

Glaciares de la cuenca del Tinguiririca



Glaciar Universidad: Camilo Rada

Andrés Rivera (arivera@cecs.cl).
Laboratorio de Glaciología
Centro de Estudios Científicos (CECs). Valdivia Chile

¿Qué es un glaciar?

“Masa de nieve y hielo terrestre que fluye pendiente abajo (por deformación de su estructura interna y por el deslizamiento en su base). encerrado por los elementos topográficos que lo rodean. como las laderas de un valle o las cumbres adyacentes; la topografía del lecho de roca es el factor que ejerce mayor influencia en la dinámica de un glaciar y en la pendiente de su superficie. Un glaciar subsiste merced a la acumulación de nieve a gran altura. que se compensa con la fusión del hielo a baja altura o la descarga en el mar”.

(Panel intergubernamental de Cambio Climático IPCC).

“Reservas estratégicas de agua en estado sólido”

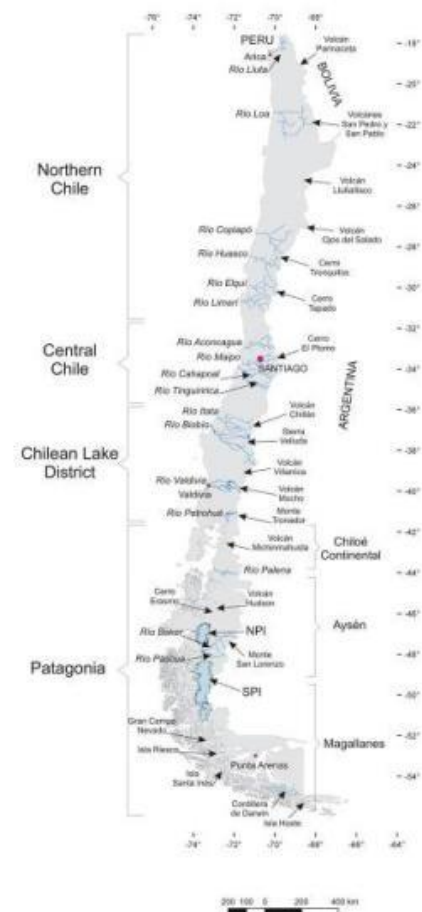
(Definición ambiental)

“Bienes nacionales de uso público no concesionable. que por su valor y función ambiental se encuentran protegidos con fines de conservación”

(Propuesta legislativa 2013)

País	Región	Subregión	Área (km ²)
Chile	Norte	28-32°S	180.2
	Centro	32-36°S	854.7
	Centro Sur	36-46°S	1,700.8
	Patagonia*	CHN y otros en Aysén	5,995.1
		GCN-Isla Riesco	517.3
	Tierra del Fuego e islas adyacentes	Islas al sur del Estrecho de Magallanes	290.6
		Tierra del Fuego	2,636.5
Islas al sur del Canal Beagle		407.4	
CHS y aledaños**	Andes del Sur	Patagonia	14,151

Referencia
[DGA, 2015]



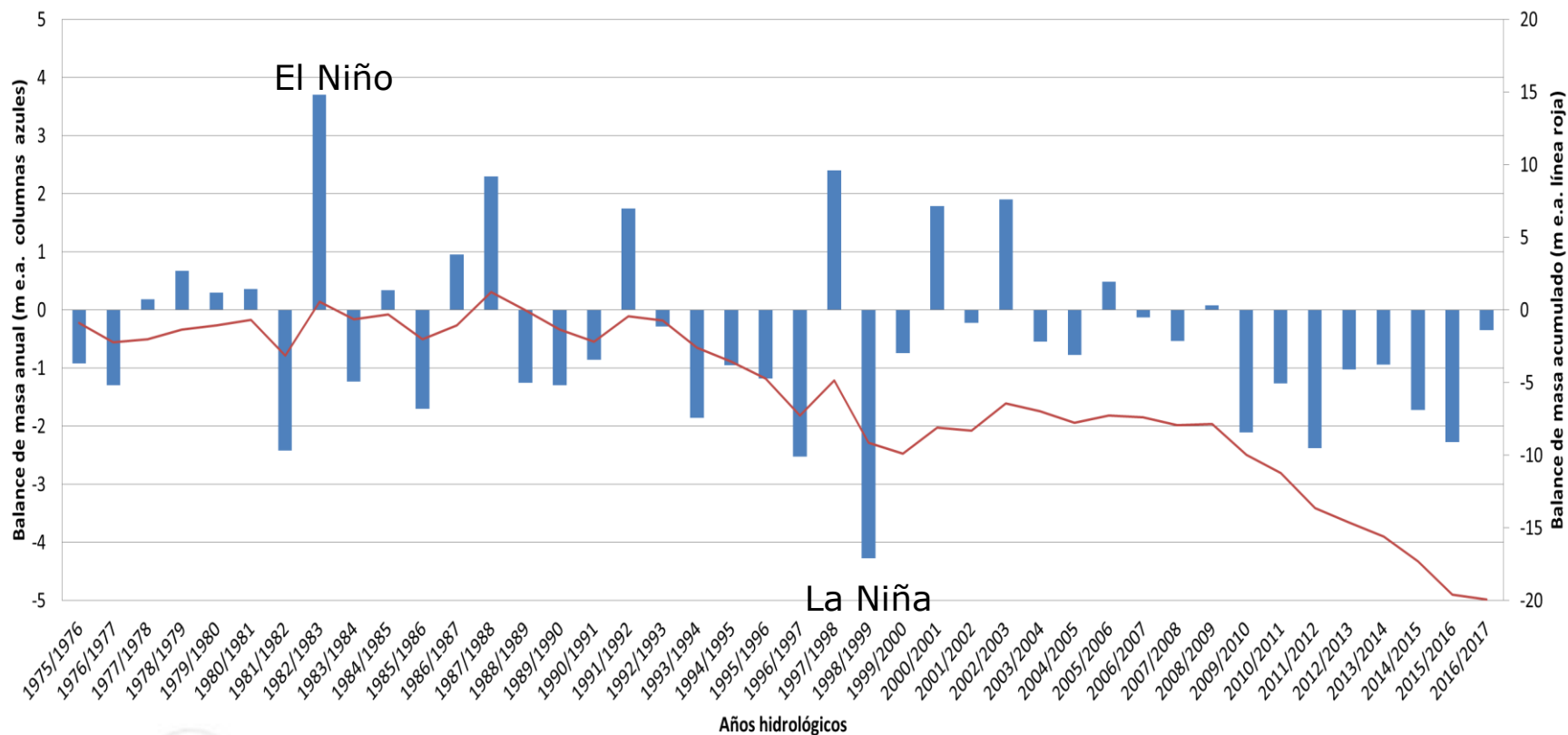
En Chile hay unos 24,000 glaciares con un área de 23,800 km²

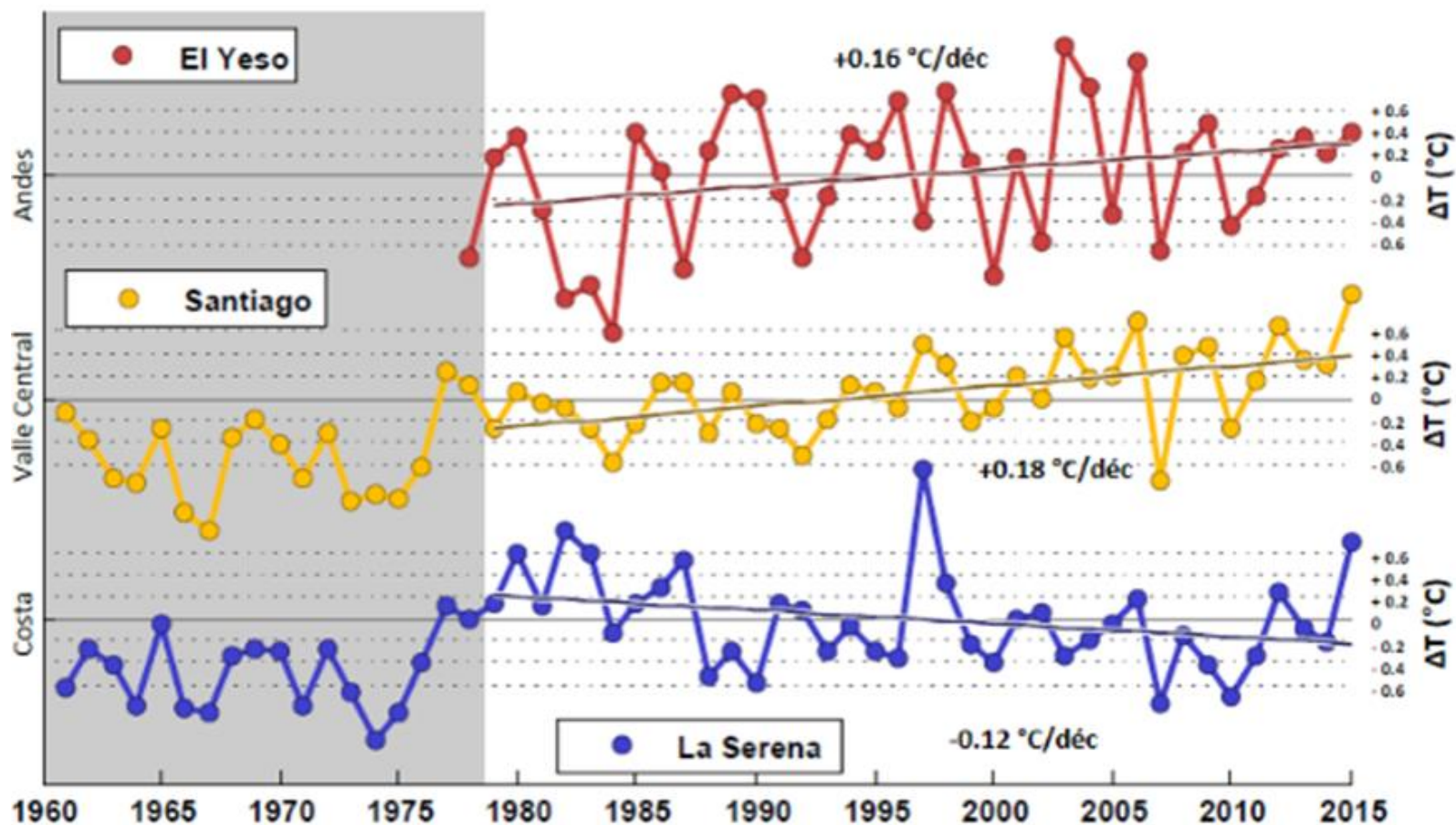
* Excluye superficie de Campo de Hielo Sur CHS (también llamado Hielo Patagónico Sur en Argentina) y glaciares aledaños.

** Incorpora totalidad de glaciares de Campo de Hielo Sur y sus glaciares aledaños. incluidos los pertenecientes a la zona del “Acuerdo entre la República de Chile y República Argentina para precisar el recorrido del límite desde el Monte Fitz Roy hasta el Cerro Daudet”. Buenos Aires 16 de diciembre de 1998.

