754	230	0.460	46.0	-4.5	-5.7	
13	240	524	746	222	0.444	44.4	-4.5	-5.5	
14	260	524	770	246	0.492	49.2	-4.5	-5.8	A 2,50 lente de 3,5 cm
15	280	524	754	230	0.460	46.0	-5.5	-5.5	
16	300	524	766	242	0.484	48.4	-4.8	-5.5	Cubierto y nevando
17	320	524	764	240	0.480	48.0	-5.0	-6.3	
18	340	524	766	242	0.484	48.4	-5.5	-6.5	
19	360	524	764	240	0.480	48.0	-4.6	-7.1	A 3,46 mts lente de 2,0 cms
20	380	524	766	242	0.484	48.4	-5.2	-7.3	
21	400	524	772	248	0.496	49.6	-2.0	-5.5	
22	420	524	786	262	0.524	52.4	-5.7	-6.5	
23	440	524	784	260	0.520	52.0	-5.5	-7.0	
24	460	524	786	262	0.524	52.4	-5.0	-7.4	
25	480	524	792	268	0.536	53.6	-5.0	-6.3	Despejado
26	500	524	792	268	0.536	53.6	-3.5	-6.3	
27	520	524	790	266	0.532	53.2	-4.5	-6.5	
28	540	524	780	256	0.512	51.2	-4.5	-7.5	
29	560	526	784	258	0.516	51.6	-4.3	-7.3	
30	580	526	786	260	0.520	52.0	-4.3	-7.5	Despejado
31	600	524	780	256	0.512	51.2	-5.5	-6.9	
32	620	524	784	260	0.520	52.0	-5.5	-6.3	
33	640	526	792	266	0.532	53.2	-4.5	-6.5	
34	660	524	780	256	0.512	51.2	-8.2	-6.8	
35	670								Contacto hielo seco con detritos
Observaciones:									Parcial Nublado

Tabla B-22: Acumulación temporada 2003-2004

N° Muestra	Profundidad de medición (cm)	Peso			Densidad		Temperatura (°C)		Observaciones:
		Tara (g)	Bruto (g)	Neto (g)	(g/cm³)	(%)	T ₁	T ₂	
1	1			208	0.416	41.6			
2	20			206	0.412	41.2			
3	40			216	0.432	43.2			
4	60			232	0.464	46.4			
5	80			252	0.504	50.4			
6	100			234	0.468	46.8			
7	120			252	0.504	50.4			
8	140			230	0.460	46.0			
9	160			236	0.472	47.2			
10	180			234	0.468	46.8			
11	200			238	0.476	47.6			
12	220			242	0.484	48.4			
13	240			248	0.496	49.6			
14	260	Contacto hielo							
Observaciones:									

Tabla B-23: Acumulación temporada 2004-2005

N° Muestra	Profundidad de medición (cm)	Peso			Densidad		Temperatura (°C)		Observaciones:
		Tara (g)	Bruto (g)	Neto (g)	(g/cm³)	(%)	T ₁	T ₂	
1	2						-5.0	-5.0	
2	20	524	666	142	0.284	28.4	-9.0	-9.5	lente 2 mm
3	40	524	682	158	0.316	31.6	-10.2	-10.5	lente de 1 a 2,7 cm
4	60	524	708	184	0.368	36.8	-10.2	-10.5	2 lentes de 1 a 5,0 cm
5	80	526	716	190	0.380	38.0	-9.8	-10.2	lente de 0,5 a 8,0 cm
6	100	526	728	202	0.404	40.4	-9.8	-10.3	lente de 0,5 a 8,5 cm
7	120	524	726	202	0.404	40.4	-9.8	-10.3	
8	140	526	748	222	0.444	44.4	-9.8	-10.2	
9	160	526	756	230	0.460	46.0	-10.0	-10.2	tiempo cubierto y viento
10	180	524	746	222	0.444	44.4	-10.3	-10.3	
11	200	522	740	218	0.436	43.6	-9.8	-10.2	
12	220	522	756	234	0.468	46.8	-9.6	-10.1	
13	240	522	706	184	0.368	36.8	-9.5	-9.8	cambio de grano a 230 cm
14	260	522	706	184	0.368	36.8	-9.8	-10.0	Contacto hielo base.
Observaciones: En cálculos anteriores se agrego temporal del 13 de noviembre (105mm en L.Negra).									

Tabla B-24: Acumulación temporada 2005-2006

N° Muestra	Profundidad de medición (cm)	Peso			Densidad		Temperatura (°C)		Observaciones:
		Tara (g)	Bruto (g)	Neto (g)	(g/cm³)	(%)	T ₁	T ₂	
Operador(es): A. Vergara, R. Reyes, P. Aguilera.									
Glaciar: Echaurren Norte									
Año hidrológico: 2005-2006									
Fecha y hora de inicio: 30-10-2005 15:30:00									
Fecha y hora de término: 30-10-2005 20:00:00									
Volumen muestreador: 500 cm³									
1	0								
2	20	525	657	132	0.264	26.4			
3	40	525	694	169	0.338	33.8			Varios lentes delgados.
4	60	525	704	179	0.358	35.8			
5	80	525	714	189	0.378	37.8			
6	100	525	705	180	0.360	36.0			
7	120	525	717	192	0.384	38.4			
8	140	525	725	200	0.400	40.0			
9	160	525	724	199	0.398	39.8			
10	180	525	726	201	0.402	40.2			
11	200	525	730	205	0.410	41.0			
12	220	525	745	220	0.440	44.0			
13	240	525	746	221	0.442	44.2			
14	260	525	743	218	0.436	43.6			
15	280	525	747	222	0.444	44.4			
16	300	525	748	223	0.446	44.6			
	320								
	340								
	360								
	380								
	400								
17	415					50			
	440								
	460								
	480								
	500								
	520								
	540								
	560								
	580								
	600								
	620								
	640								
	660								
	680								
	700								
	715								
Observaciones: Sólo se alcanzó a hacer parte del pozo. Con el sondeador se llegó hasta la superficie del hielo. Falta agregar ese dato.									

