

Acción urgente por la Transformación Climática



Clima y Criósfera

Gino Casassa



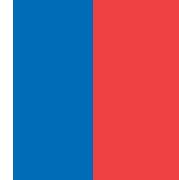
Startup Box: The importance of the ocean and cryosphere for people

All people on Earth depend directly or indirectly on the ocean and cryosphere. The global ocean covers 71% of the Earth surface and contains about 97% of the Earth's water. The cryosphere refers to frozen components of the Earth system¹. Around 10% of Earth's land area is covered by glaciers or ice sheets. The ocean and cryosphere support unique habitats, and are interconnected with other components of the climate system through global exchange of water, energy and carbon. The projected responses of the ocean and cryosphere to past and current human-induced greenhouse gas emissions and ongoing global warming include climate feedbacks, changes over decades to millennia that cannot be avoided, thresholds of abrupt change, and irreversibility. {Box 1.1, 1.2}

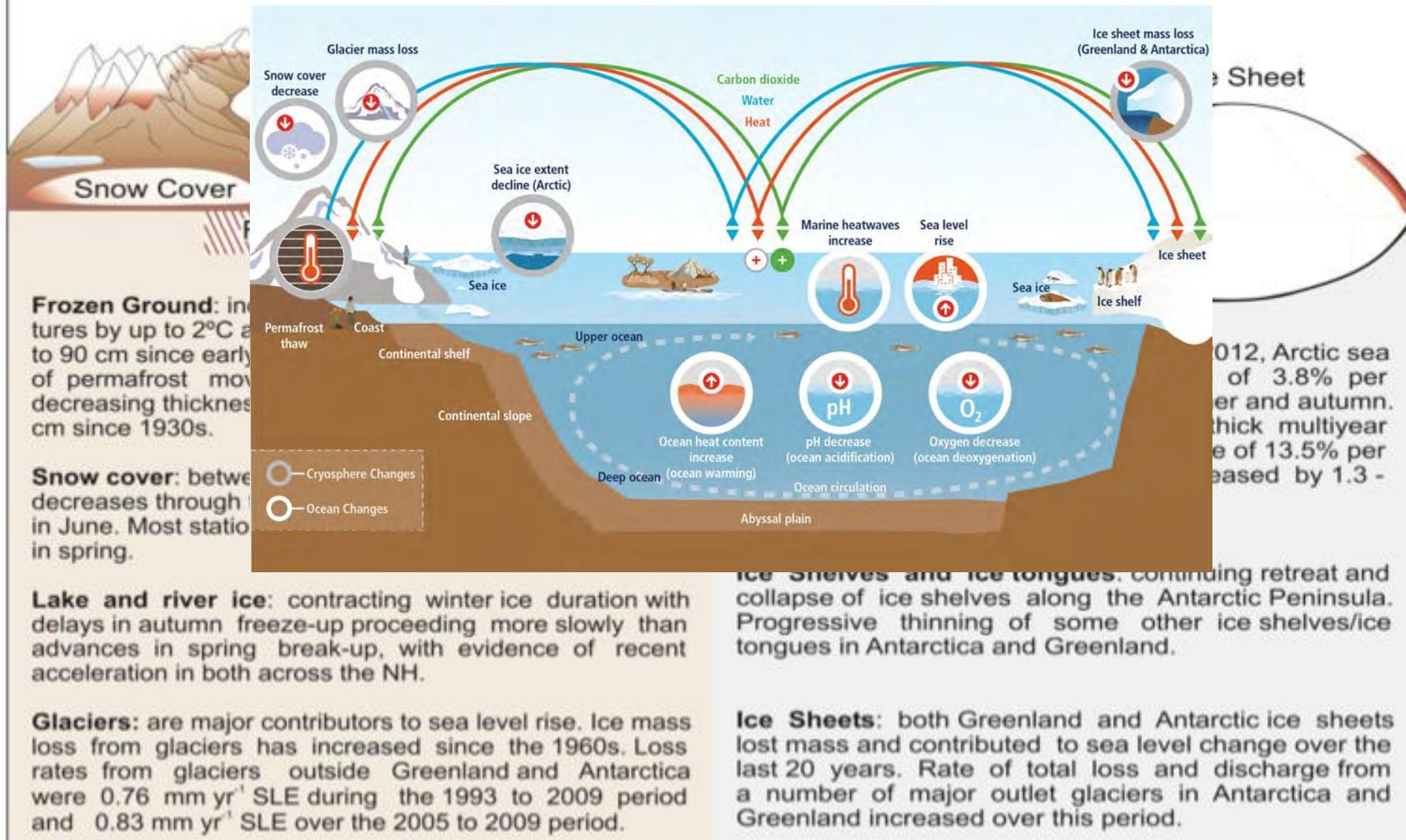
Human communities in close connection with coastal environments, small islands (including Small Island Developing States, SIDS), polar areas and high mountains² are particularly exposed to ocean and cryosphere change, such as sea level rise, extreme sea level and shrinking cryosphere. Other communities further from the coast are also exposed to changes in the ocean, such as through extreme weather events. Today, around 4 million people live permanently in the Arctic region, of whom 10% are Indigenous. The low-lying coastal zone³ is currently home to around 680 million people (nearly 10% of the 2010 global population), projected to reach more than one billion by 2050. SIDS are home to 65 million people. Around 670 million people (nearly 10% of the 2010 global population), including Indigenous peoples, live in high mountain regions in all continents except Antarctica. In high mountain regions, population is projected to reach between 740 and 840 million by 2050 (about 8.4–8.7% of the projected global population). {1.1, 2.1, 3.1, Cross-Chapter Box 9, Figure 2.1}

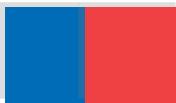
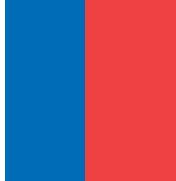
In addition to their role within the climate system, such as the uptake and redistribution of natural and anthropogenic carbon dioxide (CO₂) and heat, as well as ecosystem support, services provided to people by the ocean and/or cryosphere include food and water supply, renewable energy, and benefits for health and well-being, cultural values, tourism, trade, and transport. The state of the ocean and cryosphere interacts with each aspect of sustainability reflected in the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs). {1.1, 1.2, 1.5}