Fuente: Rivera et al. 2016

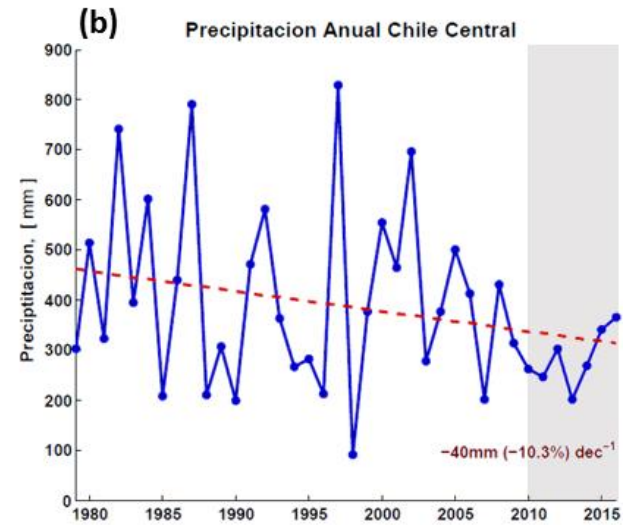
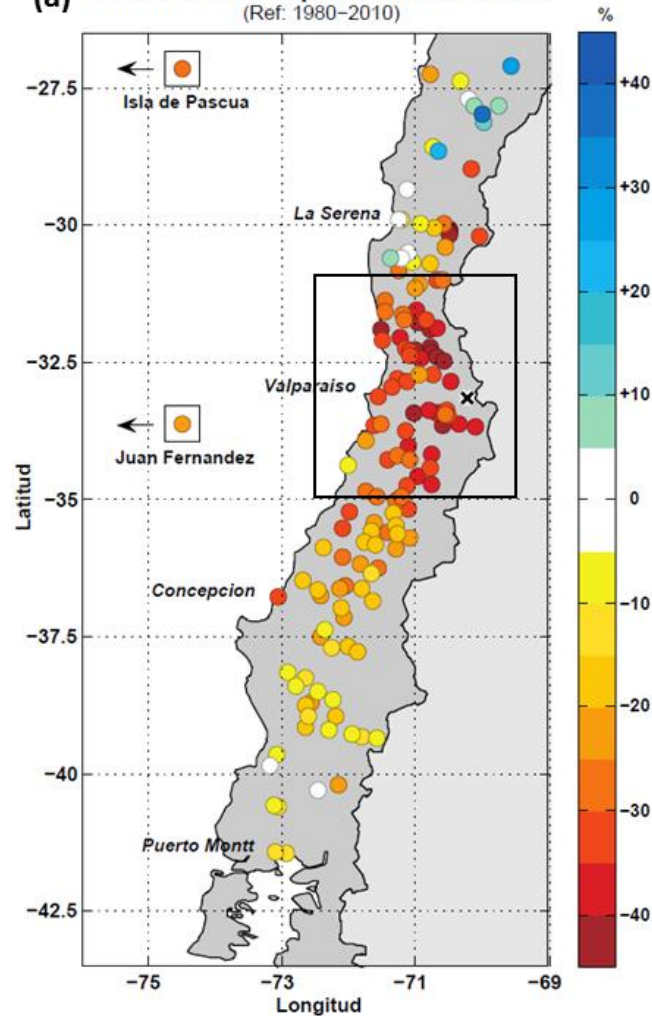
Glaciar Echaurren Norte. serie de balance de masa más extensa en Chile





Actualización y adaptación de Figura 2 de (Falvey & Garreaud. 2009) de series de anomalía de temperatura promedio anual. Se muestra el valor de la tendencia lineal ajustada en el periodo 1979 – 2015 para serie.

(a) Anomalia Precipitacion 2010-2016
(Ref: 1980-2010)



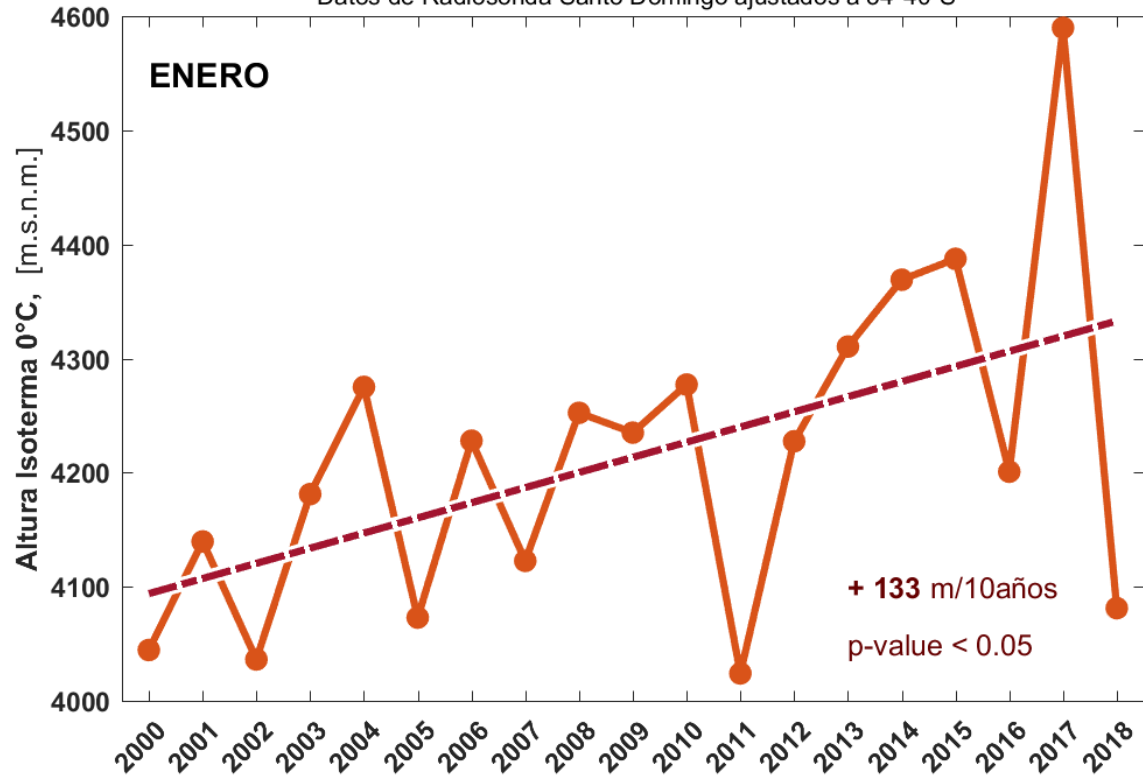
Fuente: CECs. 2017 a partir de datos CR2

Aumento de altura de isoterma de 0°C

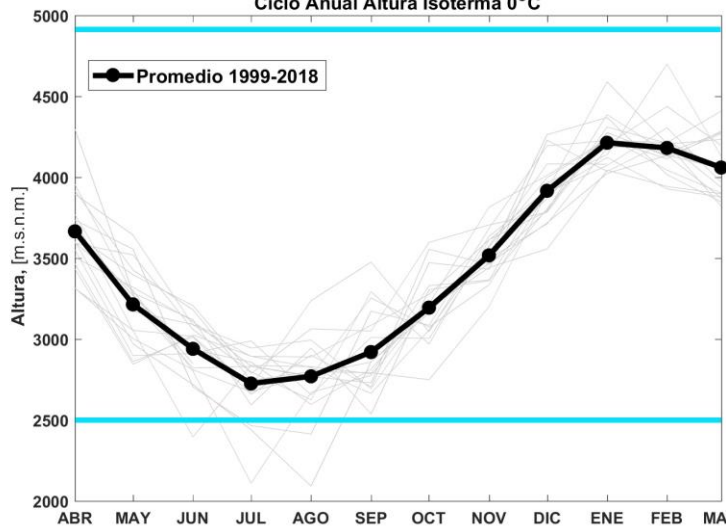
Tendencia de Isoterma 0°C sobre GI. Universidad

Datos de Radiosonda Santo Domingo ajustados a 34°40'S

ENERO



Ciclo Anual Altura Isoterma 0°C



No todo es El Niño...