Tabla B-25: Acumulación temporada 2006-2007

N° Muestra	Profundidad de medición (cm)	Peso			Densidad		Temperatura (°C)		Observaciones:
		Tara (g)	Bruto (g)	Neto (g)	(g/cm³)	(%)	T ₁	T ₂	
Operador(es): A. Vergara, R. Reyes, P. Aguilera. Año hidrológico: 2006-2007 Fecha y hora de inicio: 17-10-2006 14:10:00 Fecha y hora de término: 17-10-2006 20:00:00 Volumen muestreador: 500 cm³									
1	0								
2	20	524	618	94	0.188	18.8			
3	40	524	653	129	0.258	25.8			
4	60	524	657	133	0.266	26.6			
5	80	524	662	138	0.276	27.6			
6	100	524	688	164	0.328	32.8			
7	120	524	693	169	0.338	33.8			
8	140	524	701	177	0.354	35.4			
9	160	522	700	178	0.356	35.6			
10	180	522	711	189	0.378	37.8			
11	200	522	733	211	0.422	42.2			
12	220	522	725	203	0.406	40.6			
13	240	522	729	207	0.414	41.4			
14	260	522	728	206	0.412	41.2			
	280								
	300								
	320								
15	340			0	0.000	45.0			
	360								
	380								
	400								
	420								
	440								
	460								
	480								
	500								
	520								
	540								
	560								
	580								
16	600								
Observaciones: Sólo se alcanzó a hacer parte del pozo. Con el sondeador se llegó hasta la superficie del hielo. Falta agregar ese dato.									

Tabla B-26: Acumulación temporada 2007-2008

N° Muestra	Profundidad de medición (cm)	Peso			Densidad		Temperatura (°C)		Observaciones:
		Tara (g)	Bruto (g)	Neto (g)	(g/cm³)	(%)	T ₁	T ₂	
1	0						-0.5		N/nueva, recién caída
2	20	520	710	190	0.380	38.0	-0.7	-0.7	
3	40	520	720	200	0.400	40.0	-7.0	-6.2	Lente hielo 2 cm a 25 cm
4	60	520	720	200	0.400	40.0	-6.5	-6.5	Lente hielo de 1 cm a 54 cm
5	80	520	720	200	0.400	40.0	6.0	5.2	
6	100	520	720	200	0.400	40.0	-5.0	-5.2	
7	120	520	720	200	0.400	40.0	-5.8	-5.0	
8	140	520	740	220	0.440	44.0	-5.3	-5.0	
9	160	520	740	220	0.440	44.0	-6.0	-5.5	
10	180	520	750	230	0.460	46.0	-6.0	-5.8	
11	200	520	750	230	0.460	46.0	-7.5	-6.7	
12	220	520	750	230	0.460	46.0	-5.5	-6.0	
13	240	520	760	240	0.480	48.0	-5.5	-5.5	
14	260	520	760	240	0.480	48.0	-5.5	-5.5	
15	280	520	770	250	0.500	50.0	-6.0	-5.6	
16	300	520	780	260	0.520	52.0	-5.6	-5.5	
17	320	520	770	250	0.500	50.0	-6.0	-5.5	Tº contacto C/hielo, Hielo seco
Observaciones:		Sin humedad, sin detritos.							

Tabla B-27: Acumulación temporada 2008-2009

N° Muestra	Profundidad de medición (cm)	Peso			Densidad		Temperatura (°C)		Observaciones:	
		Tara (g)	Bruto (g)	Neto (g)	(g/cm³)	(%)	T ₁	T ₂		
Operador(es): P. Aguilera, A. Vergara, S. Vivero, G. Barcaza, C. Cox										
Glaciar: Echaurren Norte										
Año hidrológico: 2008-2009										
Fecha y hora de inicio: 18-11-2008 13:50:00										
Fecha y hora de término: 22-11-2008 15:45:00										
Volumen muestreador: 500 cm³										
1	0						-2	-4	Lente de hielo de los 9 a los 13 cms	
2	20	525	685	160	0.320	32.0	-8	-8	De 0 a 20 cm no se muestrea	
3	40	524	695	171	0.342	34.2	-6	-4	A los 20 cms lente de 1,5 cms	
4	60	524	696	172	0.344	34.4	-8	-9	A los 30 cms lente de 4-5 cms	
5	80	525	713	188	0.376	37.6	-10	-10	A los 40 cms lente de 1 cm	
6	100	525	721	196	0.392	39.2	-9	-9		
7	120	525	733	208	0.416	41.6	-10	-10		
8	140	525	740	215	0.430	43.0	-12	-11		
9	160	524	740	216	0.432	43.2	-11	-11		
10	180	525	740	215	0.430	43.0	-11	-11		
11	200	525	732	207	0.414	41.4	-12	-11		
12	220	525	739	214	0.428	42.8	-11	-9		
13	240	525	735	210	0.420	42.0	-11	-9		
14	260	525	744	219	0.438	43.8	-11	-9		
15	280	525	749	224	0.448	44.8	-11	-8	Lente de 2 cm	
16	300	525	754	229	0.458	45.8	-11	-9		
17	320	525	755	230	0.460	46.0	-11	-9	A los 310 cm lente de 3.5cm. Granos mezclados.	
18	340	525	754	229	0.458	45.8	-10	-9		
19	360	525	760	235	0.470	47.0	-10	-9		
20	380	516	756	240	0.480	48.0	-10	-8		
21	400	516	772	256	0.512	51.2	-9	-8		
22	420	522	766	244	0.488	48.8	-9	-8		
23	440	522	768	246	0.492	49.2	-9	-8		
24	460	522	772	250	0.500	50.0	-10	-9	Entre 360 t 460 cm 2 lentes verticales de 3 cm adelgazando.	
25	480	522	778	256	0.512	51.2	-10	-9		
26	500	522	772	250	0.500	50.0	-9	-8		
27	520	522	788	266	0.532	53.2	-10	-8		
28	540	522	784	262	0.524	52.4	-9	-8		
29	560	522	777	255	0.510	51.0	-9	-7		
30	580	522	779	257	0.514	51.4	-9	-7		
31	600	522	777	255	0.510	51.0	-8	-7		
32	620	522	783	261	0.522	52.2	-8	-7		
33	640	522	777	255	0.510	51.0	-8	-7		
34	660	Contacto roca y hielo						-9	-7	
Observaciones:										

Tabla B-28: Acumulación temporada 2009-2010

N° Muestra	Profundidad de medición (cm)	Peso			Densidad		Temperatura (°C)		Observaciones:
		Tara (g)	Bruto (g)	Neto (g)	(g/cm³)	(%)	T ₁	T ₂	
Operador(es):									
Glaciar: Echaurren Norte									
Año hidrológico: 2009-2010									
Fecha y hora de inicio:									
Fecha y hora de término:									
Volumen muestreador: 500 cm³									
1	0								
2	20			85	0.170	17.0			
3	40			129	0.258	25.8			
4	60			147	0.294	29.4			
5	80			171	0.342	34.2			
6	100			166	0.332	33.2			
7	120			155	0.310	31.0			
8	140			173	0.346	34.6			
9	160			179	0.358	35.8			
10	180			192	0.384	38.4			
11	200			180	0.360	36.0			
12	220			195	0.390	39.0			
13	240			208	0.416	41.6			
14	260			191	0.382	38.2			
15	280			207	0.414	41.4			
16	300			218	0.436	43.6			
17	320			218	0.436	43.6			
18	340				0.000	40.4			Densidad promedio calculada para 320-430cm.
19	360				0.000	40.4			
20	380				0.000	40.4			
21	400				0.000	40.4			
22	430				0.000	40.4			
23	450				0.000	39.3			Densidad promedio calculada para 430-470cm.
24	470	Contacto				39.3			
Observaciones:									