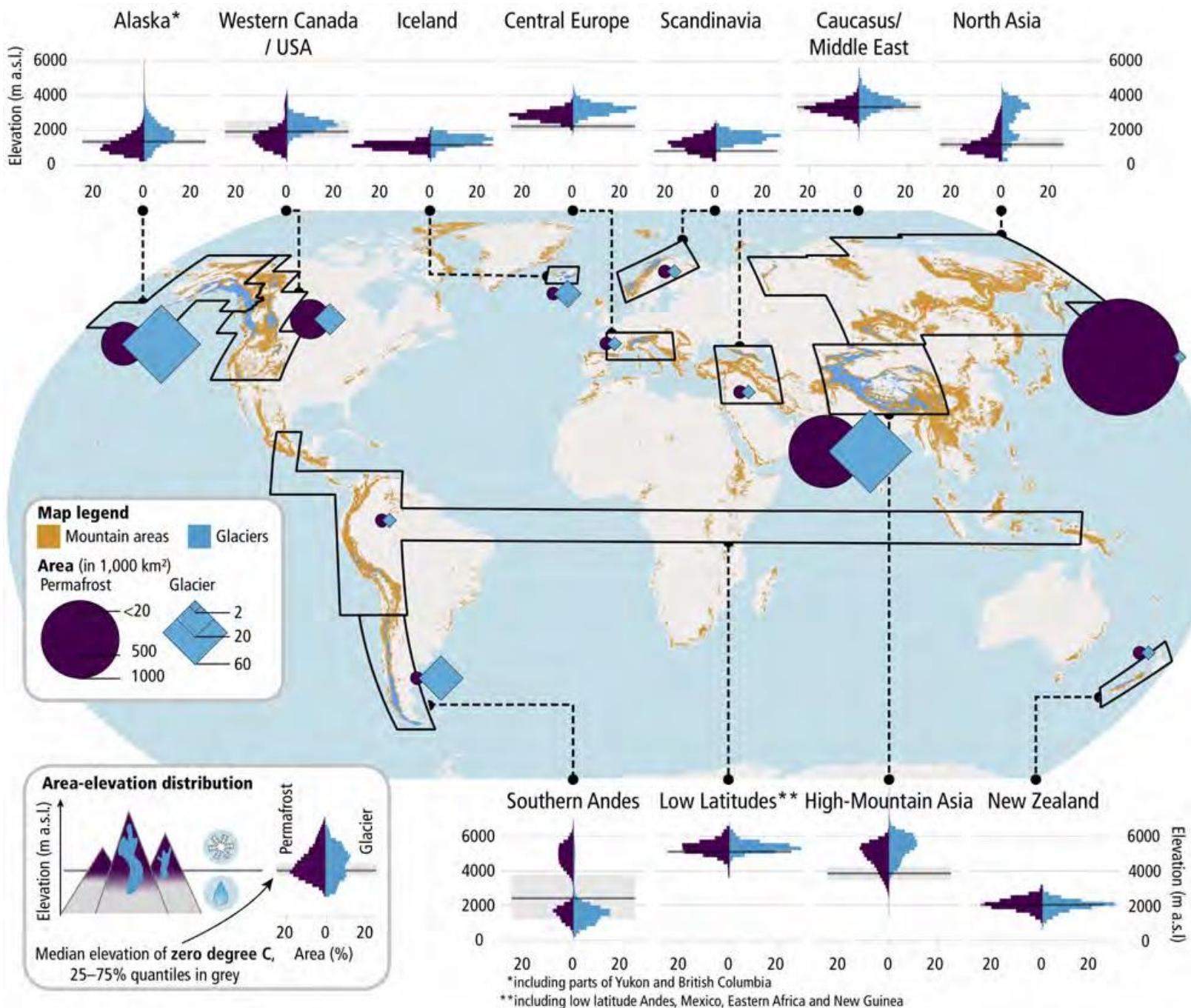
CRIÓSFERA



Changes in the Cryosphere







Mass budget ($\text{kg m}^{-2} \text{yr}^{-1}$)

2000

a) Alaska

0

-2000

2000

$A = 86,725 \text{ km}^2$

$V = 43.3 \pm 11.2 \text{ mm SLE}$

2000

e) Western Canada and USA

0

-2000

2000

$A = 14,524 \text{ km}^2$

$V = 2.6 \pm 0.7 \text{ mm SLE}$

2000

g) Low Latitudes

0

-2000

2000

$A = 2,341 \text{ km}^2$

$V = 0.2 \pm 0.1 \text{ mm SLE}$

2000

i) Southern Andes

0

-2000

2000

$A = 29,429 \text{ km}^2$

$V = 12.8 \pm 3.3 \text{ mm SLE}$

2000

b) Iceland

0

-2000

2000

$A = 11,060 \text{ km}^2$

$V = 9.1 \pm 2.4 \text{ mm SLE}$

2000

c) Scandinavia

0

-2000

2000

$A = 2,949 \text{ km}^2$

$V = 0.7 \pm 0.2 \text{ mm SLE}$

2000

d) North Asia

0

-2000

2000

d) North Asia

$A = 2,410 \text{ km}^2$

$V = 0.3 \pm 0.1 \text{ mm SLE}$

2000

f) High Mountain Asia

0

-2000

2000

$A = 97,605 \text{ km}^2$

$V = 16.9 \pm 2.7 \text{ mm SLE}$

2000

h) New Zealand

0

-2000

2000

$A = 1,162 \text{ km}^2$

$V = 0.2 \pm 0.0 \text{ mm SLE}$

2000

All 11 mountain regions

0

-2000

2000

$A = 251,604 \text{ km}^2$

$V = 87 \pm 15 \text{ mm SLE}$

2000

$A = 1,307 \text{ km}^2$

$V = 0.2 \pm 0.0 \text{ mm SLE}$

2000

j) Central Europe

$A = 2,092 \text{ km}^2$

$V = 0.3 \pm 0.1 \text{ mm SLE}$

2000

k) Caucasus and Middle East

$A = 1,307 \text{ km}^2$

$V = 0.2 \pm 0.0 \text{ mm SLE}$

2000

Zemp et al., 2019

Wouters et al., 2019

Gardner et al., 2013

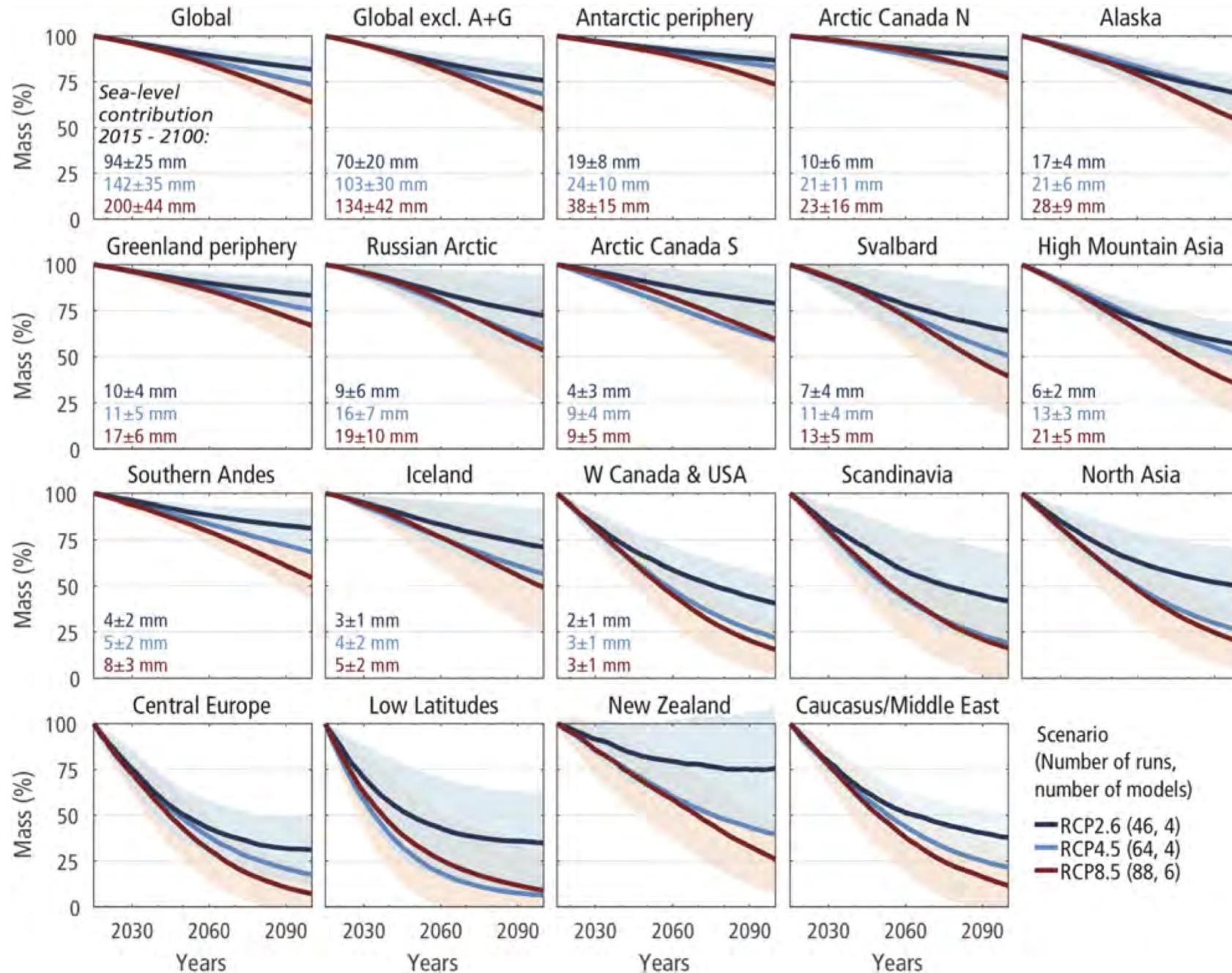
Other regional estimates (Appendix 2.A)