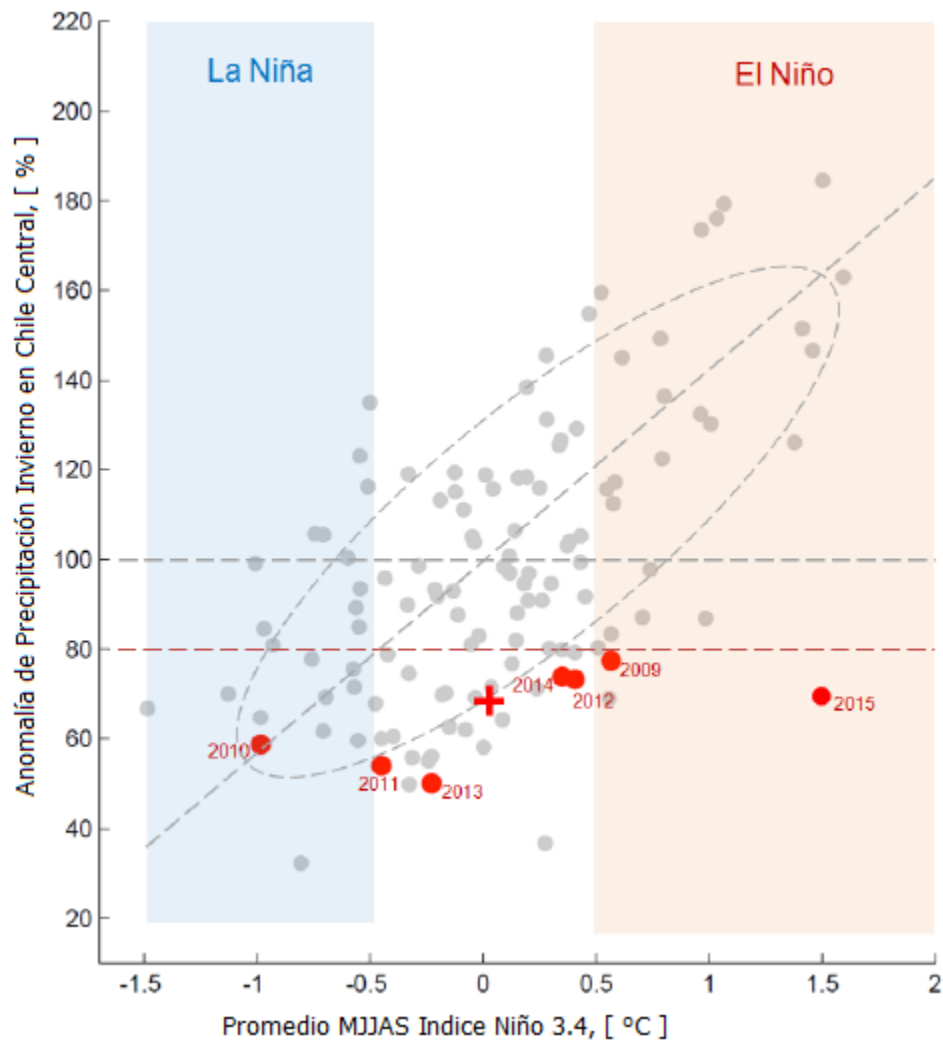
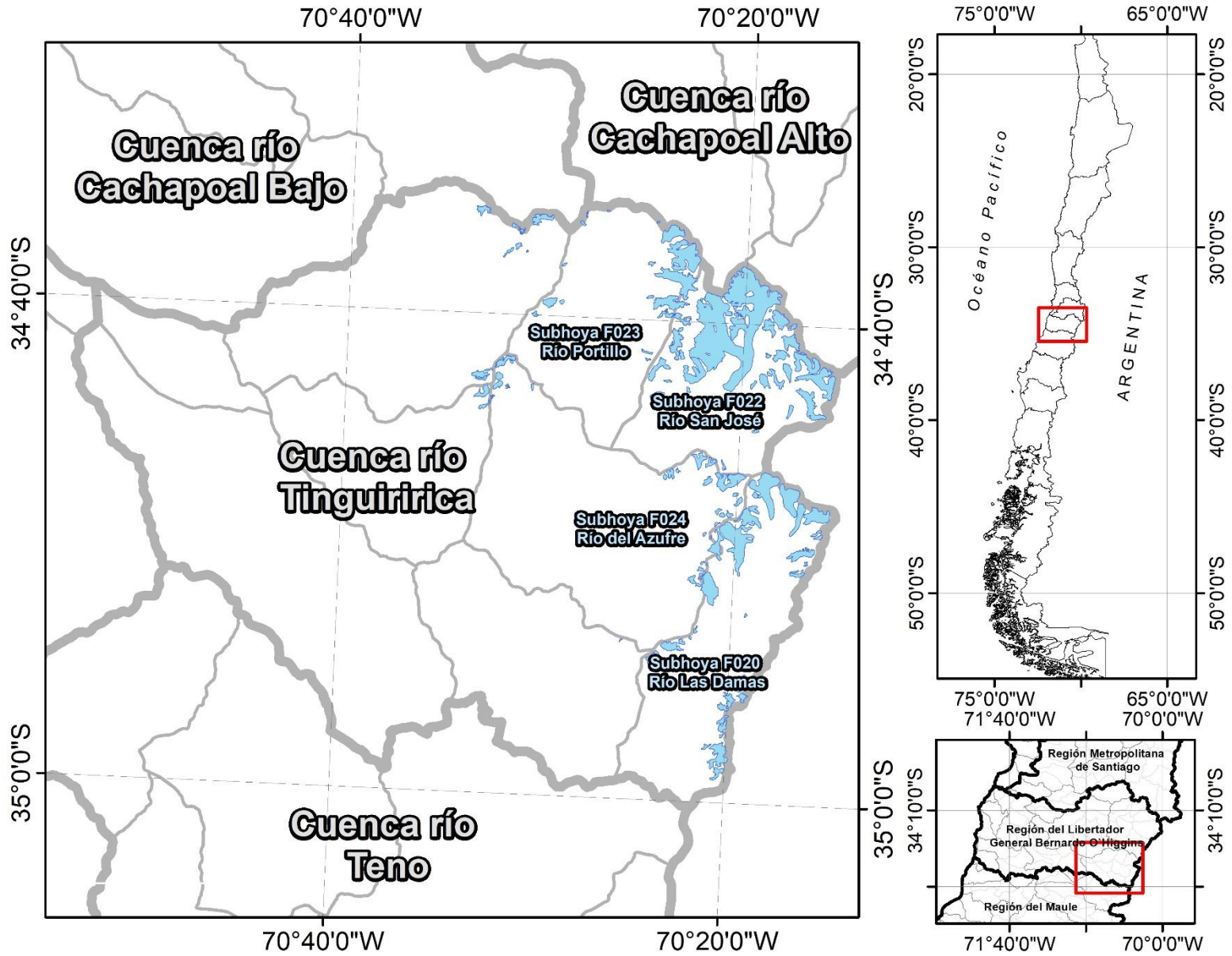
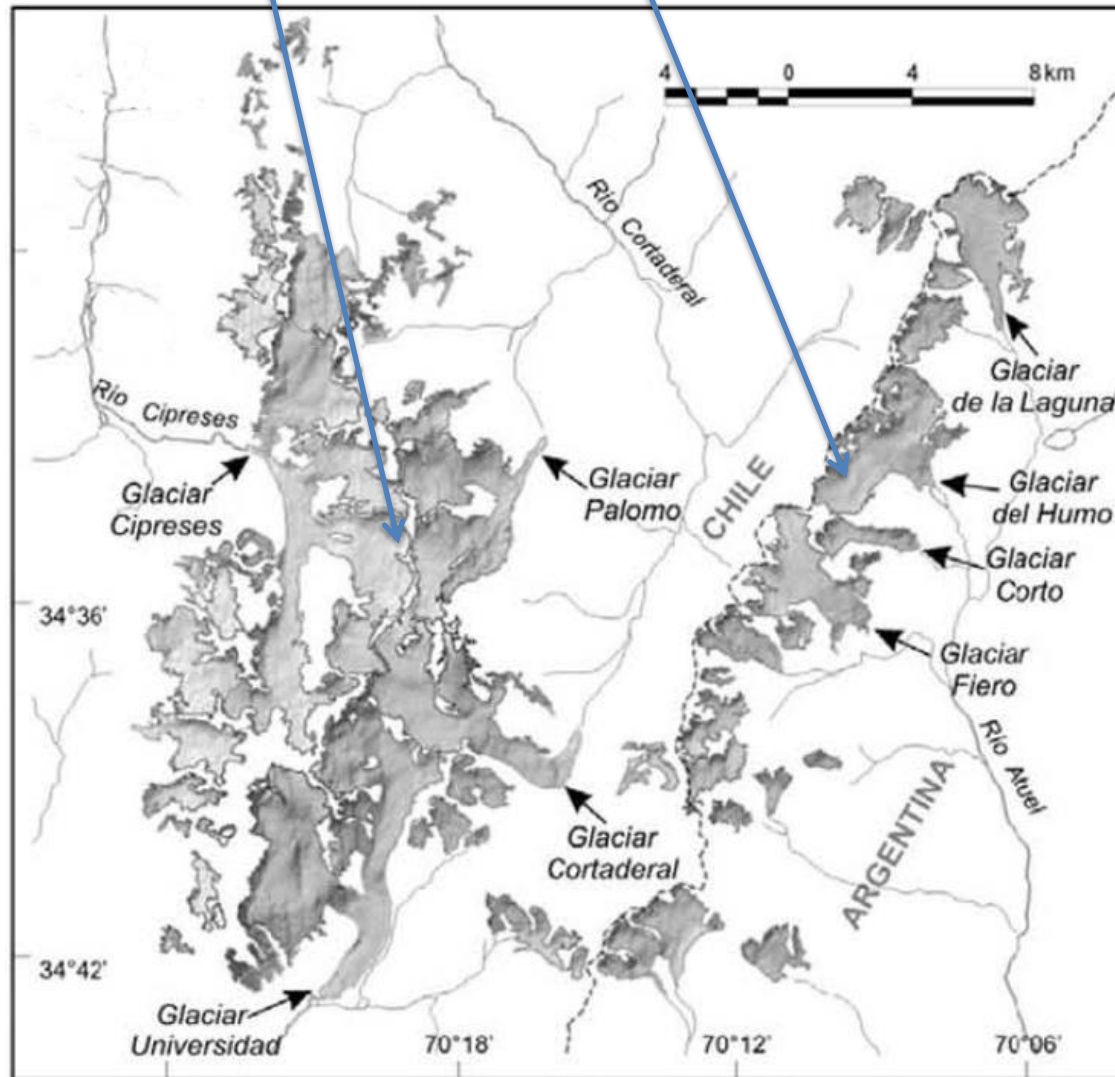


Figura 1.20: Diagrama de dispersión entre precipitación de invierno en Chile central (MJJAS) y índice de anomalía de TSM en la región Niño 3.4. Datos desde 1915 hasta el presente. Los años relacionado a la megasequía 2010 -2015 se indican en rojo. Figura extraída y adaptada desde *Garreaud et al (2017)*.

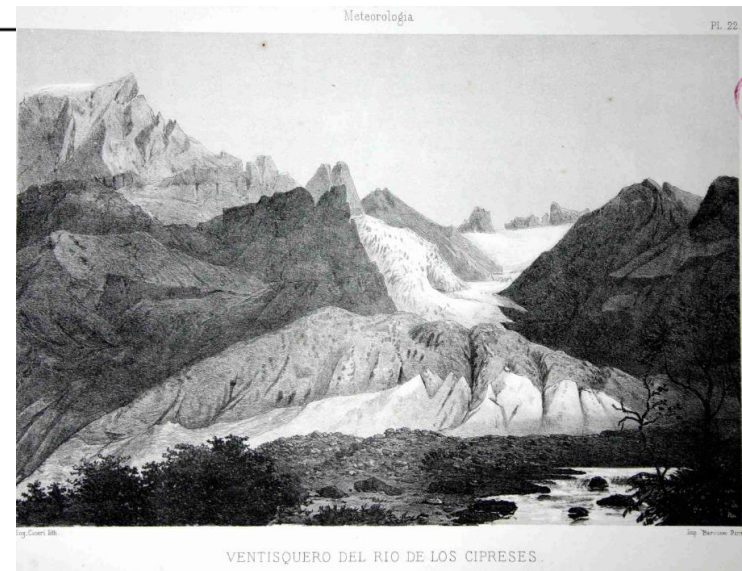
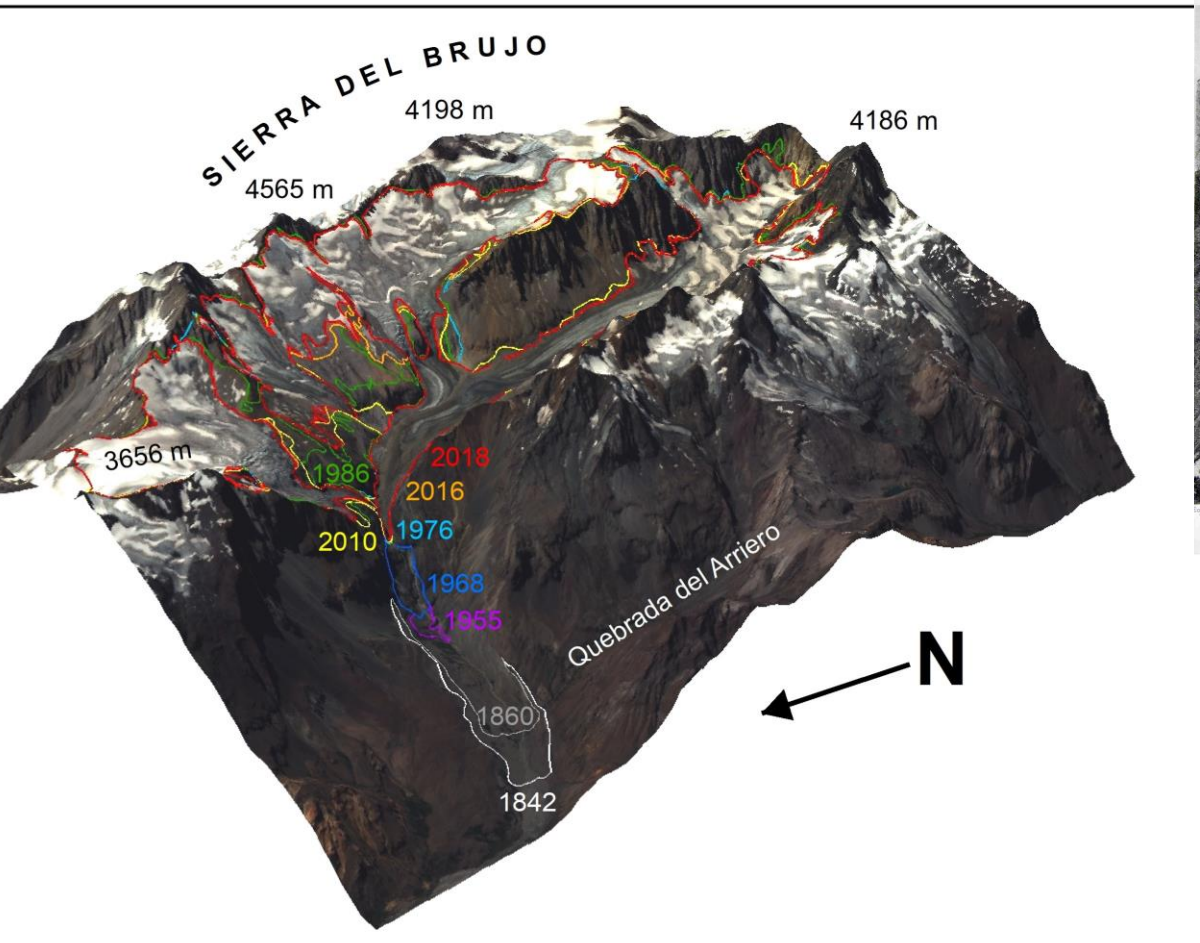
Glaciares de la cuenca del Tinguiririca



Volcán Palomo y Río Atuel en Argentina



Glaciar Cipreses: El registro histórico más largo de los Andes centrales de Chile