Tabla B-29: Acumulación temporada 2010-2011

N° Muestra	Profundidad de medición (cm)	Peso			Densidad		Temperatura (°C)		Observaciones:
		Tara (g)	Bruto (g)	Neto (g)	(g/cm³)	(%)	T ₁	T ₂	
Operador(es):									
Glaciar: Echaurren Norte									
Año hidrológico: 2010-2011									
Fecha y hora de inicio: 10-10-2010									
Fecha y hora de término: 10-10-2010									
Volumen muestreador: 1000 cm³									
1	0			311	0.311	31.1			
2	20			339	0.339	33.9			
3	40			383	0.383	38.3			
4	60			365	0.365	36.5			
5	80			406	0.406	40.6			
6	100			396	0.396	39.6			
7	120			399	0.399	39.9			
8	140			419	0.419	41.9			
9	160			437	0.437	43.7			
10	180			418	0.418	41.8			
11	200			435	0.435	43.5			
12	220			457	0.457	45.7			
13	240			464	0.464	46.4			
14	245	Contacto							
Observaciones:									

Tabla B-30: Acumulación temporada 2011-2012

N° Muestra	Profundidad de medición (cm)	Peso			Densidad		Temperatura (°C)		Observaciones:
		Tara (g)	Bruto (g)	Neto (g)	(g/cm³)	(%)	T ₁	T ₂	
1	0	744	894	150	0.150	15.0	-5	-5.8	
2	20	747	1007	260	0.260	26.0	-7	-7	
3	40	748	1063	315	0.315	31.5	-5	-6	
4	60	748	1089	341	0.341	34.1	-5	-5	
5	80	748	1116	368	0.368	36.8	-5	-5	
6	100	748	1134	386	0.386	38.6	-5.7	-5.7	
7	120	748	1164	416	0.416	41.6	-5.8	-5.8	
8	140	749	1163	414	0.414	41.4	-5.5	-5.7	
9	160	748	1211	463	0.463	46.3	-5.2	-5.5	
10	180	748	1177	429	0.429	42.9	-5	-5.2	
11	200	745	1146	401	0.401	40.1	-5	-5	
Observaciones: No se consideró lentes menores a diferentes profundidades.									

Tabla B-31: Acumulación temporada 2012-2013

N° Muestra	Profundidad de medición (cm)	Peso			Densidad		Temperatura (°C)		Observaciones:
		Tara (g)	Bruto (g)	Neto (g)	(g/cm³)	(%)	T ₁	T ₂	
1	0								
2	20			277	0.277	27.7			
3	40			301	0.301	30.1			
4	60			341	0.341	34.1			
5	80			398	0.398	39.8			
6	100			383	0.383	38.3			
7	120			384	0.384	38.4			
8	140			390	0.390	39.0			
9	160			385	0.385	38.5			
10	180			405	0.405	40.5			
11	200			435	0.435	43.5			
12	220			426	0.426	42.6			
13	240			424	0.424	42.4			
14	260			446	0.446	44.6			
15	280			463	0.463	46.3			
16	300			433	0.433	43.3			
Observaciones:									

Tabla B-32: Acumulación temporada 2013-2014

N° Muestra	Profundidad de medición (cm)	Peso			Densidad		Temperatura (°C)		Observaciones:
		Tara (g)	Bruto (g)	Neto (g)	(g/cm³)	(%)	T ₁	T ₂	
1	0	748	956	208	0.208	20.8			
2	20	748	954	206	0.206	20.6	-10.5	-11.5	
3	40	748	1006	258	0.258	25.8	-10.5	-10.5	
4	60	748	1042	294	0.294	29.4	-9.0	-9.0	
5	80	748	1095	347	0.347	34.7	-9.5	-9.2	
6	100	748	1057	309	0.309	30.9	-9.2	-9.0	
7	120	748	1078	330	0.330	33.0	-9.2	-8.8	
8	140	748	1080	332	0.332	33.2	-8.8	-8.8	
9	160	748	1142	394	0.394	39.4	-8.5	-8.5	
10	180	748	1129	381	0.381	38.1	-8.2	-8.0	
11	200	748	1133	385	0.385	38.5	-8.2	-8.0	
12	220	748	1134	386	0.386	38.6	-8.2	-7.2	
13	240	748	1168	420	0.420	42.0	-7.2	-6.5	
14	260	748	1154	406	0.406	40.6	-7.0	-6.5	
15	280	748	1158	410	0.410	41.0	-6.5	-6.0	
16	300	748	1173	425	0.425	42.5	-6.2	-6.6	
17	320	748	1208	460	0.460	46.0	-6.0	-5.7	
18	340	748	1206	458	0.458	45.8	-5.5	-5.5	
19	360	Contacto hielo					-6.0	-5.5	
Observaciones:									

Tabla B-33: Acumulación temporada 2014-2015

N° Muestra	Profundidad de medición (cm)	Peso			Densidad		Temperatura (°C)		Observaciones:
		Tara (g)	Bruto (g)	Neto (g)	(g/cm³)	(%)	T ₁	T ₂	
1	0								
2	20	749	1075	326	0.326	32.6	0.65	0.60	
3	40	749	1044	295	0.295	29.5	-0.63	-0.60	
4	60	749	1052	303	0.303	30.3	-0.63	-0.60	
5	80	749	1075	326	0.326	32.6	-0.62	-0.58	
6	100	749	1121	372	0.372	37.2	-0.62	-0.58	
7	120	749	1134	385	0.385	38.5	-0.60	-0.58	
8	140	749	1132	383	0.383	38.3	-0.60	-0.58	
9	160	749	1173	424	0.424	42.4	-0.62	-0.53	
10	180	749	1181	432	0.432	43.2	-0.62	-0.54	
11	200	749	1130	381	0.381	38.1	-0.48	-0.50	
12	220	749	1117	368	0.368	36.8	-0.48	-0.45	
Observaciones:									