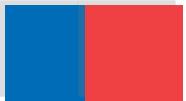
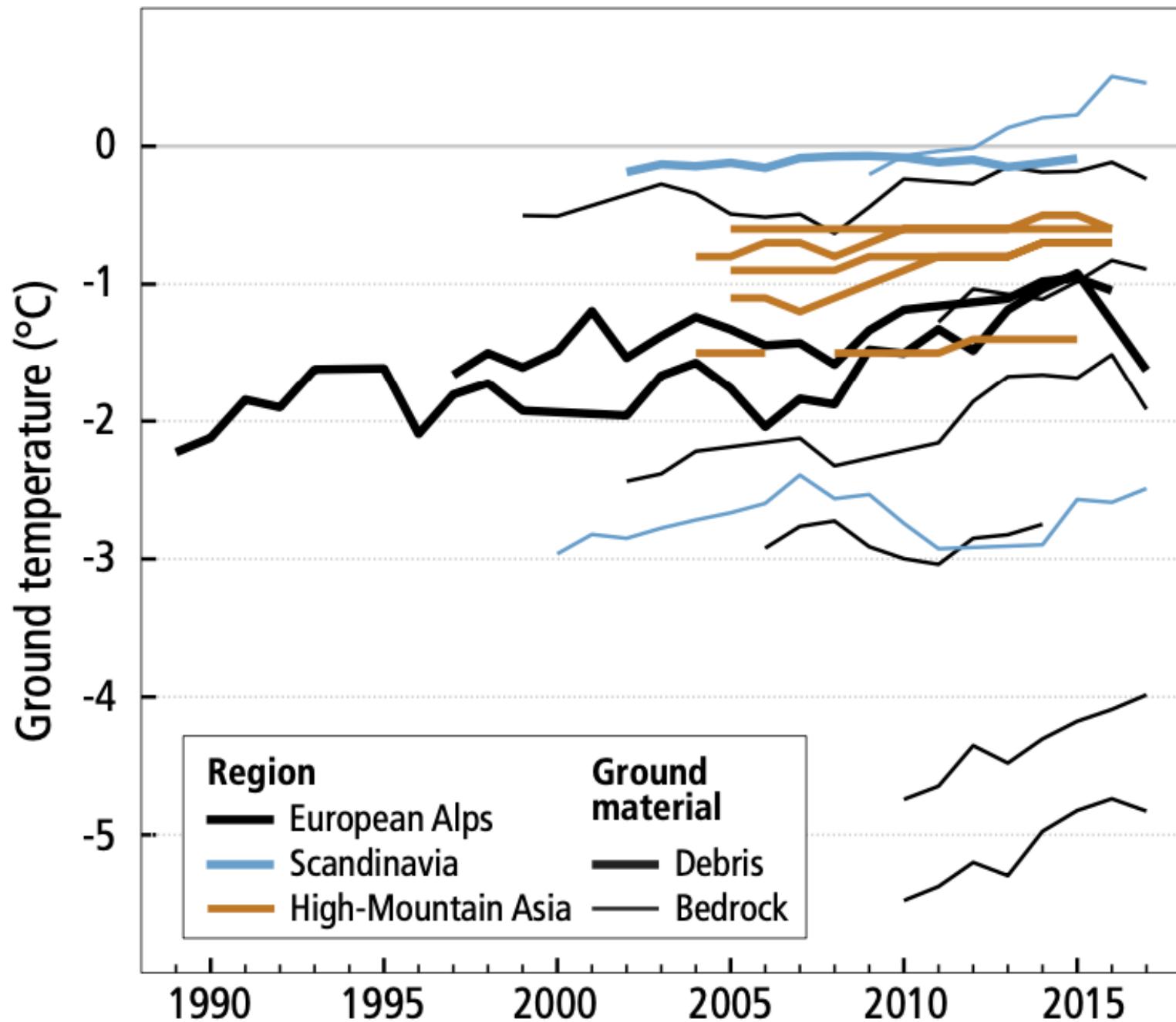
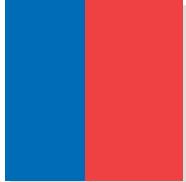
Mass budget 2006 - 2015

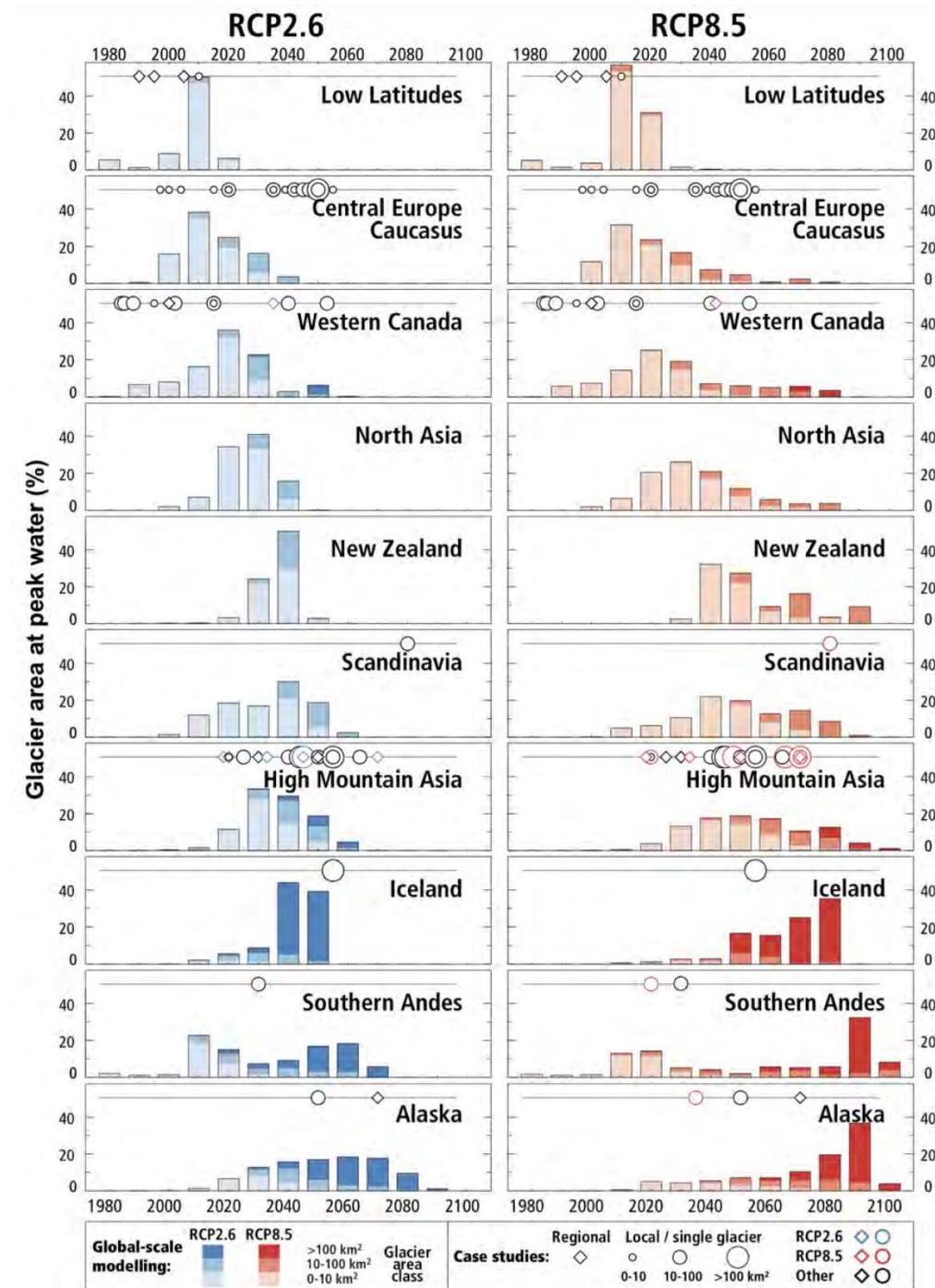
$\text{kg m}^{-2} \text{yr}^{-1}$ mm SLE yr^{-1}