Pissis. 1875

Cambio frontal 1842-2018: **-5km**

Cambios de elevación 1955-2000: **$-0.76 \pm 0.47 \text{ m a}^{-1}$**

Fuente; LeQuesne et al. 2009 y esta presentación

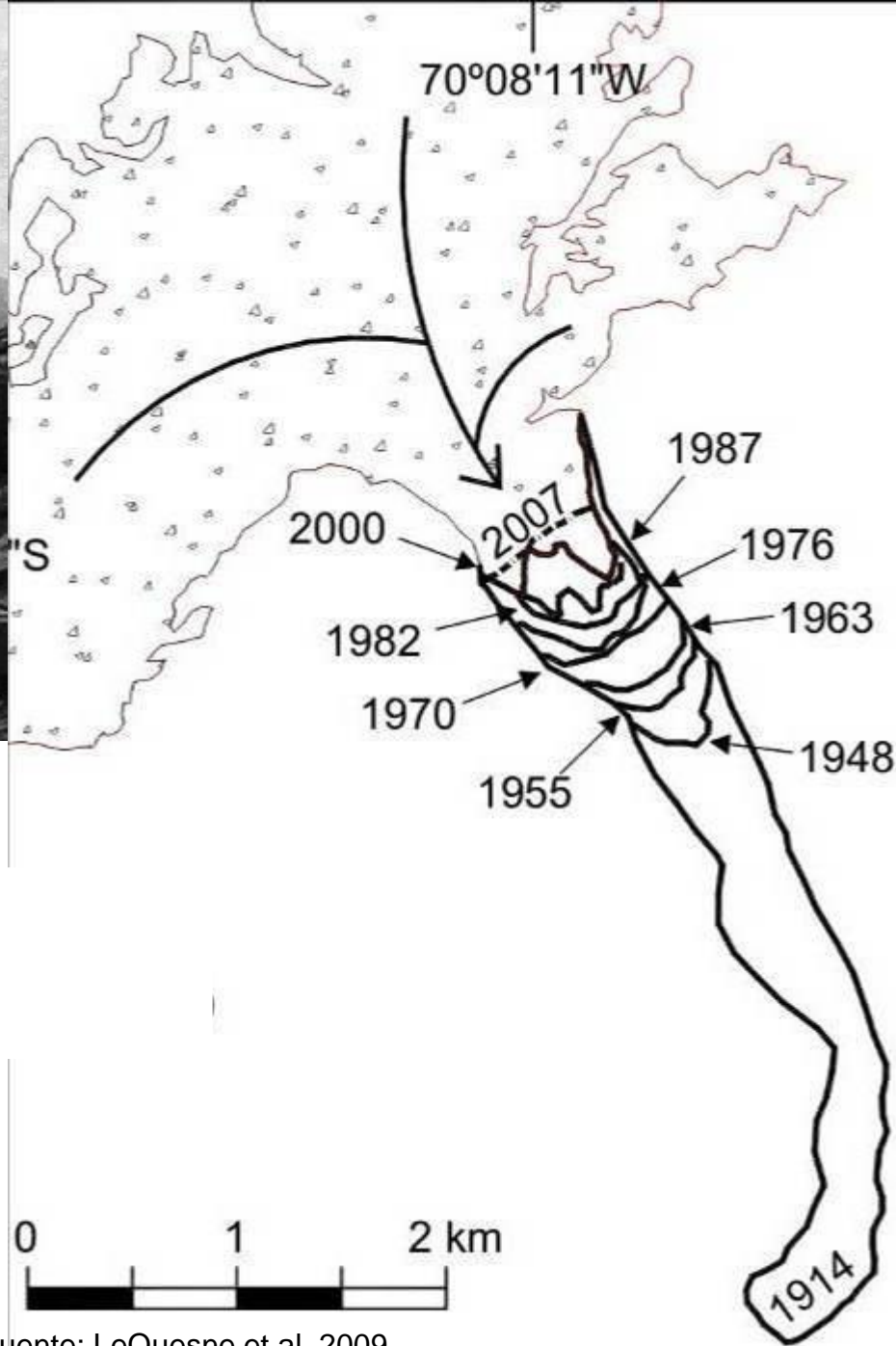


1914

Glaciar Humo. Argentina



1984



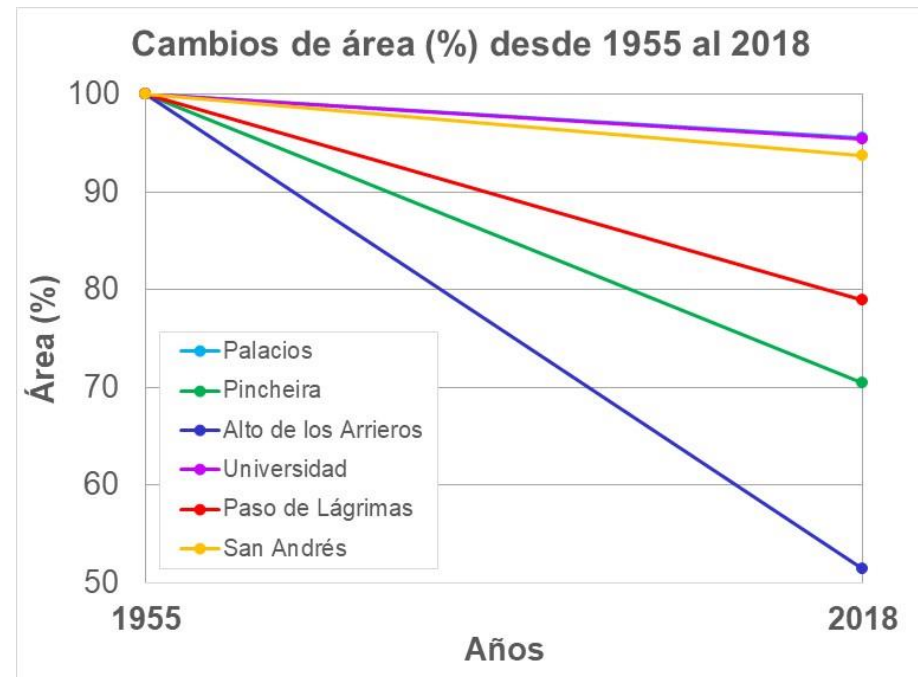
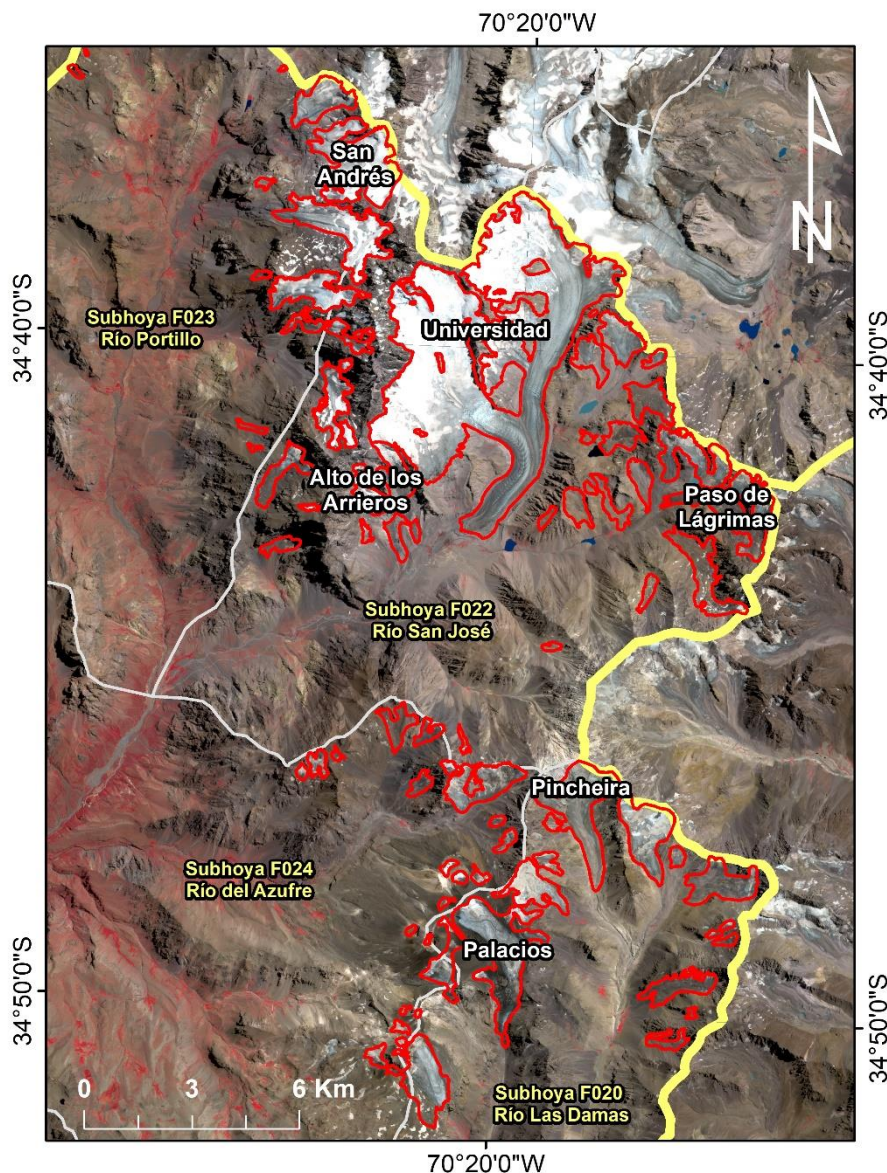
Fuente: LeQuesne et al. 2009

Año 2018: Inventario de glaciares para la cuenca del río Tinguiririca

Atributo	Rango de tamaño (km ²)			
	<0.09	0.10-0.99	0.99-9.99	>10
Nº de glaciares	42	60	19	1
Área (km ²)	2.35	20.88	38.67	28.38
Morfología dominante	Glaciarete / Rocoso	Rocoso/ Montaña	Montaña/ Valle	Valle
% del número de glaciares	34.43	49.18	15.57	0.82
% del área total	2.60	23.13	42.83	31.44
Nº total de glaciares	122			
Área total (km ²)	90.28			