Tabla B-34: Acumulación temporada 2015-2016

N° Muestra	Profundidad de medición (cm)	Peso			Densidad		Temperatura (°C)		Observaciones:
		Tara (g)	Bruto (g)	Neto (g)	(g/cm³)	(%)	T ₁	T ₂	
1	0								
2	20	747	916	169	0.169	16.9	-6.00	-5.50	
3	40	747	935	188	0.188	18.8	-6.50	-6.50	
4	60	747	994	247	0.247	24.7	-7.90	-7.90	
5	80	747	1005	258	0.258	25.8	-8.00	-8.00	
6	100	747	1028	281	0.281	28.1	-8.20	-8.10	
7	120	747	1032	285	0.285	28.5	-8.20	-8.20	
8	140	747	1100	353	0.353	35.3	-8.20	-8.20	
9	160	747	1080	333	0.333	33.3	-7.80	-7.50	
10	180	747	1082	335	0.335	33.5	-7.50	-7.50	
11	200	747	1101	354	0.354	35.4	-7.00	-6.80	
12	220	747	1117	370	0.370	37.0	-5.50	-5.20	
13	240	747	1140	393	0.393	39.3	-6.00	-5.90	
14	260	747	1194	447	0.447	44.7	-6.00	-5.50	
15	280	747	1172	425	0.425	42.5	-6.00	-5.50	
16	300	747	1152	405	0.405	40.5	-6.0	-5.2	
17	320	747	1174	427	0.427	42.7	-5.8	-5.2	
18	340	747	1161	414	0.414	41.4	-5.8	-5.2	
19	360	747	1178	431	0.431	43.1	-5.5	-5.2	
20	380	747	1199	452	0.452	45.2	-5.6	-5.1	
21	400	747	1206	459	0.459	45.9	-5.2	-5.0	
Observaciones:									

Anexo C: Homogeneización ablación Modelo Grado-Día

Tabla C-1: Homogeneización ablación temporada 1982-1983

CAMPANA 1982-1983	16-11-1982	07-01-1983	17-01-1983	19-02-1983	23-02-1983	Total periodo	Degree-Day Model					
	07-01-1983	17-01-1983	19-02-1983	23-02-1983	21-03-1983		16-11-1982	07-01-1983	17-01-1983	19-02-1983	23-02-1983	21-03-1983
Descenso	213	26	103	17	36	394						
Nº días	52	10	33	4	26	125						
Días sep												
Días oct												
Días nov	14						21.9					
Días dic	31						166.6					
Días ene	7	10	14				50.3	45.7	70.4			
Días feb			19	4	5				113.0	29.6	26.0	
Días mar					21						95.3	
Días abr												
							PDD (°C)	238.8	45.7	183.3	29.6	121.3
							DDF(mm d ⁻¹ °C ⁻¹)	8.93	5.62	5.61	5.62	2.96
TEMPORADA 1982-1983												
Días sep												
Días oct	31						7.5					
Días nov	30						33.2					
Días dic	31						166.6					
Días ene	7	10	14				50.3	45.7	70.4			
Días feb			19	4	5				113.0	29.6	26.0	
Días mar					31						136.0	
Días abr												
	99	10	33	4	36		PDD (°C)	257.6	45.7	183.3	29.6	162.0
							Ablación (cm)	230	26	103	17	48
												423

Tabla C-2: Homogeneización ablación temporada 1983-1984

CAMPANA 1983-1984	27-10-1983	04-11-1983	15-12-1983	18-01-1984	21-02-1984	Total periodo	Degree-Day Model					
	04-11-1983	15-12-1983	18-01-1984	21-02-1984	09-03-1984		27-10-1983	04-11-1983	15-12-1983	18-01-1984	21-02-1984	09-03-1984
Descenso	39	177	143	218	86	664						
Nº días	8	41	34	34	17	134						
Días sep												
Días oct	4						5.5					
Días nov	4	26					8.8	88.6				
Días dic		15	16					104.5	89.4			
Días ene			18	13					101.2	84.6		
Días feb				21	8					131.7	35.3	
Días mar					9						58.2	
Días abr												
							PDD (°C)	14.4	193.2	190.6	216.3	93.5
							DDF(mm d ⁻¹ °C ⁻¹)	27.3	9.2	7.5	10.1	9.2
TEMPORADA 1983-1984												
Días sep												
Días oct	31						32.6					
Días nov	4	26					8.8	88.6				
Días dic		15	16					104.5	89.4			
Días ene			18	13					101.2	84.6		
Días feb				21	8					131.7	35.3	
Días mar					31						138.3	
Días abr												
	35	41	34	34	39		PDD (°C)	41.5	193.2	190.6	216.3	173.6
							Ablación (cm)	113	177	143	218	160
												811

Tabla C-3: Homogeneización ablación temporada 1984-1985

CAMPANA 1984-1985	10-10-1984 18-12-1984	18-12-1984 13-02-1985	13-02-1985 27-03-1985	Total periodo	Degree-Day Model			
Descenso	138	209	111	458	10-10-1984 18-12-1984	18-12-1984 13-02-1985	13-02-1985 27-03-1985	
Nº días	69	57	42	168				
Días sep								
Días oct	21				19.9			
Días nov	30				60.5			
Días dic	18	13			47.6	48.5		
Días ene		31				128.8		
Días feb		13	15			65.4	107.3	
Días mar			27					123.0
Días abr								
					PDD (°C)	128.1	242.6	230.4
					DDF(mm d ⁻¹ °C ⁻¹)	10.8	8.6	4.8
TEMPORADA 1984-1985								
Días sep								
Días oct	31				19.9			
Días nov	30				60.5			
Días dic	18	13			47.6	48.5		
Días ene		31				128.8		
Días feb		13	15			65.4	107.3	
Días mar			31					140.7
Días abr								
	79	57	46		PDD (°C)	128.1	242.6	248.0
					Ablación (cm)	138	209	119
								466

Tabla C-4: Homogeneización ablación temporada 1985-1986

CAMPANA 1985-1986	23-10-1985 27-11-1985	27-11-1985 15-01-1986	15-01-1986 26-02-1986	26-02-1986 10-04-1986	Total periodo	Degree-Day Model					
Descenso	147	300	200	102	749	23-10-1985 27-11-1985	27-11-1985 15-01-1986	15-01-1986 26-02-1986	26-02-1986 10-04-1986		
Nº días	35	49	42	43	169						
Días sep											
Días oct	8					0.0					
Días nov	27	3				95.5	20.5				
Días dic		31					160.4				
Días ene		15	16				93.9	99.5			
Días feb			26	2				148.6		8.8	
Días mar				31							146.7
Días abr				10							
						PDD (°C)	95.5	274.8	248.1	155.5	
						DDF(mm d ⁻¹ °C ⁻¹)	15.4	10.9	8.1	6.6	
TEMPORADA 1985-1986											
Días sep											
Días oct	31					10.3					
Días nov	27	3				95.5	20.5				
Días dic		31					160.4				
Días ene		15	16				93.9	99.5			
Días feb			26	2				148.6		8.8	
Días mar				31							146.7
Días abr				10							
	58	49	42	33		PDD (°C)	105.7	274.8	248.1	155.5	
						Ablación (cm)	163	300	200	102	
											765