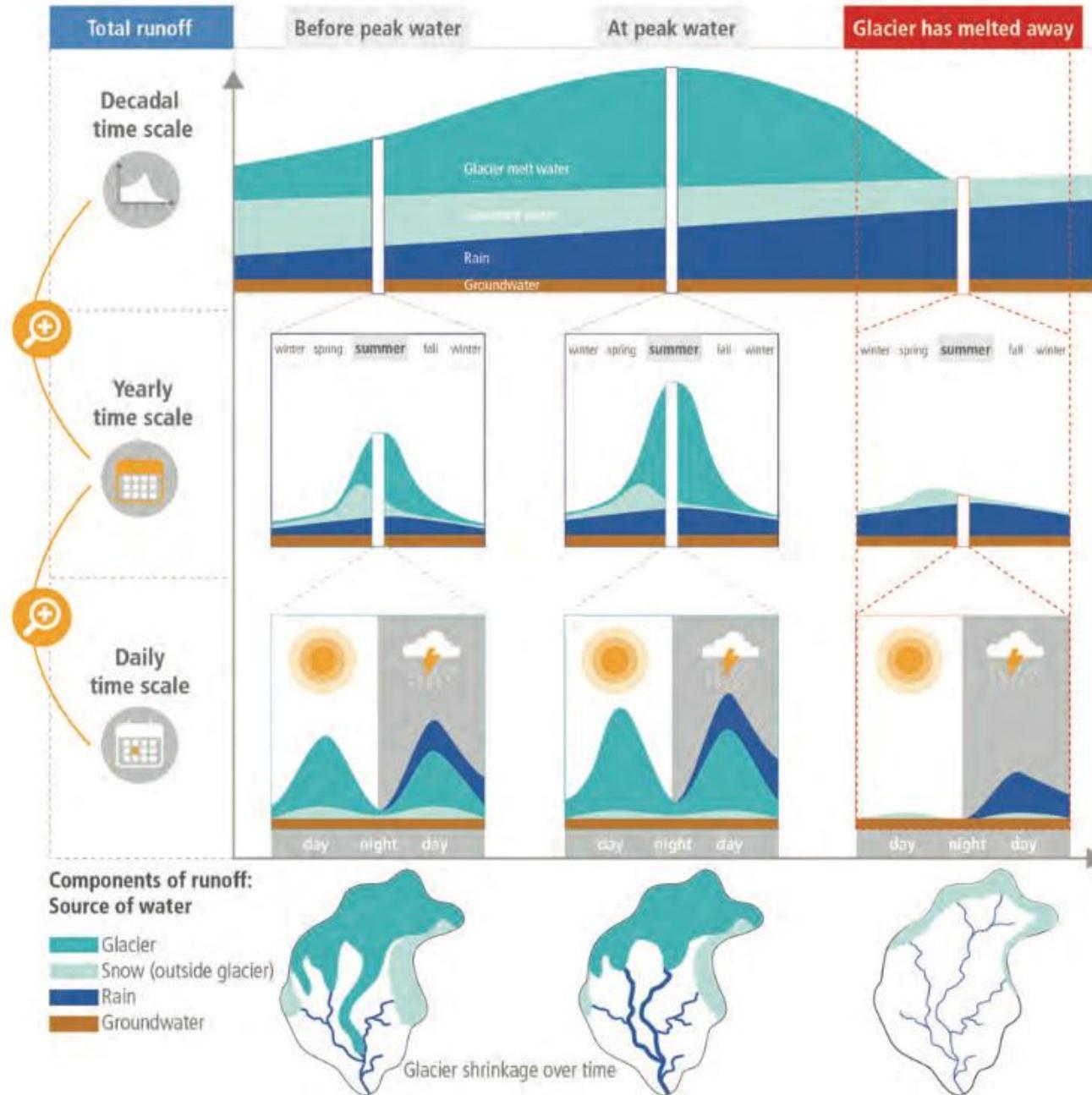
■ -400 ■ 0.04

■ 0 ■ 0



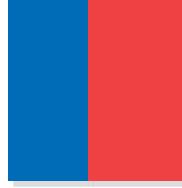








Ice stupas in Ladakh, India (Photo: Padma Rigzi)



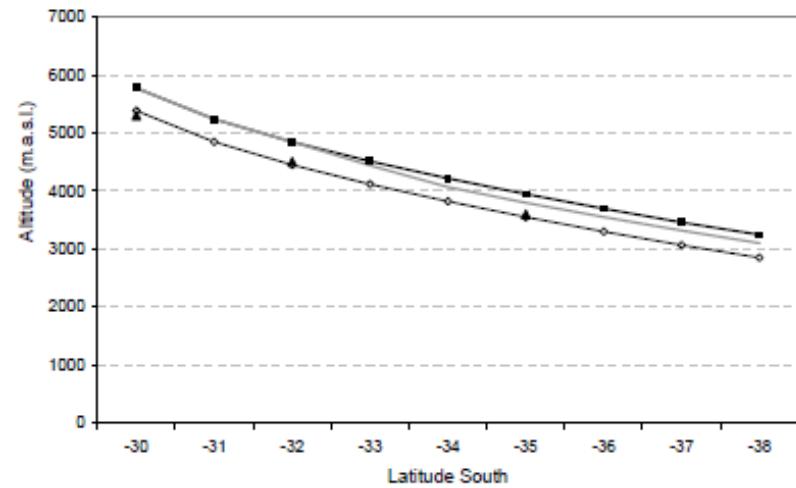
World's Glaciers Are Melting Faster Than Ever, Study Reveals