**Área glaciar perdida entre 1955 y 2018 en el
río Tinguiririca: 17%**

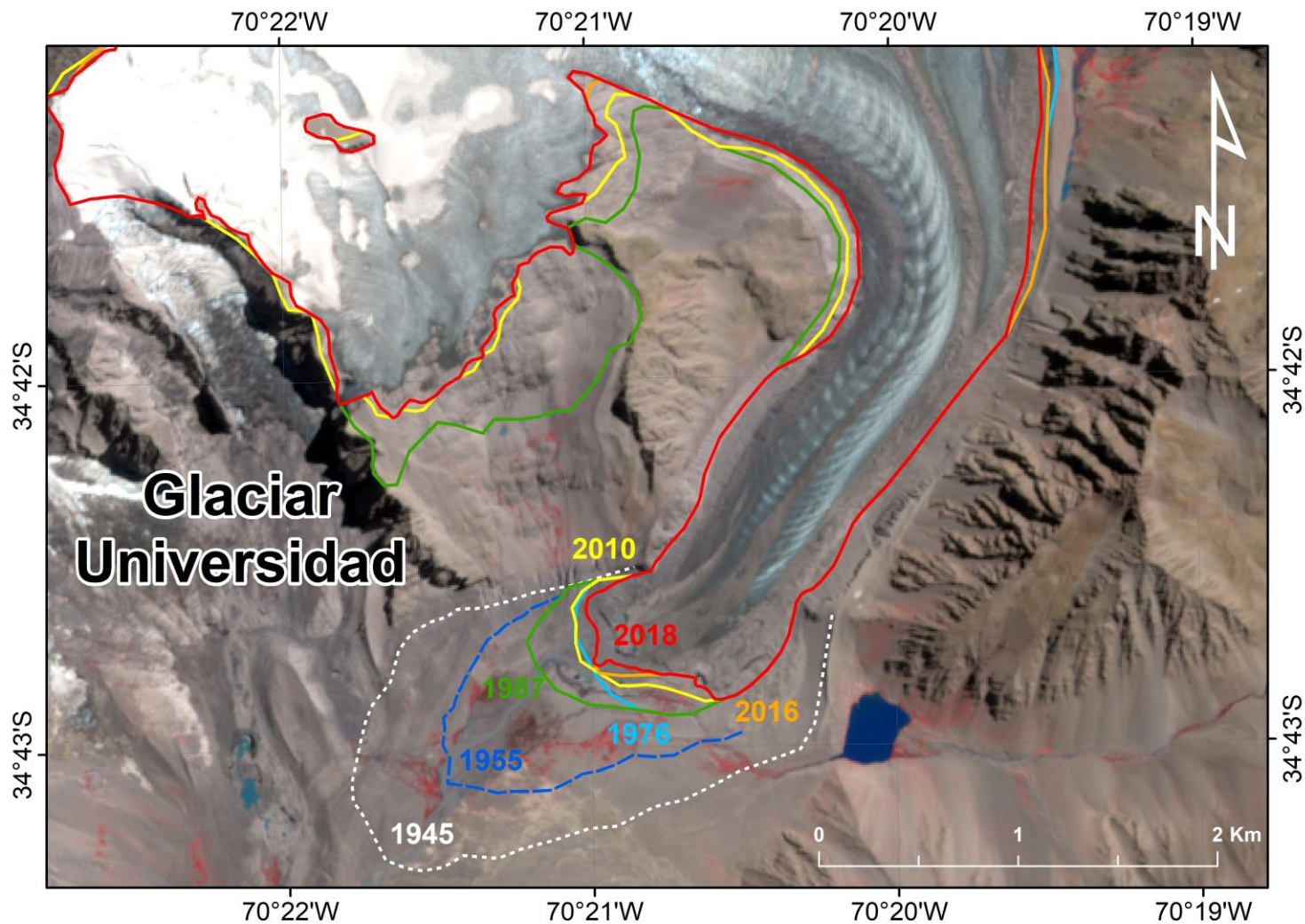
Evolución de glaciares de mayor extensión areal en el río Tinguiririca



Se observa una disminución en todos los glaciares, destacando los glaciares Alto de los Arrieros, Pincheira y Paso de Lágrimas, con reducciones de 49%, 30% y 21%, respectivamente.

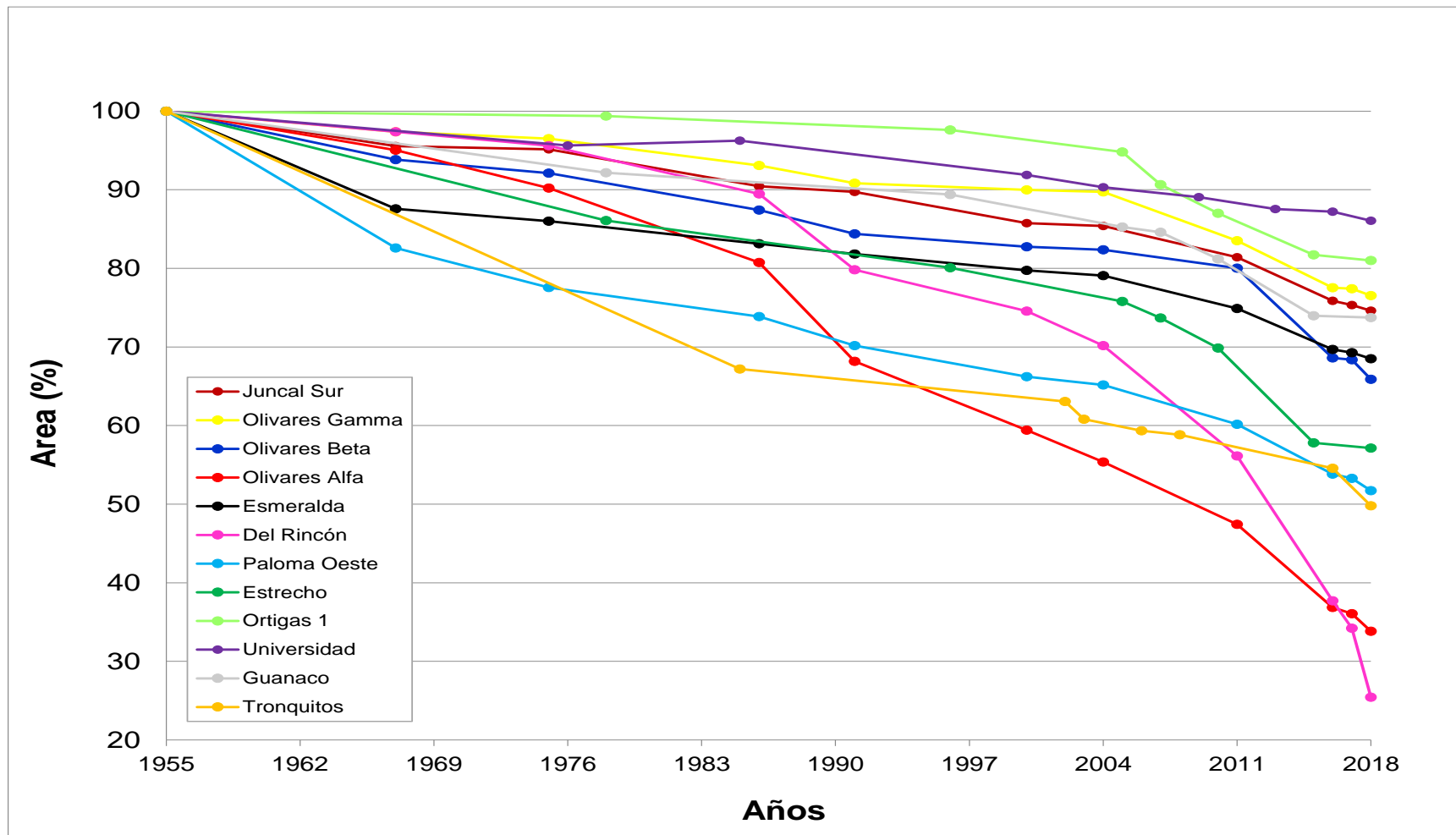
Fuente: Esta presentación

Cambios frontales glaciar Universidad 1945-2018



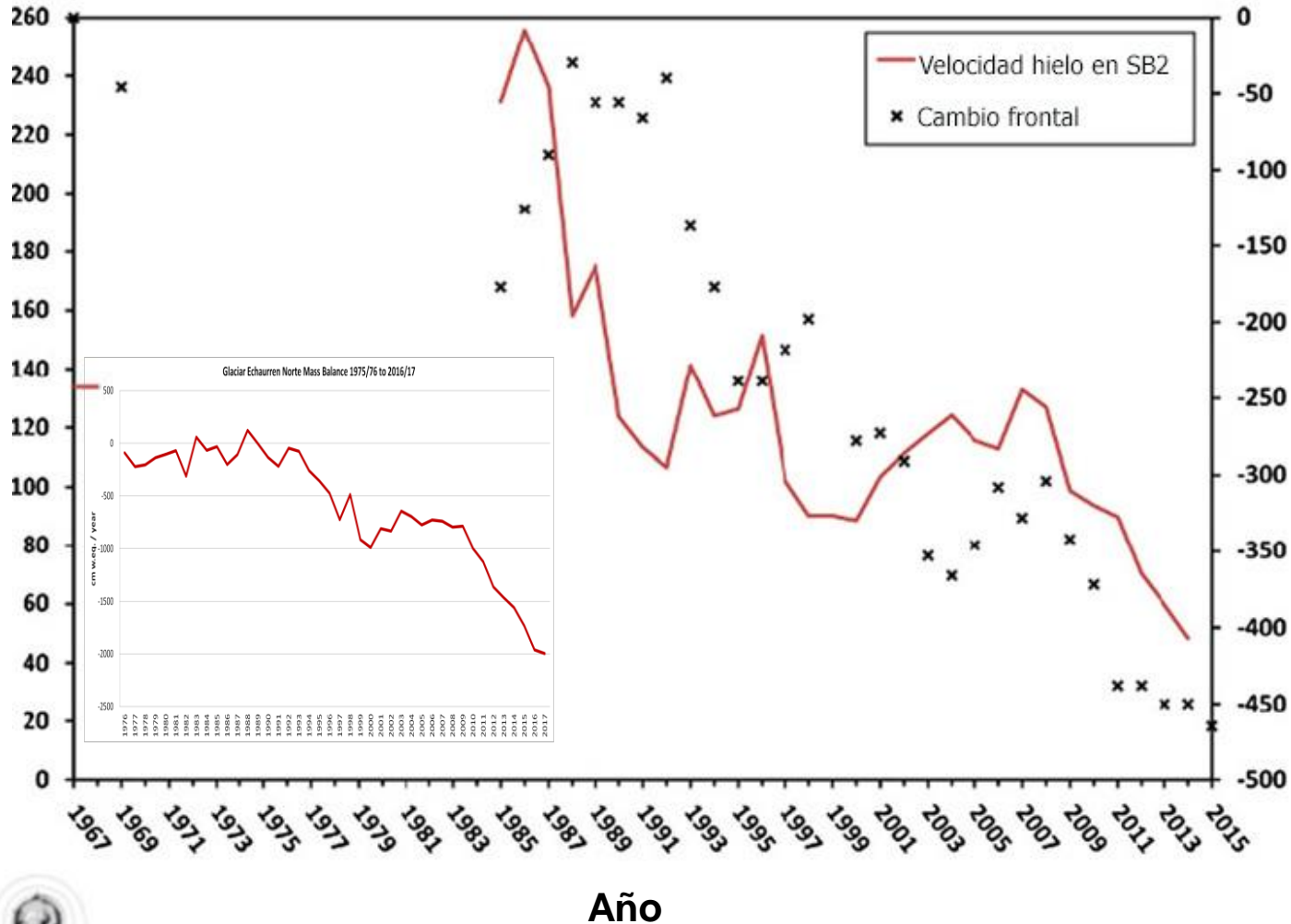


Cambio de área 1955-2018 centro-norte



Cambios frontales y de velocidad en glaciar Universidad

Velocidad superficial del hielo (m/año)



Cambio frontal acumulado (m)