Tabla C-5: Homogeneización ablación temporada 1986-1987

CAMPANA 1986-1987	25-10-1986	03-12-1986	28-01-1987	Total periodo	Degree-Day Model				
	03-12-1986	28-01-1987	29-04-1987		25-10-1986	03-12-1986	28-01-1987	28-01-1987	29-04-1987
Descenso	25	283	146	454					
Nº días	39	56	91	186					
Días sep									
Días oct	6				6.4				
Días nov	30				51.4				
Días dic	3	28			6.6	177.5			
Días ene		28	3			191.4	23.4		
Días feb			28				206.6		
Días mar			31				159.2		
Días abr			29				75.9		
					PDD (°C)	64.3	368.8	465.2	
					DDF(mm d ⁻¹ °C ⁻¹)	3.9	7.7	3.1	
TEMPORADA 1986-1987									
Días sep									
Días oct	31				30.5				
Días nov	30				51.4				
Días dic	3	28			6.6	177.5			
Días ene		28	3			191.4	23.4		
Días feb			28				206.6		
Días mar			31				159.2		
Días abr			62				75.9		
	64	56	62		PDD (°C)	88.4	368.8	389.3	
					Ablación (cm)	34	283	122	439

Tabla C-6: Homogeneización ablación temporada 1987-1988

CAMPANA 1987-1988	05-11-1987	18-11-1987		Total periodo	Degree-Day Model				
	18-11-1987	14-01-1988			05-11-1987	18-11-1987	14-01-1988		
Descenso	54	236		290					
Nº días	13	57		70					
Días sep									
Días oct									
Días nov	13	12			30.0	62.0			
Días dic		31				115.2			
Días ene		14				86.1			
Días feb									
Días mar									
Días abr									
					DDF(mm d ⁻¹ °C ⁻¹)	30.0	263.3		
						17.9	9.0	5.0	
TEMPORADA 1987-1988									
Días sep									
Días oct	31				4.1				
Días nov	18	12			33.6	62.0			
Días dic		31				115.2			
Días ene		14	17			86.1	87.2		
Días feb			29				192.3		
Días mar			31				163.1		
Días abr			77				87.2		
	49	57	77		PDD (°C)	37.7	263.3	442.6	
					Ablación (cm)	67	236	221	525

Tabla C-7: Homogeneización ablación temporada 1988-1989

CAMPANA 1988-1989	25-10-1988	03-12-1988	14-01-1989	04-03-1989	Total periodo	Degree-Day Model				
	03-12-1988	14-01-1989	04-03-1989	20-04-1989		25-10-1988	03-12-1988	14-01-1989	04-03-1989	20-04-1989
Descenso	135	206	215	101	658					
Nº días	39	42	49	47	177					
Días sep										
Días oct	6					4.4				
Días nov	30					125.5				
Días dic	3	28				16.4	140.5			
Días ene		14	17				98.6	118.3		
Días feb			28					221.1		
Días mar			4	27				21.5	111.1	
Días abr				20					71.1	
						PDD (°C)	146.2	239.1	360.9	182.2
						DDF(mm d ⁻¹ °C ⁻¹)	9.3	8.6	6.0	5.6
TEMPORADA 1988-1989										
Días sep										
Días oct	31					26.8				
Días nov	30					125.5				
Días dic	3	28				16.4	140.5			
Días ene		14	17				98.6	118.3		
Días feb			28					221.1		
Días mar			4	27				21.5	111.1	
Días abr				27					71.1	
	64	42	49	27		PDD (°C)	168.6	239.1	360.9	111.1
						Ablación (cm)	156	206	215	62
										639

Tabla C-8: Homogeneización ablación temporada 1989-1990

CAMPANA 1989-1990	11-10-1989				Total periodo	Degree-Day Model				
	20-11-1989					11-10-1989	20-11-1989			
Descenso	42				42					
Nº días	40				40					
Días sep										
Días oct	20					29.1				
Días nov	20					58.1				
Días dic										
Días ene										
Días feb										
Días mar										
Días abr										
						PDD (°C)	87.2			
						DDF(mm d ⁻¹ °C ⁻¹)	4.9	9.0	5.0	
TEMPORADA 1989-1990										
Días sep	0	0	0	0						
Días oct	31	0	0	0		30.6				
Días nov	30	0	0	0		115.0				
Días dic	0	31	0	0				143.6		
Días ene	0	31	0	0				205.0		
Días feb	0	0	28						176.3	
Días mar	0	0	31						127.4	
Días abr	0	0	0							
	61	62	59			PDD (°C)	145.6	348.6	303.6	
						Ablación (cm)	71	314	152	
										536

Tabla C-9: Homogeneización ablación temporada 1991-1992

CAMPANA 1991-1992	03-11-1991	16-12-1991	24-01-1992	Total periodo	Degree-Day Model			
	16-12-1991	24-01-1992	24-03-1992		03-11-1991	16-12-1991	24-01-1992	
Descenso	67	107	150	324				
Nº días	43	39	60	142				
Días sep								
Días oct								
Días nov	27				48.3			
Días dic	16	15			28.7	40.3		
Días ene		24	7			159.2	46.8	
Días feb			29				146.5	
Días mar			24				157.3	
Días abr								
					PDD (°C)	77.0	199.6	350.7
					DDF(mm d ⁻¹ °C ⁻¹)	8.7	5.4	4.3
TEMPORADA 1991-1992								
Días sep								
Días oct	31				29.9			
Días nov	30				55.2			
Días dic	16	15			28.7	40.3		
Días ene		24	7			159.2	46.8	
Días feb			29				146.5	
Días mar			31				169.7	
Días abr								
	77	39	67		PDD (°C)	113.7	199.6	363.0
					Ablación (cm)	99	107	155
								362

Tabla C-10: Homogeneización ablación temporada 1992-1993

CAMPANA 1992-93	21-10-1992	11-12-1992	13-02-1993	Total periodo	Degree-Day Model			
	11-12-1992	13-02-1993	20-03-1993		21-10-1992	11-12-1992	13-02-1993	
Descenso	79	174	154	402				
Nº días	51	64	35	150				
Días sep								
Días oct	10				13.1			
Días nov	30				61.1			
Días dic	11	20			27.0	85.4		
Días ene		31				192.2		
Días feb		13	15			83.4	78.9	
Días mar			20				114.0	
Días abr								
					PDD (°C)	101.2	361.0	192.9
					DDF(mm d ⁻¹ °C ⁻¹)	7.8	4.8	8.0
TEMPORADA 1992-93								
Días sep								
Días oct	31				27.1			
Días nov	30				61.1			
Días dic	11	20			27.0	85.4		
Días ene		31				192.2		
Días feb		13	15			83.4	78.9	
Días mar			31				178.5	
Días abr								
	72	64	46		PDD (°C)	115.2	361.0	257.4
					Ablación (cm)	90	174	205
								469