🕒 April 29, 2021 7:41 am 👤 Polina Tikhonova





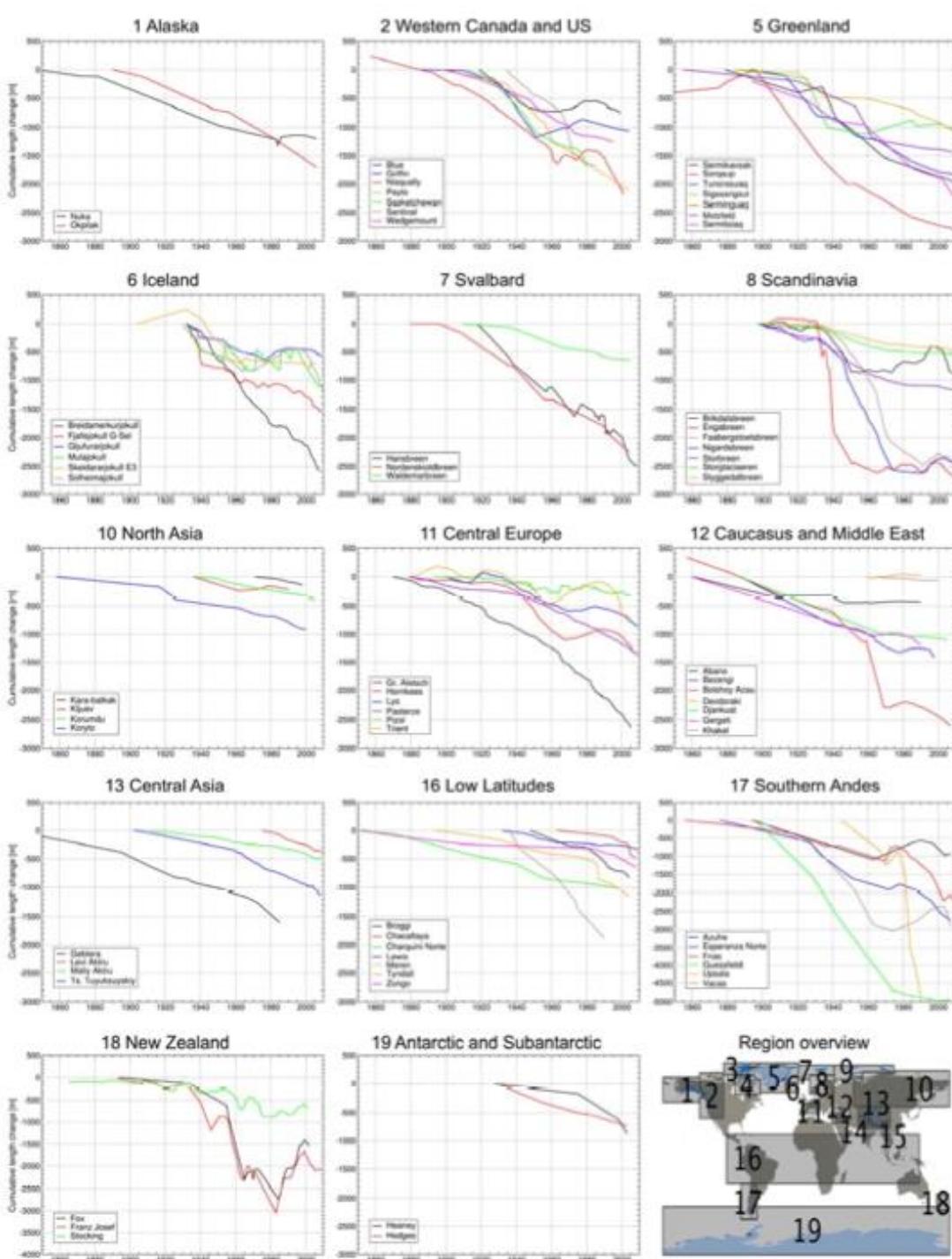
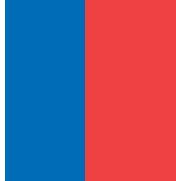
ASCENSO LÍNEA DE NIEVES



ASCENSO DE LA LÍNEA DE NIEVES

Carrasco et al., 2005





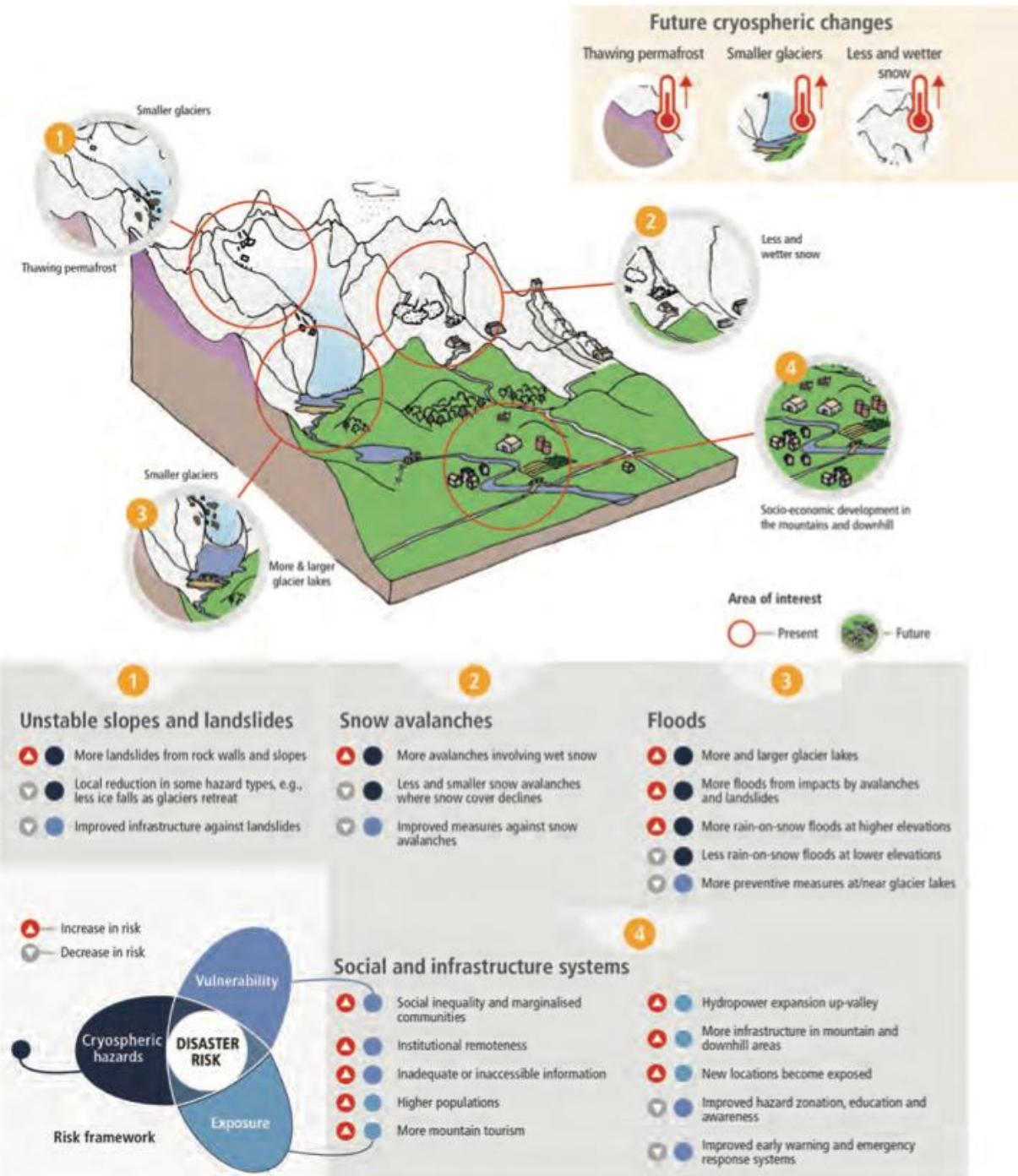
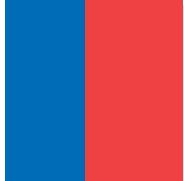
RETROCESO MUNDIAL DE GLACIARES