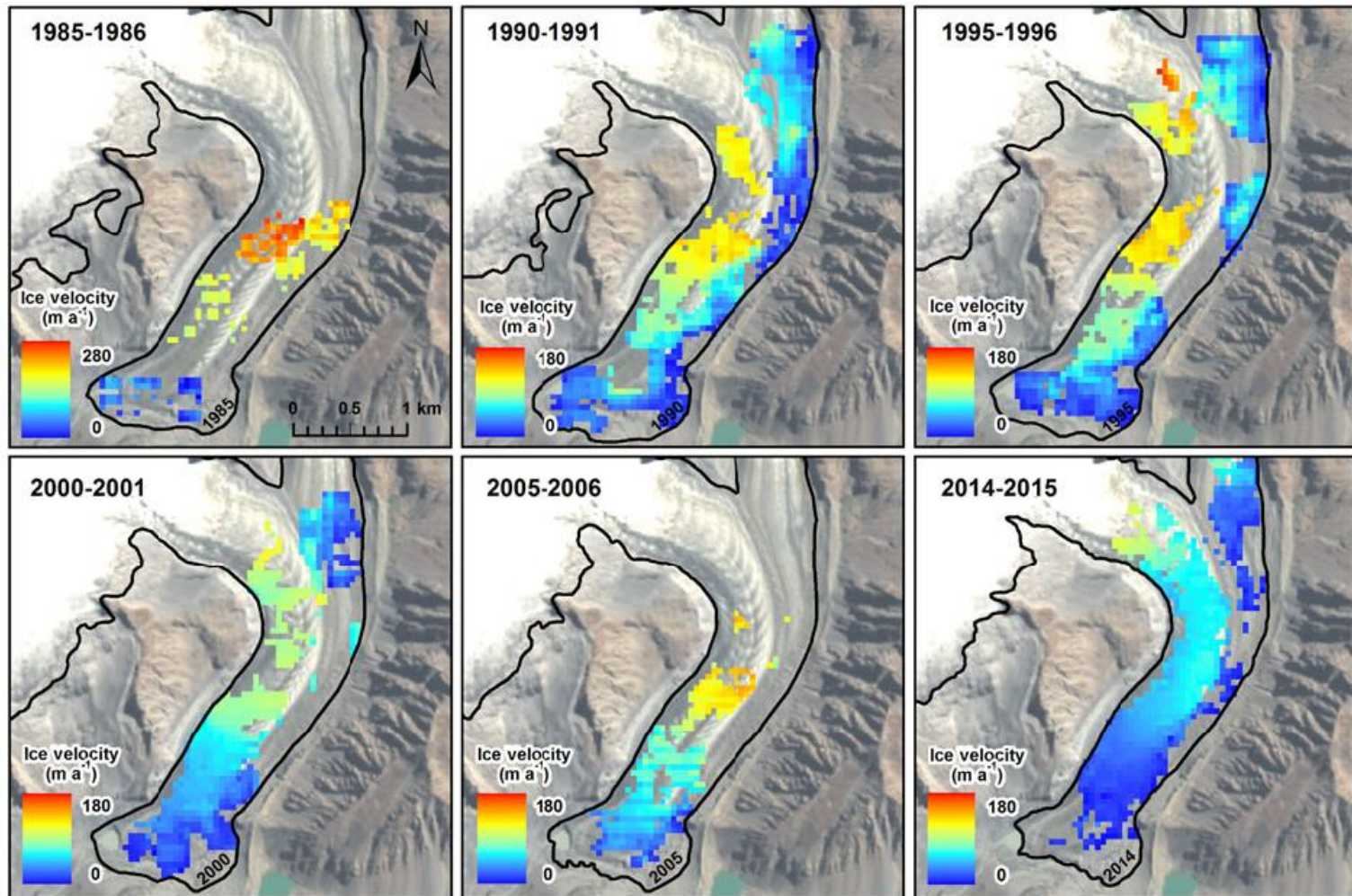
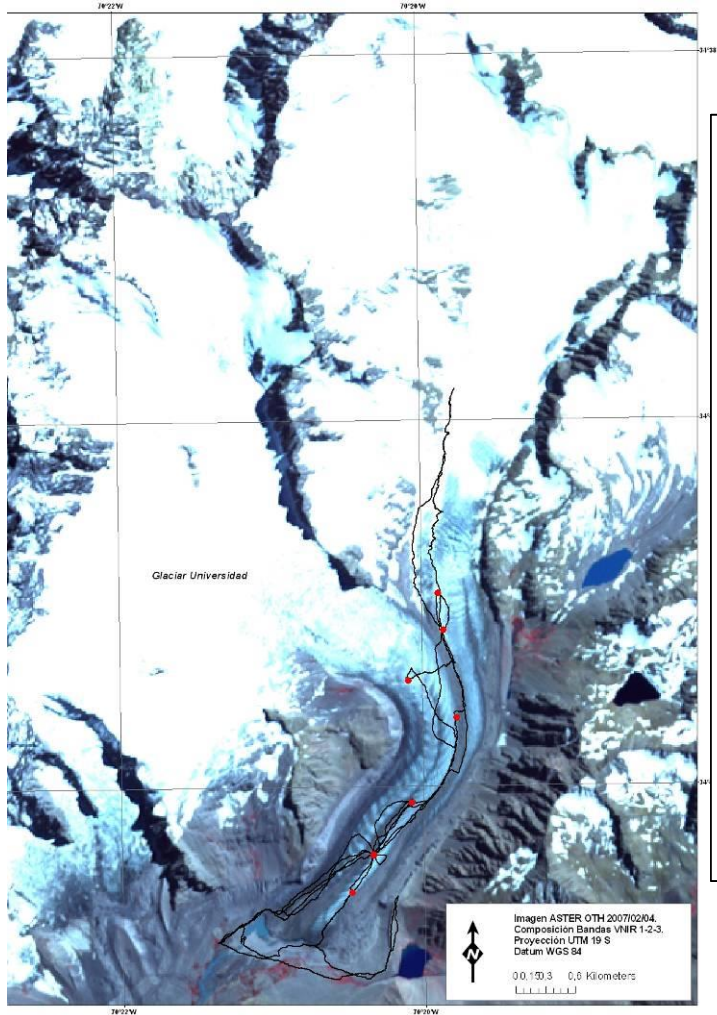


Fig. 4. Spatial distribution of selected ice surface velocity magnitudes. Note the larger ice surface velocity scale for the 1985/86 observation period.

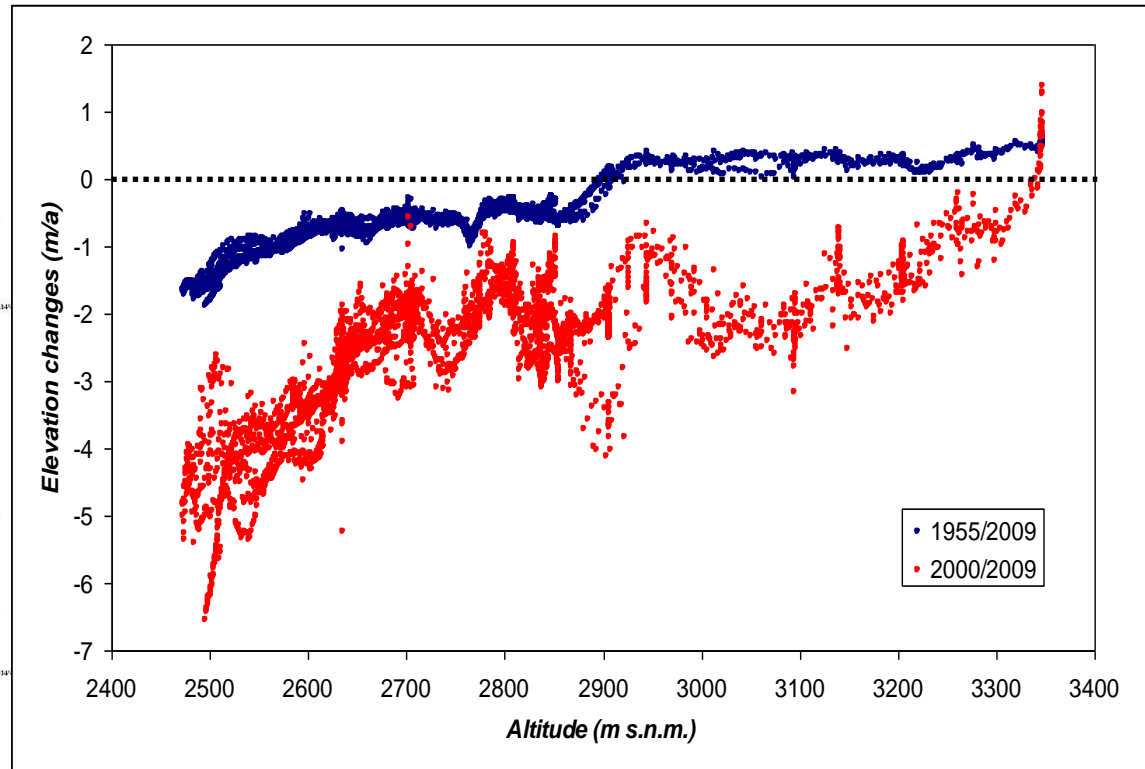
Velocidad del hielo de glaciar Universidad