Tabla C-11: Homogeneización ablación temporada 1993-1994

CAMPAÑA 1993-94		06-11-1993	14-04-1994	Total periodo	Degree-Day Model	
Descenso		573		573		06-11-1993
Nº días		159		159		14-04-1994
Días sep						
Días oct						
Días nov		19				30.2
Días dic		31				141.0
Días ene		31				197.7
Días feb		28				150.1
Días mar		31				180.9
Días abr		14				32.4
						732.4
					PDD (°C)	
					DDF(mm d ⁻¹ °C ⁻¹)	9.5
						7.8
TEMPORADA 1993-94						
Días sep						
Días oct	31					50.4
Días nov	11	19				28.2
Días dic		31				30.2
Días ene		31				141.0
Días feb		28				197.7
Días mar		31				150.1
Días abr						180.9
	42	140				
					PDD (°C)	78.6
						700.0
					Ablación (cm)	75
						548
						622

Tabla C-12: Homogeneización ablación temporada 1994-1995

CAMPANA 1994-95		14-10-1994	04-04-1995	Total periodo	Degree-Day Model	
Descenso		621		621		14-10-1994
Nº días		172		172		04-04-1995
Días sep						
Días oct		17				7.5
Días nov		30				78.9
Días dic		31				171.7
Días ene		31				163.4
Días feb		28				138.9
Días mar		31				138.9
Días abr		4				20.4
						719.7
					PDD (°C)	
					DDF(mm d ⁻¹ °C ⁻¹)	9.5
						8.6
TEMPORADA 1994-95						
Días sep						
Días oct	14	17				13.2
Días nov		30				7.5
Días dic		31				78.9
Días ene		31				171.7
Días feb		28				163.4
Días mar		31				138.9
Días abr						138.9
	14	168				
					PDD (°C)	13.2
						699.3
					Ablación (cm)	13
						603
						616

Tabla C-13: Homogeneización ablación temporada 1995-1996

CAMPANA 1995-96		15-10-1995	16-03-1996	Total periodo	Degree-Day Model		
Descenso		511		511		15-10-1995	
Nº días		153		153		16-03-1996	
Días sep							
Días oct		16				26.1	
Días nov		30				80.5	
Días dic		31				181.4	
Días ene		31				133.5	
Días feb		28				154.4	
Días mar		16				70.3	
Días abr							
					PDD (°C)	646.1	
					DDF(mm d ⁻¹ °C ⁻¹)	9.5	7.9
							5.0
TEMPORADA 1995-96							
Días sep							
Días oct	15	16			0.0	26.1	
Días nov		30				80.5	
Días dic		31				181.4	
Días ene		31				133.5	
Días feb		29				154.4	
Días mar		16	15			70.3	70.1
Días abr							
	15	153	15		PDD (°C)	0.0	646.1
					Ablación (cm)	0	511
							35
							546

Tabla C-14: Homogeneización ablación temporada 1997-1998

CAMPANA 1997-1998		26-11-1997	04-02-1998	04-02-1998	27-03-1998	Total periodo	Degree-Day Model		
Descenso		289	41			330		26-11-1997	04-02-1998
Nº días		70	51			121		04-02-1998	27-03-1998
Días sep									
Días oct									
Días nov			4					7.5	
Días dic			31					96.3	
Días ene			31					202.6	
Días feb			4	24				18.5	105.6
Días mar				27					90.6
Días abr									
							PDD (°C)	325.0	196.2
							DDF(mm d ⁻¹ °C ⁻¹)	9.5	8.9
									2.1
TEMPORADA 1997-1998									
Días sep									
Días oct	31						3.2		
Días nov	26	4					28.3	7.5	
Días dic		31						96.3	
Días ene		31						202.6	
Días feb		4	24					18.5	105.6
Días mar			31						108.3
Días abr									
	57	70	55				PDD (°C)	31.5	325.0
							Ablación (cm)	30	289
									45
									334

Tabla C-15: Homogeneización ablación temporada 1998-1999

CAMPAÑA 1998-1999	11-10-1998	30-11-1998		Total periodo	Degree-Day Model			
	30-11-1998	16-01-1999			11-10-1998	30-11-1998	16-01-1999	
Descenso	185	266		444				
Nº días	50	47		97				
Días sep								
Días oct	20				65.1			
Días nov	30				78.9			
Días dic		31				146.4		
Días ene		16				86.9		
Días feb								
Días mar								
Días abr								
					PDD (°C)	144.0	233.3	
					DDF(mm d ⁻¹ °C ⁻¹)	12.8	11.4	5.0
TEMPORADA 1998-1999								
Días sep								
Días oct	31				76.3			
Días nov	30				78.9			
Días dic		31				146.4		
Días ene		31				161.3		
Días feb			28				202.8	
Días mar			31				118.4	
Días abr								
	61	62	59		PDD (°C)	155.2	307.7	321.2
					Ablación (cm)	199	351	161
								512

Tabla C-16: Homogeneización ablación temporada 2000-2001

CAMPAÑA 2000-2001	19-10-2000	29-11-2000	25-01-2001	Total periodo	Degree-Day Model			
	29-11-2000	25-01-2001	12-04-2001		19-10-2000	29-11-2000	25-01-2001	
Descenso	59	287	230	576				
Nº días	41	57	77	175				
Días sep								
Días oct	12				22.3			
Días nov	29	1			48.7	3.4		
Días dic		31				126.2		
Días ene		25	6			144.2	28.7	
Días feb			28				242.0	
Días mar			31				170.4	
Días abr			12				40.1	
					PDD (°C)	71.0	273.8	481.2
					DDF(mm d ⁻¹ °C ⁻¹)	8.2	10.5	4.8
TEMPORADA 2000-2001								
Días sep								
Días oct	31				30.7			
Días nov	29	1			48.7	3.4		
Días dic		31				126.2		
Días ene		25	6			144.2	28.7	
Días feb			28				242.0	
Días mar			31				170.4	
Días abr			12				40.1	
	60	57	65		PDD (°C)	79.3	273.8	441.1
					Ablación (cm)	65	287	211
								564

Tabla C-17: Homogeneización ablación temporada 2001-2002

CAMPAÑA 2001-2002	08-11-2001	07-12-2001	31-01-2002	Total periodo	Degree-Day Model			
	07-12-2001	31-01-2002	16-03-2002		08-11-2001	07-12-2001	31-01-2002	
Descenso	108	276	156	536				
Nº días	29	55	44	128				
Días sep								
Días oct								
Días nov	22				38.5			
Días dic	7	24			18.9	173.2		
Días ene		31				162.2		
Días feb			28				178.0	
Días mar			16				85.4	
Días abr								
					PDD (°C)	57.4	335.4	263.3
					DDF(mm d ⁻¹ °C ⁻¹)	18.9	8.2	5.9
TEMPORADA 2001-2002								
Días sep								
Días oct	31				38.7			
Días nov	30				44.5			
Días dic	7	24			18.9	173.2		
Días ene		31				162.2		
Días feb			28				178.0	
Días mar			31				145.0	
Días abr								
	68	55	59		PDD (°C)	102.1	335.4	323.0
					Ablación (cm)	193	276	191
								660