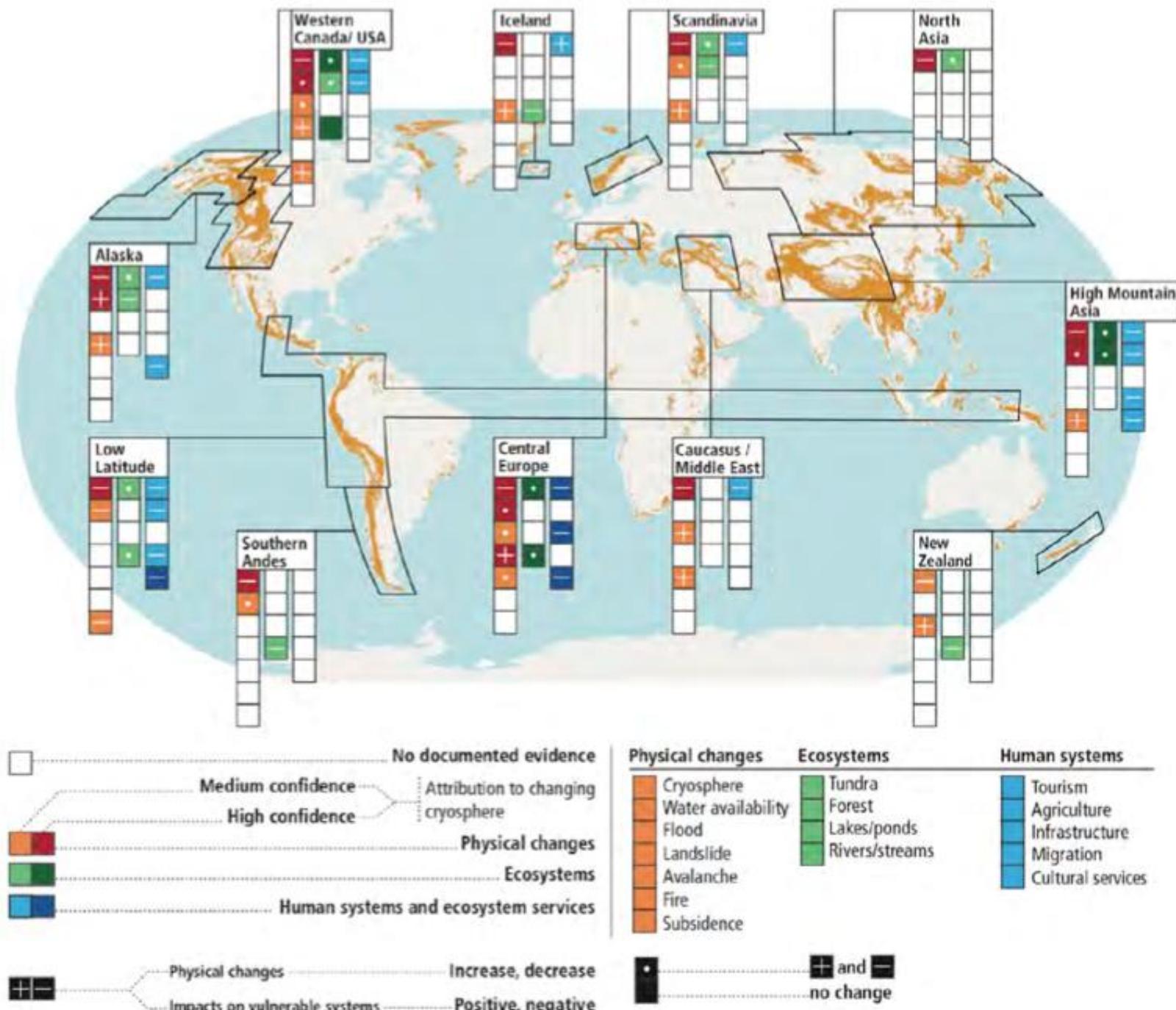


TAMBIÉN PÉRDIDA DE MASA DE GLACIARES

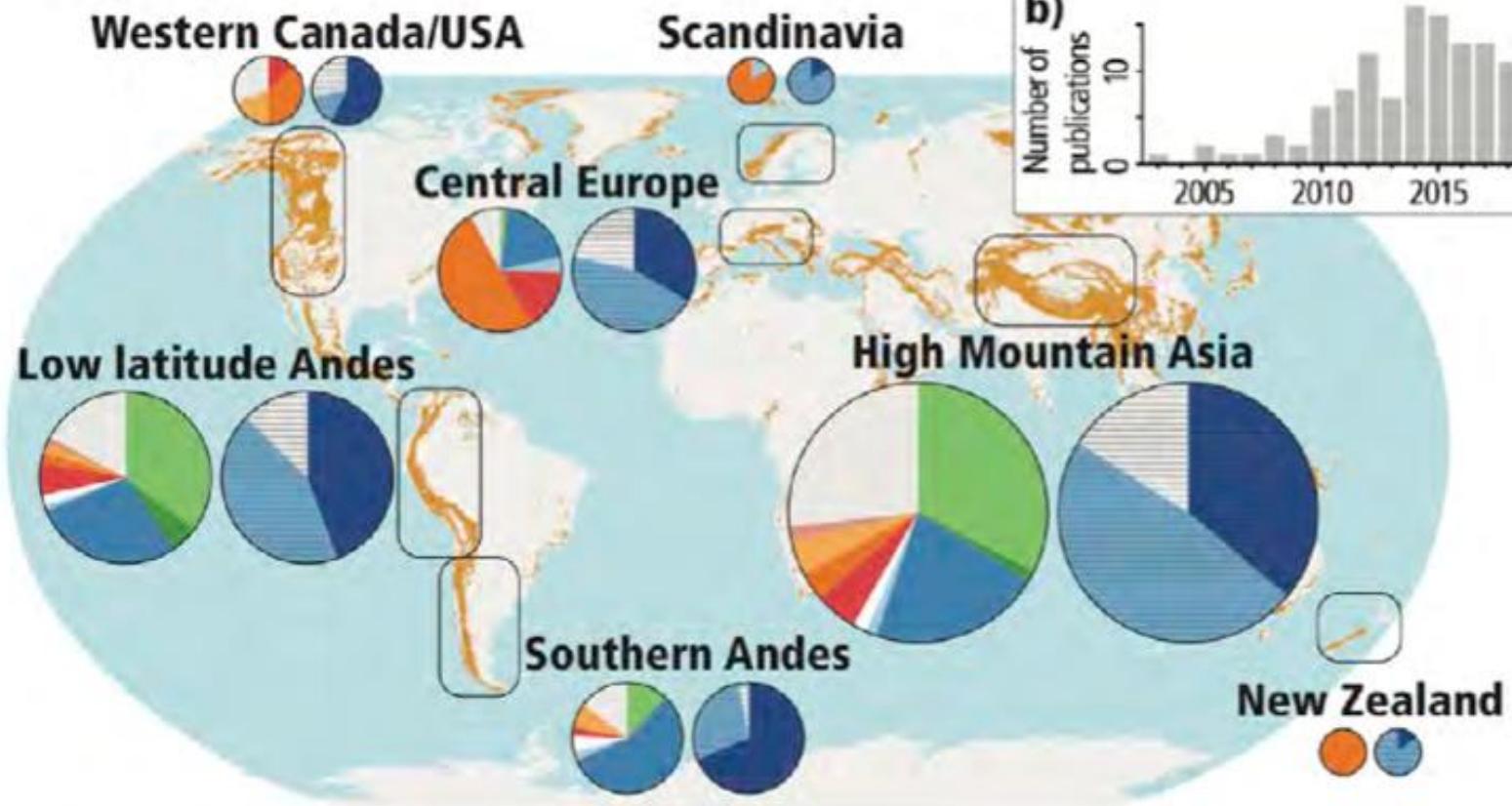
IPCC, 2013



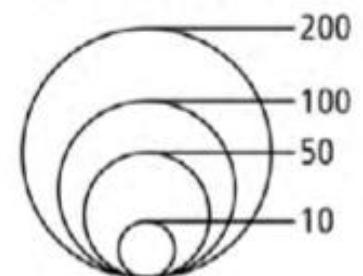




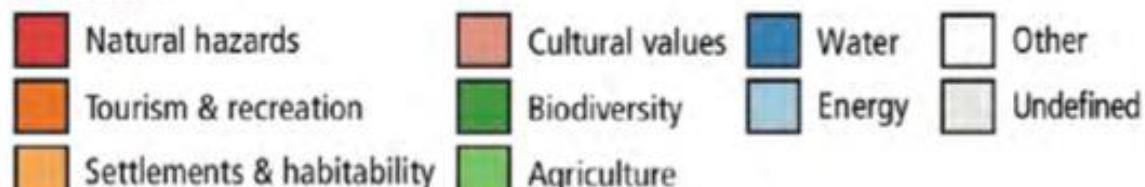
a)