Cambios en la topografía superficial de glaciar Universidad

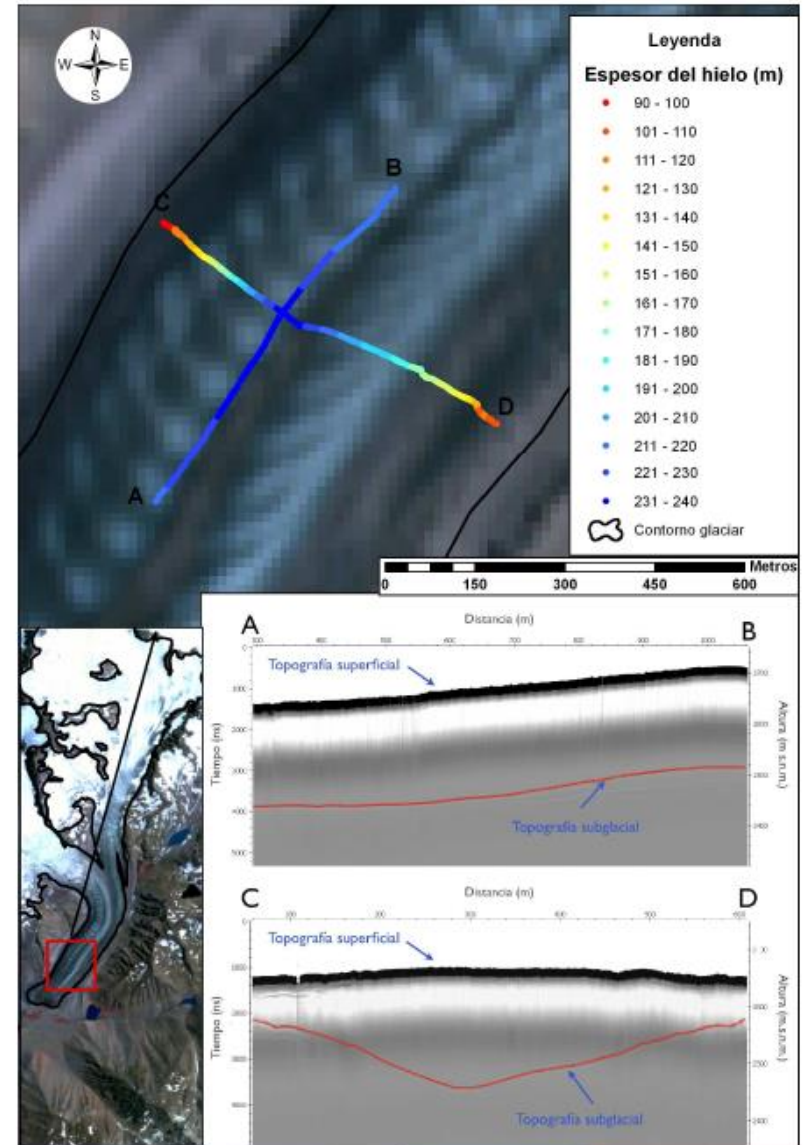
Mediciones con GPS



Comparación con IGM 1955 y SRTM 2000



Topografía subglacial de glaciar Universidad

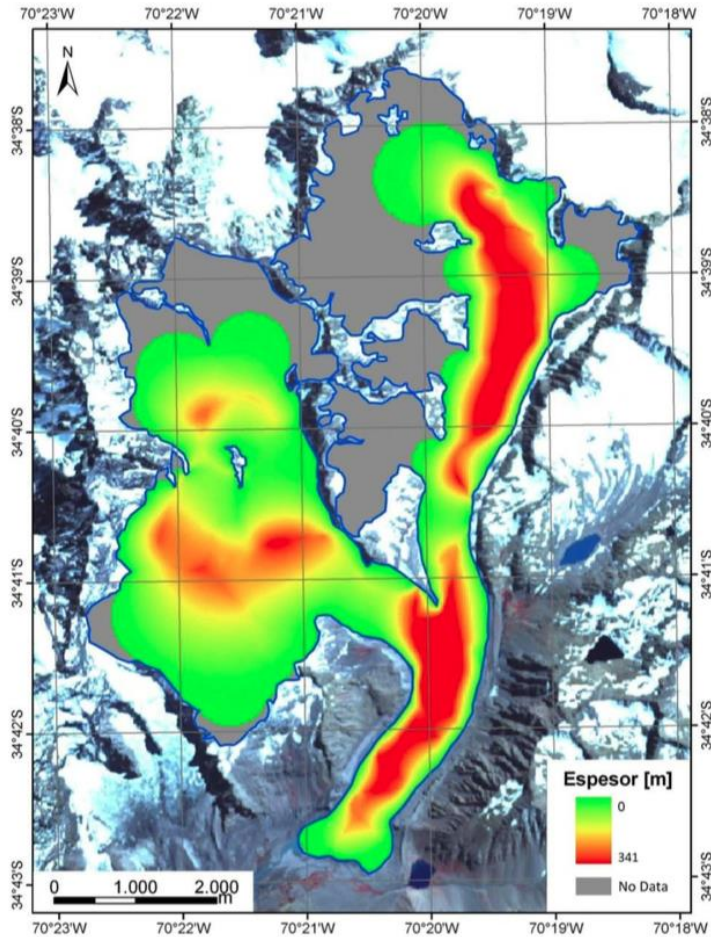


Radar CECs con helicópteros

Fuente: Esta presentación

Radar CECs terrestre

Volumen interpolado Glaciar Universidad

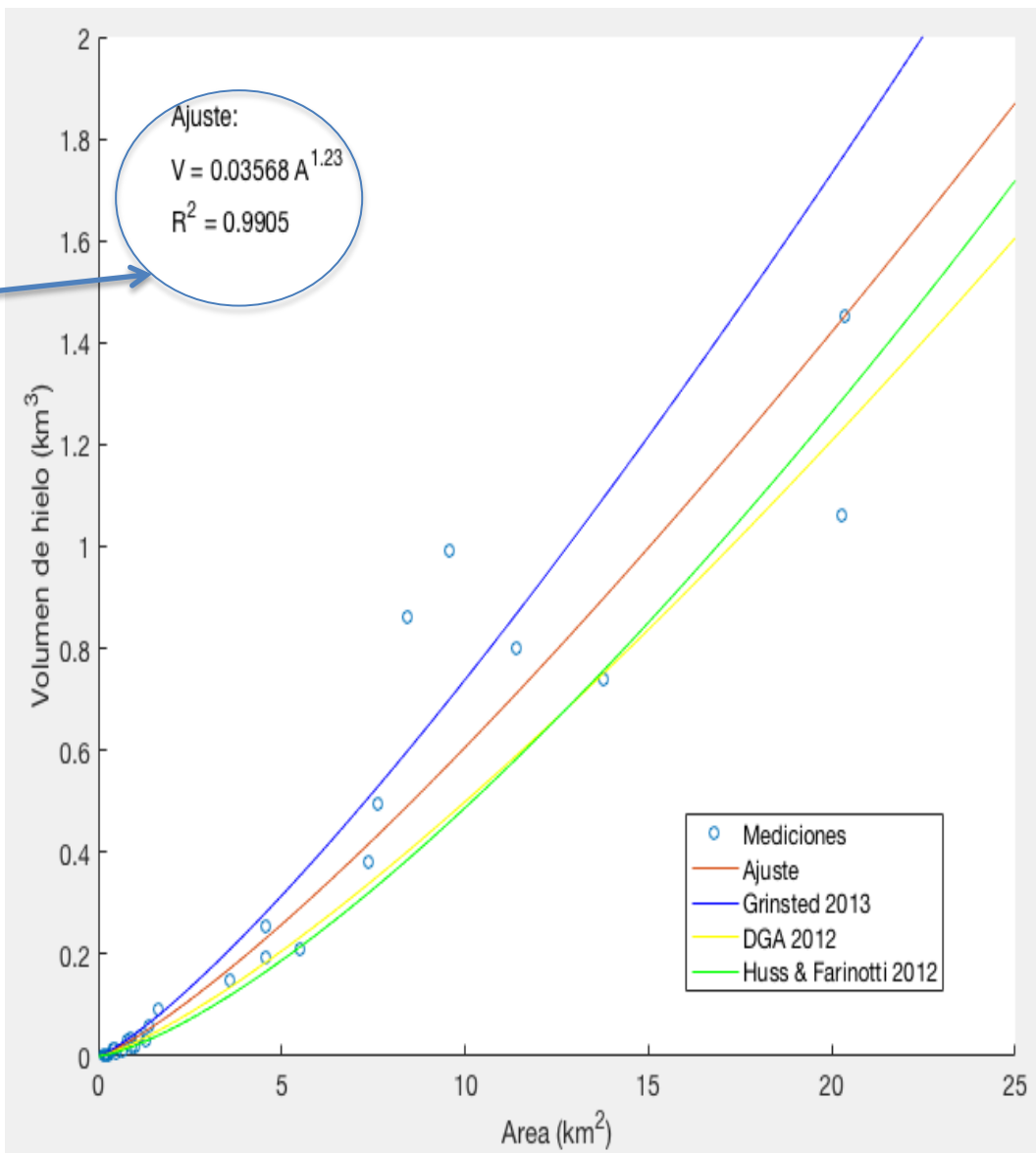


- Fecha de medición: Julio de 2012
- Área interpolada: 20.26 km²
- Espesor máximo: 342 m
- Espesor promedio: 162 m
- Volumen de hielo en área interpolada: 1.06 km³
- Volumen eq. en agua en área interpolada: 0.91 km³

Este tipo de datos se usan en siguiente diapositiva para determinar curvas de ajuste

Fuente: Esta presentación

Curvas de ajuste para obtener volumen de hielo para todos los glaciares



Curva usada para calcular volumen en toda la cuenca

Volúmenes de hielo y equivalentes de agua glaciares cuenca Tinguiririca

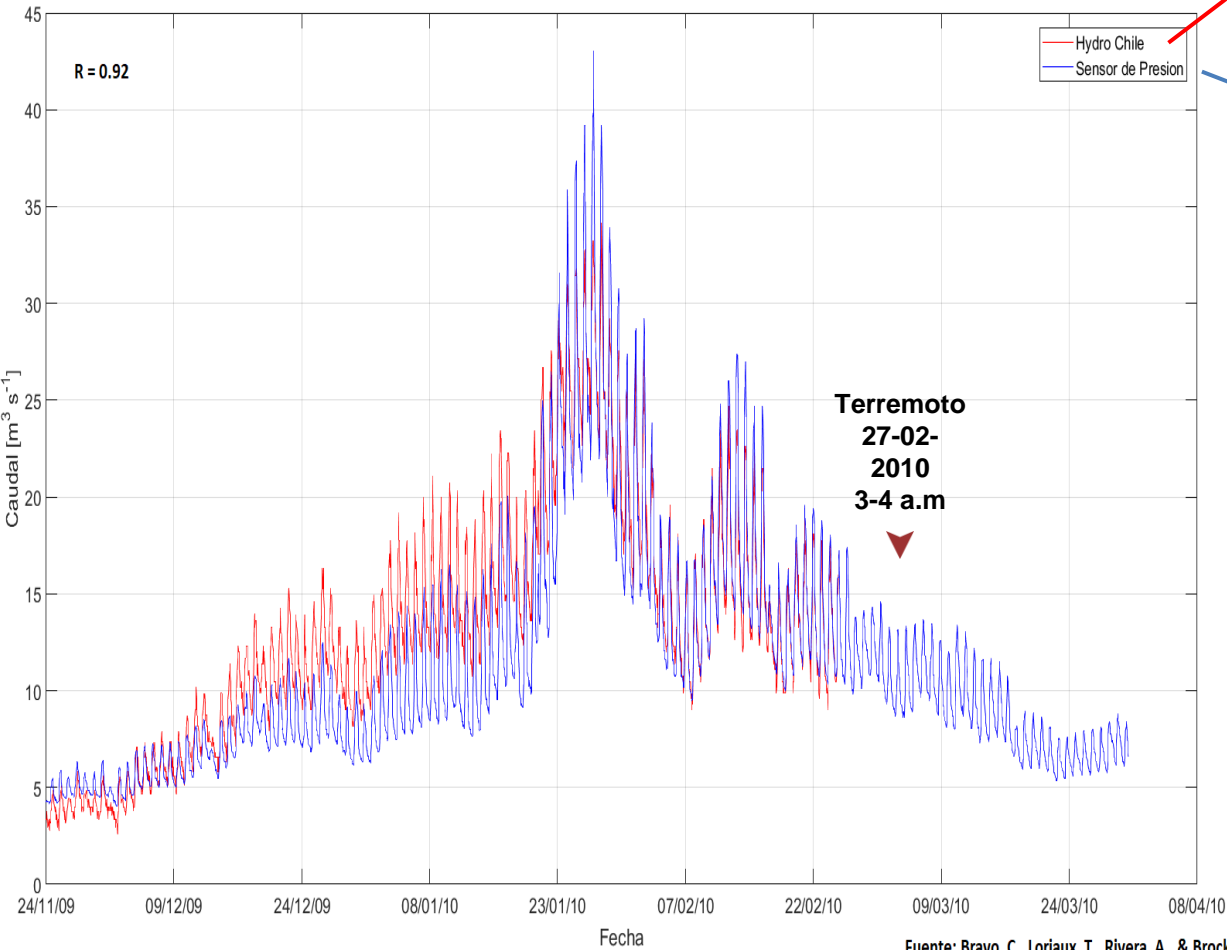
Glaciar	Área total (km ²)	Vol. Hielo (km ³)	Vol. eq. Agua** (km ³)
Universidad*	28.4	2.2	1.9
Tinguiririca 1	4.2	0.2	0.2
Tinguiririca 3	3.4	0.2	0.1
Tinguiririca 4	2.1	0.1	0.1
Otros glaciares	52.2	1.9	1.6
Total cuenca	90.3	4.5	3.9

*Datos para TODO el glaciar usando curvas de ajuste de diapositiva anterior

** Se usó densidad promedio de 860 kg/m³

Caudales cerca del frente del glaciar Universidad. En Rojo datos de HydroChile y en azul, estación instalada por el CECs para la DGA y destruida en el terremoto del 27 de febrero del 2010

- Datos de caudal. Hidro-eléctrica San Andrés

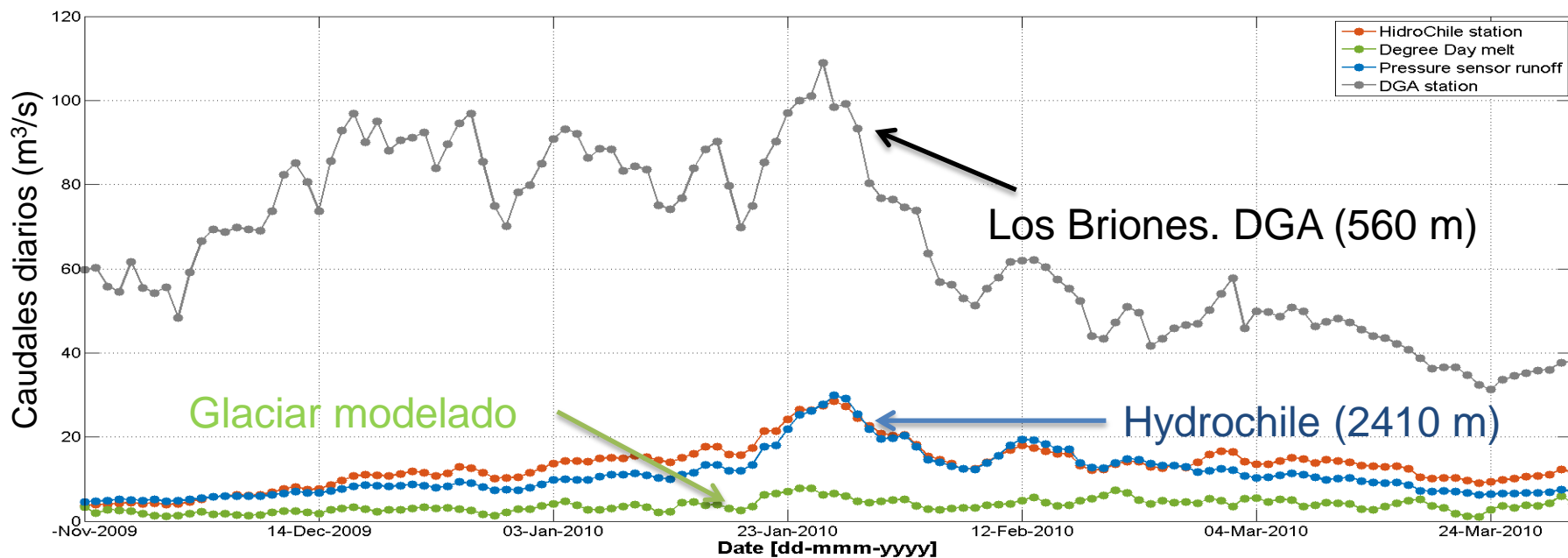


- Sensor instalado para la campaña.