Tabla C-18: Homogeneización ablación temporada 2002-2003

CAMPAÑA 2002-2003		03-11-2002	01-02-2003	Total periodo	Degree-Day Model			
		01-02-2003	04-04-2003		03-11-2002	01-02-2003	04-04-2003	
Descenso		203	190	393				
Nº días		90	62	152				
Días sep								
Días oct								
Días nov			27			58.4		
Días dic			31			104.2		
Días ene			31			188.4		
Días feb			1	27		7.0	165.0	
Días mar				31			196.6	
Días abr				4			12.9	
					PDD (°C)	358.1	374.6	
					DDF(mm d ⁻¹ °C ⁻¹)	9.5	5.7	5.1
TEMPORADA 2002-2003								
Días sep								
Días oct	31				17.4			
Días nov	3	27			9.2	58.4		
Días dic		31				104.2		
Días ene		31				188.4		
Días feb		1	27			7.0	165.0	
Días mar			31				196.6	
Días abr				4			12.9	
	34	90	58		PDD (°C)	26.6	358.1	361.6
					Ablación (cm)	25	203	184
								412

Tabla C-19: Homogeneización ablación temporada 2004-2005

CAMPANA 2004-2005	07-11-2004	28-01-2005	Total periodo	Degree-Day Model		
	28-01-2005	18-03-2005		07-11-2004	28-01-2005	18-03-2005
Descenso	262	106	356			
Nº días	82	49	131			
Días sep						
Días oct						
Días nov		23			42.8	
Días dic		31			148.9	
Días ene		28	3		207.4	0.6
Días feb			29			224.5
Días mar			18			74.2
Días abr						
				PDD (°C)	399.1	299.3
				DDF(mm d ⁻¹ °C ⁻¹)	9.5	6.6
TEMPORADA 2004-2005						
Días sep						
Días oct	31				34.2	
Días nov	7	23			8.339	42.8
Días dic		31				148.9
Días ene		28	3			207.4
Días feb			29			0.6
Días mar			31			224.5
Días abr						112.7
	38	82	63			
				PDD (°C)	42.5	399.1
				Ablación (cm)	40	262
						120
						422

Tabla C-20: Homogeneización ablación temporada 2005-2006

CAMPANA 2005-2006	25-10-2005	15-12-2005	28-01-2006	Total periodo	Degree-Day Model		
	15-12-2005	28-01-2006	02-03-2006		25-10-2005	15-12-2005	28-01-2006
Descenso	126	230	189	545			
Nº días	51	44	33	128			
Días sep							
Días oct	6					1.6	
Días nov	30					72.7	
Días dic	15	16				54.9	90.7
Días ene		28	3			184.3	31.4
Días feb			28				201.5
Días mar			2				1.2
Días abr							
					PDD (°C)	129.2	274.9
					DDF(mm d ⁻¹ °C ⁻¹)	9.8	8.4
TEMPORADA 2005-2006							
Días sep							
Días oct	31					12.9	
Días nov	30					72.7	
Días dic	15	16				54.9	90.7
Días ene		28	3			184.3	31.4
Días feb			28				201.5
Días mar			31				146.4
Días abr							
	76	44	62		PDD (°C)	140.4	274.9
					Ablación (cm)	137	230
							306
							673

Tabla C-21: Homogeneización ablación temporada 2006-2007

CAMPANA 2006-2007	15-10-2006	18-12-2006	21-01-2007	Total periodo	Degree-Day Model			
	18-12-2006	21-01-2007	31-03-2007		15-10-2006	18-12-2006	21-01-2007	
Descenso	252	196	120	568				
Nº días	64	34	69	167				
Días sep								
Días oct	16				18.9			
Días nov	30				79.9			
Días dic	18	13			67.3	77.0		
Días ene		21	10			160.0	49.8	
Días feb			28				130.5	
Días mar			31				136.2	
Días abr								
					PDD (°C)	166.2	237.0	316.6
					DDF(mm d ⁻¹ °C ⁻¹)	15.1	8.3	3.8
TEMPORADA 2006-2007								
Días sep								
Días oct	31				34.2			
Días nov	30				79.9			
Días dic	18	13			67.3	77.0		
Días ene		21	10			160.0	49.8	
Días feb			28				130.5	
Días mar			31				136.2	
Días abr								
	79	34	69		PDD (°C)	181.4	237.0	316.6
					Ablación (cm)	275	196	120
								591

Tabla C-22: Homogeneización ablación temporada 2007-2008

CAMPANA 2007-2008		10-11-2007	17-01-2008	Total periodo	Degree-Day Model			
		17-01-2008	16-03-2008		10-11-2007	17-01-2008	16-03-2008	
Descenso		259	143	402				
Nº días		68	59	127				
Días sep								
Días oct								
Días nov		20			67.4			
Días dic		31			143.5			
Días ene		17	14		117.2	69.6		
Días feb			29				174.5	
Días mar			16				62.2	
Días abr								
					PDD (°C)	328.1	306.3	
					DDF(mm d ⁻¹ °C ⁻¹)	9.5	7.9	4.7
TEMPORADA 2007-2008								
Días sep								
Días oct	31				31.9			
Días nov	10	20			16.3	67.4		
Días dic		31				143.5		
Días ene		17	14			117.2	69.6	
Días feb			29				174.5	
Días mar			31				144.9	
Días abr								
	41	68	74		PDD (°C)	48.1	328.1	389.0
					Ablación (cm)	46	259	181
								486

Tabla C-23: Homogeneización ablación temporada 2008-2009

CAMPAÑA 2008-2009	20-10-2008	12-12-2008	08-02-2009	Total periodo	Degree-Day Model			
	12-12-2008	08-02-2009	03-04-2009		20-10-2008	12-12-2008	08-02-2009	
Descenso	226	300	151	644				
Nº días	53	58	54	165	12-12-2008	08-02-2009	03-04-2009	
Días sep								
Días oct	11				5.1			
Días nov	30				108.9			
Días dic	12	19			56.2	113.3		
Días ene		31				207.5		
Días feb		8	20			41.5	128.8	
Días mar			31				210.0	
Días abr			3				11.2	
					PDD (°C)	170.2	362.2	350.0
					DDF(mm d ⁻¹ °C ⁻¹)	13.3	8.3	4.3
TEMPORADA 2008-2009								
Días sep								
Días oct	31				12.2			
Días nov	30				108.9			
Días dic	12	19			56.2	113.3		
Días ene		31				207.5		
Días feb		8	20			41.5	128.8	
Días mar			31				210.0	
Días abr			3				11.2	
	73	58	51		PDD (°C)	177.3	362.2	338.8
					Ablación (cm)	235	300	146
								681