Number of adaptations

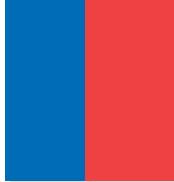


Sectors



Implementation type

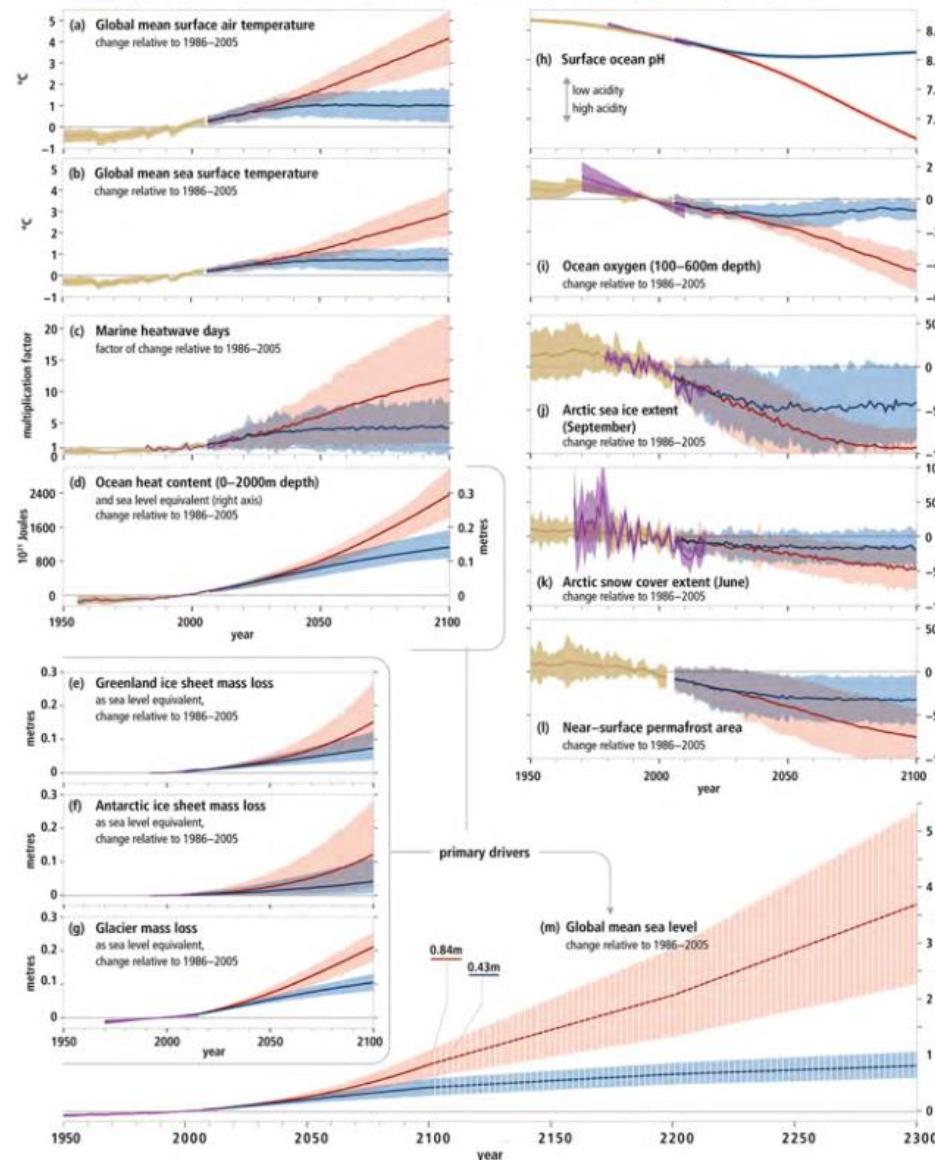




Past and future changes in the ocean and cryosphere

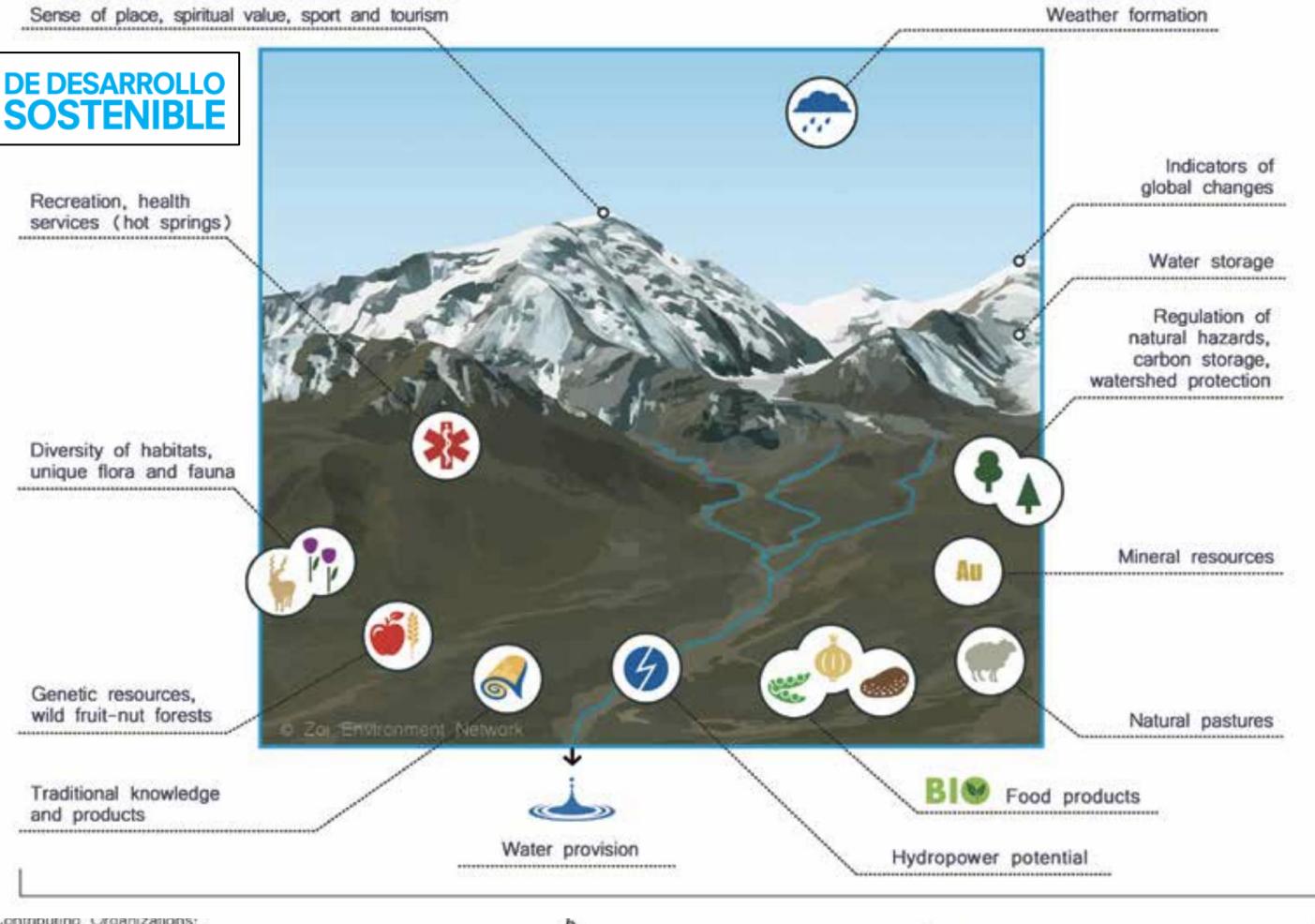
Historical changes (observed and modelled) and projections under RCP2.6 and RCP8.5 for key indicators