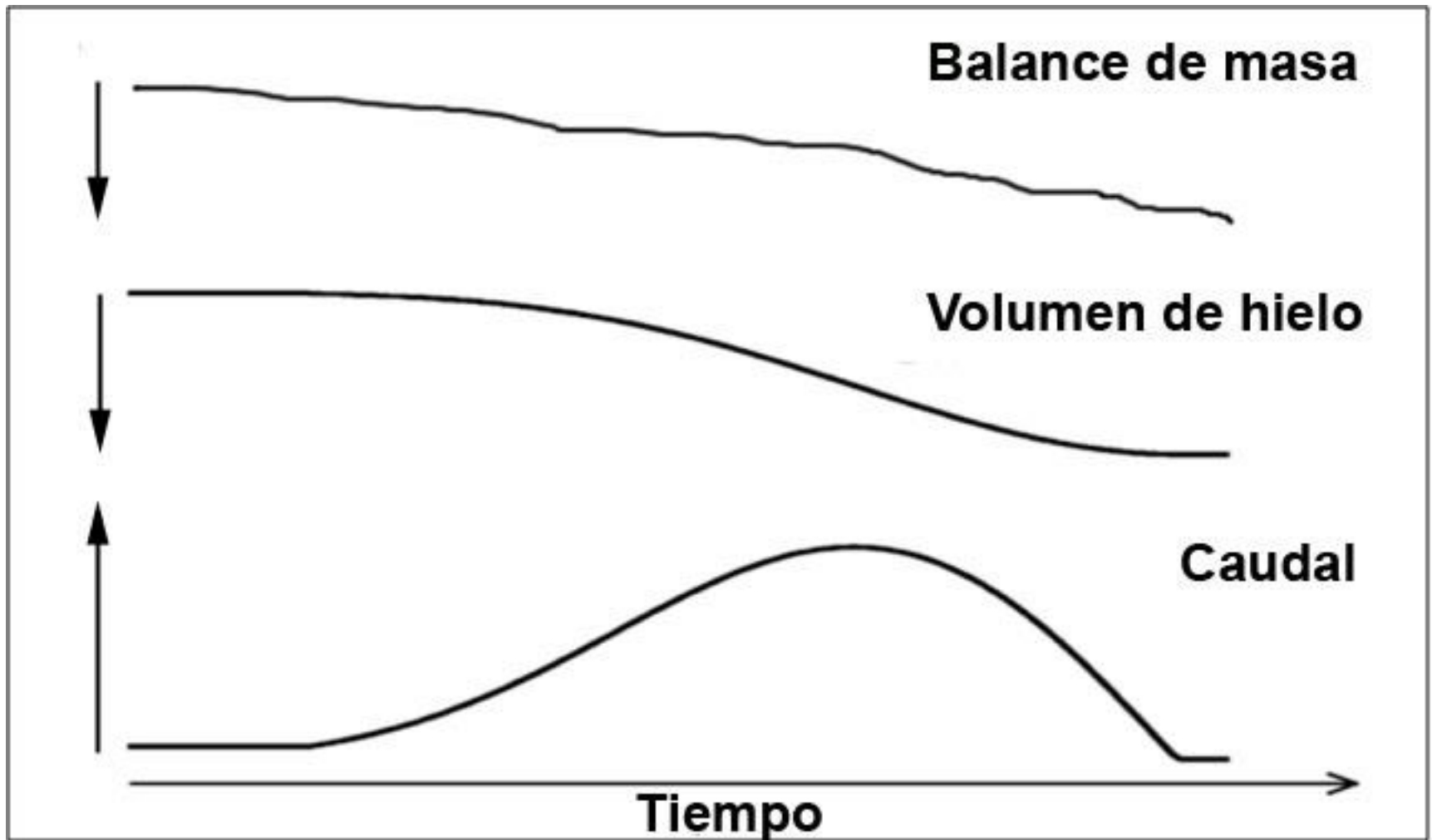
Fuente: Bravo, C., Loriaux, T., Rivera, A., & Brock, B. (2017)

Caudales de origen glaciar comparados con DGA Los Briones



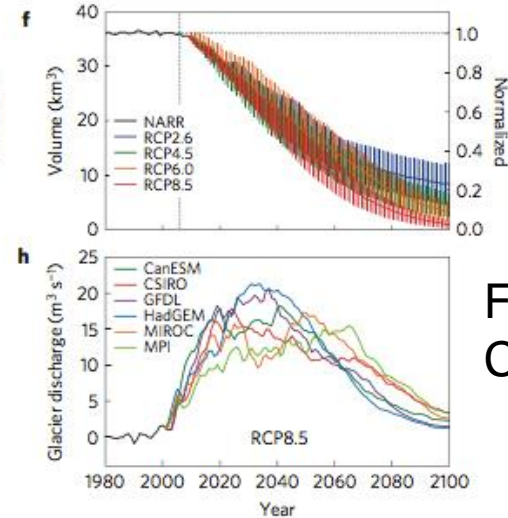
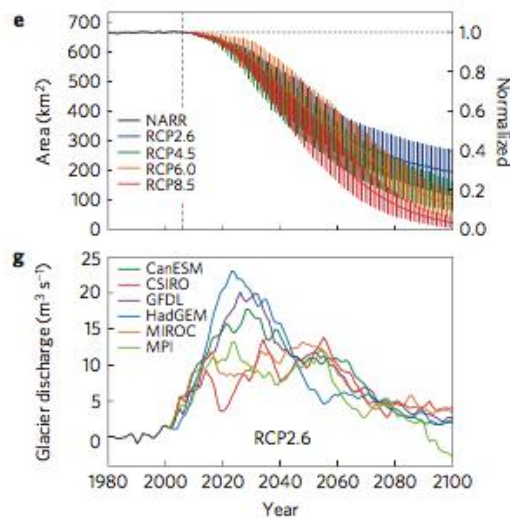
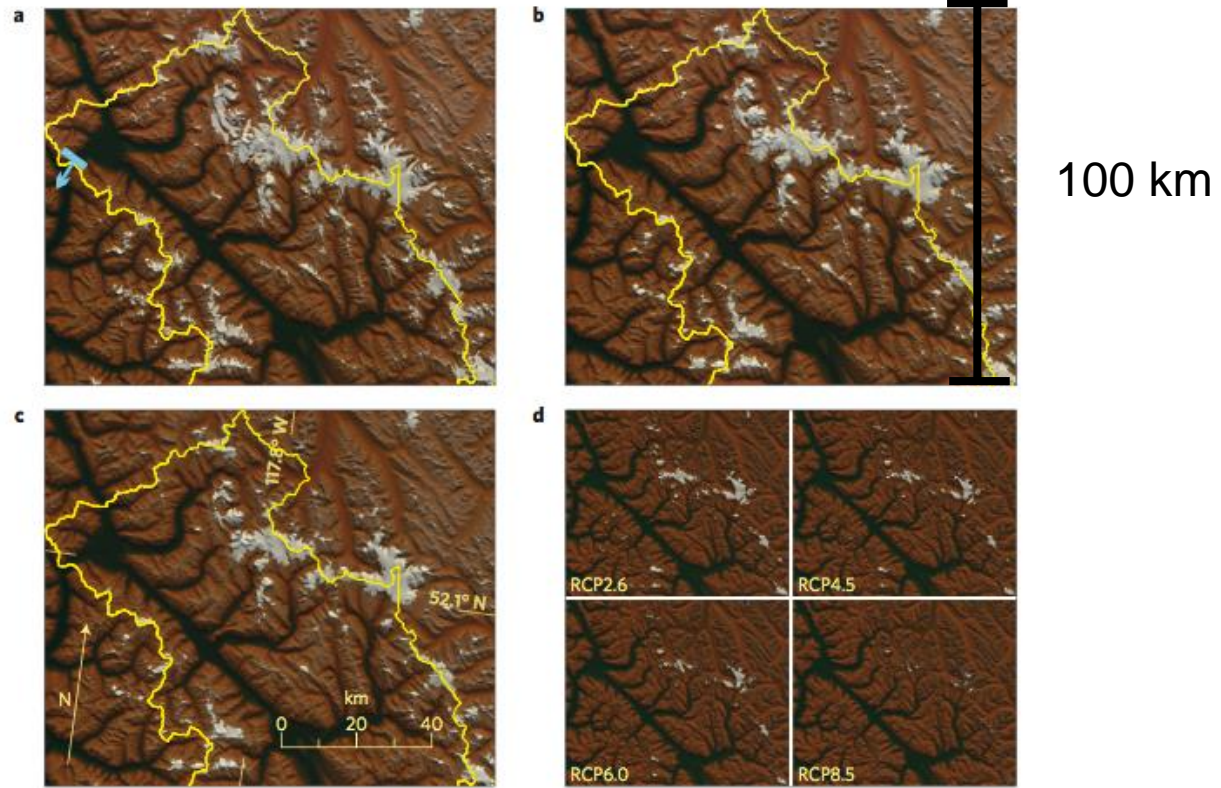
Meses	Media mensual aportada por glaciar Universidad a estación DGA Los Briones
Diciembre 2009	4.3-5.2%
Enero 2010	8.1-10.2%
Febrero 2010	14.1-17.9%
Marzo 2010	15.3-19.5%
Media de los periodos	10.5-13.2%

Comportamiento futuro



Deglaciación futura

Cuenca de río Columbia. Canadá



Fuente:
Clarke et al. 2015

Conclusiones

- Los glaciares de Chile están adelgazando y retrocediendo
- La contribución glacial a los caudales es especialmente importante en Chile Central durante el verano
- Junto a las pérdidas de área, muchos glaciares se están recubriendo por material rocoso
- Se estima que los caudales aportados por glaciares aumentarán en el mediano plazo (décadas) pero disminuirán en el largo plazo (mediados de siglo)

Gracias...

Laboratorio de Glaciología
Centro de Estudios Científicos (CECs). Valdivia. Chile



Referencias

Bravo et al 2017:

http://www.glaciologia.cl/web/glaciologia_es/glaciologiacms/upload/hess-21-3249-2017.pdf

Clarke et al 2015: <http://www.nature.com/doi/10.1038/ngeo2407>

Garreau et al 2017: <https://doi.org/10.5194/hess-21-6307-2017>

Lequesne et al 2009:

http://www.glaciologia.cl/web/glaciologia_es/glaciologiacms/upload/27897800542lequesne-rivera.pdf

Rivera et al 2016: http://www.glaciologia.cl/web/glaciologia_en/download_book.php

Wilson et al 2016: <http://hdl.handle.net/2160/43424>