Tabla C-24: Homogeneización ablación temporada 2009-2010

CAMPAÑA 2009-2010	16-10-2009	07-01-2010	25-02-2010	Total periodo	Degree-Day Model			
	07-01-2010	25-02-2010	16-04-2010		16-10-2009	07-01-2010	25-02-2010	
Descenso	312	257	141	710				
Nº días	83	49	50	182	07-01-2010	25-02-2010	16-04-2010	
Días sep								
Días oct	15				21.8			
Días nov	30				35.5			
Días dic	31				116.4			
Días ene	7	24			34.3	182.6		
Días feb		25	3			156.6	18.5	
Días mar			31				190.1	
Días abr			16				64.5	
					PDD (°C)	208.0	339.2	273.0
					DDF(mm d ⁻¹ °C ⁻¹)	15.0	7.6	5.2
TEMPORADA 2009-2010								
Días sep								
Días oct	31				23.6			
Días nov	30				35.5			
Días dic	31				116.4			
Días ene	7	24			34.3	182.6		
Días feb		25	3			156.6	18.5	
Días mar			31				190.1	
Días abr			16				64.5	
	99	49	34		PDD (°C)	209.8	339.2	208.6
					Ablación (cm)	314	257	108
								679

Tabla C-25: Homogeneización ablación temporada 2010-2011

CAMPANA 2010-2011	08-10-2010	16-03-2011	Total periodo	Degree-Day Model		
	16-03-2011	28-04-2011		08-10-2010	16-03-2011	28-04-2011
Descenso	473	34	507			
Nº días	159	43	202			
Días sep						
Días oct		23			20.0	
Días nov		30			49.3	
Días dic		31			94.1	
Días ene		31			172.5	
Días feb		28			166.8	
Días mar		16	15		79.7	54.1
Días abr			28			72.9
				PDD (°C)	582.5	127.1
				DDF(mm d ⁻¹ °C ⁻¹)	9.5	8.1
						2.7
TEMPORADA 2010-2011						
Días sep						
Días oct	8	23			1.1	20.0
Días nov		30				49.3
Días dic		31				94.1
Días ene		31				172.5
Días feb		28				166.8
Días mar		16	15			79.7
Días abr			15			54.1
	8	159	15		PDD (°C)	582.5
					Ablación (cm)	473
						15
						488

Tabla C-26: Homogeneización ablación temporada 2011-2012

CAMPANA 2011-2012	18-10-2011	01-02-2012	Total periodo	Degree-Day Model		
	01-02-2012	22-04-2012		18-10-2011	01-02-2012	22-04-2012
Descenso	514	182	696			
Nº días	106	81	187			
Días sep						
Días oct		13			8.9	
Días nov		30			73.1	
Días dic		31			170.1	
Días ene		31			194.8	
Días feb		1	27		6.3	164.7
Días mar			31			202.9
Días abr			22			59.6
					PDD (°C)	453.1
					DDF(mm d ⁻¹ °C ⁻¹)	427.2
					9.5	11.3
						4.3
TEMPORADA 2011-2012						
Días sep						
Días oct	18	13			3.8	8.9
Días nov		30				73.1
Días dic		31				170.1
Días ene		31				194.8
Días feb		1	27			6.3
Días mar			31			164.7
Días abr			22			202.9
	18	106	58		PDD (°C)	453.1
					Ablación (cm)	514
						157
						675

Tabla C-27: Homogeneización ablación temporada 2012-2013

CAMPANA 2012-2013	18-10-2011	01-02-2012	Total periodo	Degree-Day Model		
	01-02-2012	22-04-2012		18-10-2011	01-02-2012	22-04-2012
Descenso	514	182	696			
Nº días	106	81	187			
Días sep						
Días oct		13			3.9	
Días nov		30			87.3	
Días dic		31			96.4	
Días ene		31			220.9	
Días feb		1	27		7.7	160.2
Días mar			31			118.3
Días abr			22			65.8
				PDD (°C)	416.3	344.4
				DDF(mm d ⁻¹ °C ⁻¹)	9.5	12.3
TEMPORADA 2012-2013						
Días sep						
Días oct	18	13		6.0	3.9	
Días nov		30			87.3	
Días dic		31			96.4	
Días ene		31			220.9	
Días feb		1	27		7.7	160.2
Días mar			31			118.3
Días abr			58			
	18	106	58	PDD (°C)	6.0	416.3
				Ablación (cm)	6	514
						667

Tabla C-28: Homogeneización ablación temporada 2013-2014

CAMPANA 2013-2014	25-09-2013		Total periodo	Degree-Day Model		
	16-01-2014			25-09-2013	16-01-2014	
Descenso	545		545			
Nº días	113		113			
Días sep	5			0.0		
Días oct	31			27.5		
Días nov	30			67.0		
Días dic	31			203.1		
Días ene	16			135.1		
Días feb						
Días mar						
Días abr						
				PDD (°C)	432.6	
				DDF(mm d ⁻¹ °C ⁻¹)	12.6	5.0
TEMPORADA 2013-2014						
Días sep						
Días oct	31			27.5		
Días nov	30			67.0		
Días dic	31			203.1		
Días ene	16	15		135.1	85.6	
Días feb		28			143.9	
Días mar			31			113.7
Días abr			31			
	108	43	31	PDD (°C)	432.6	229.6
				Ablación (cm)	545	115
						717

Tabla C-29: Homogeneización ablación temporada 2014-2015

CAMPANA 2014-2015	01-10-2014	28-01-2015	Total periodo	Degree-Day Model		
	28-01-2015	31-03-2015		01-10-2014	28-01-2015	
Descenso	532	191	723			
Nº días	119	62	181			
Días sep						
Días oct	31			59.4		
Días nov	30			62.9		
Días dic	31			124.1		
Días ene	28	3		212.9	27.6	
Días feb		28			170.6	
Días mar		31			192.7	
Días abr						
				PDD (°C)	459.3	391.0
				DDF(mm d ⁻¹ °C ⁻¹)	11.6	4.9
TEMPORADA 2014-2015						
Días sep						
Días oct	31			59.4		
Días nov	30			62.9		
Días dic	31			124.1		
Días ene	28	3		212.9	27.6	
Días feb		28			170.6	
Días mar		31			192.7	
Días abr						
	120	62		PDD (°C)	459.3	391.0
				Ablación (cm)	532	191
						723