Historical (observed) Historical (modelled) Projected (RCP2.6) Projected (RCP8.5)

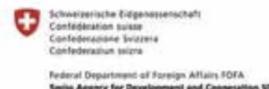




17 ODS



Contributing organizations



Austrian
Development Cooperation



COE
CENTRE FOR DEVELOPMENT
AND EDUCATION



United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization



G.R.I.D.
ARENDAL
A Cross Collaboration with UNIS





Política Nacional para la Gestión Sustentable de la Montaña en Chile

Comité Nacional Para las Montañas



¡64% de Chile corresponde a MONTAÑAS!

1. Ministerio de Relaciones Exteriores, quien lo preside.
2. Ministerio de Defensa Nacional.
3. Ministerio de Economía, Fomento y Turismo.
4. Ministerio de Agricultura.
5. Ministerio de Minería.
6. Ministerio de Bienes Nacionales.
7. Ministerio del Medio Ambiente, quien ejerce la Secretaría Técnica
8. Oficina Nacional de Emergencia.
9. Servicio Nacional de Turismo.
10. Corporación Nacional de Desarrollo Indígena.
11. Dirección General de Aguas.
12. Corporación Nacional Forestal
13. Servicio Nacional de Geología y Minería
14. Policía de Investigaciones de Chile



Alianza para las Montañas =

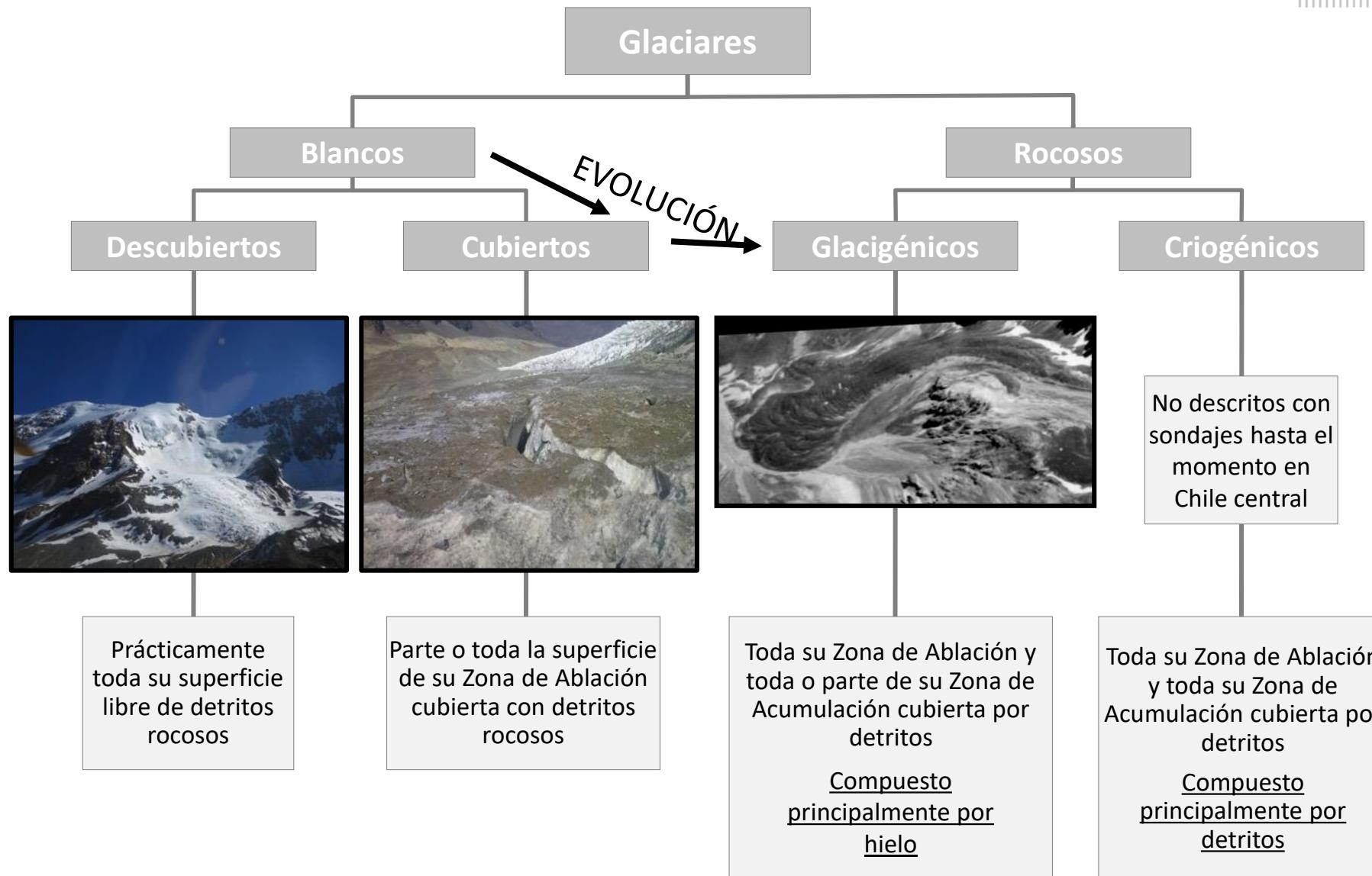
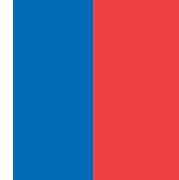


GLACIAR = “Río de Hielo”

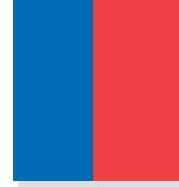
- Sensibles indicadores de cambios climáticos recientes y pasados, con un rol crítico en el cambio climático, el ciclo hidrológico y aumento del nivel del mar
- Los glaciares a su vez influencian el clima
- Impacto sobre actividades humanas: recursos hídricos, peligros glaciales, minería, caminos, turismo, deportes de montaña, culturas nativas, valor paisajístico



CLASIFICACIÓN de GLACIARES



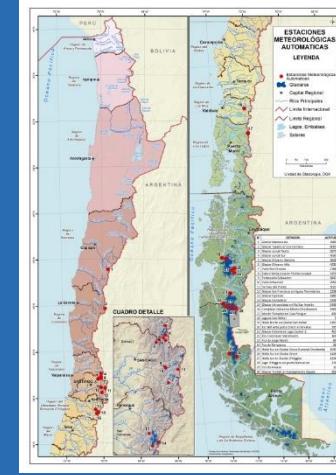
GLACIAR ROCO



GLACIAR ROCOSO
GLACIGÉNICO



Unidad de Glaciología y Nieves (UGN)



**Unidad de Glaciología y Nieves
Dirección General de Aguas (DGA-MOP)**

Gino Casassa, Jefe UGN, glaciólogo, Ph.D.

Diego González, Ing. Civil Electrónico

Jorge Huenante, Ing. Electrónico, M.Sc.

Javier Valdés, Geógrafo, M.Sc.

Franco Buglio, Geólogo

Alexis Segovia, Geógrafo, M.Sc.

Jorge O'Kuinghttons, Ing. Civil en Geografía, Aysén

Juan Carlos Eyzaguirre, Administración



Ministerio de
Obras Públicas

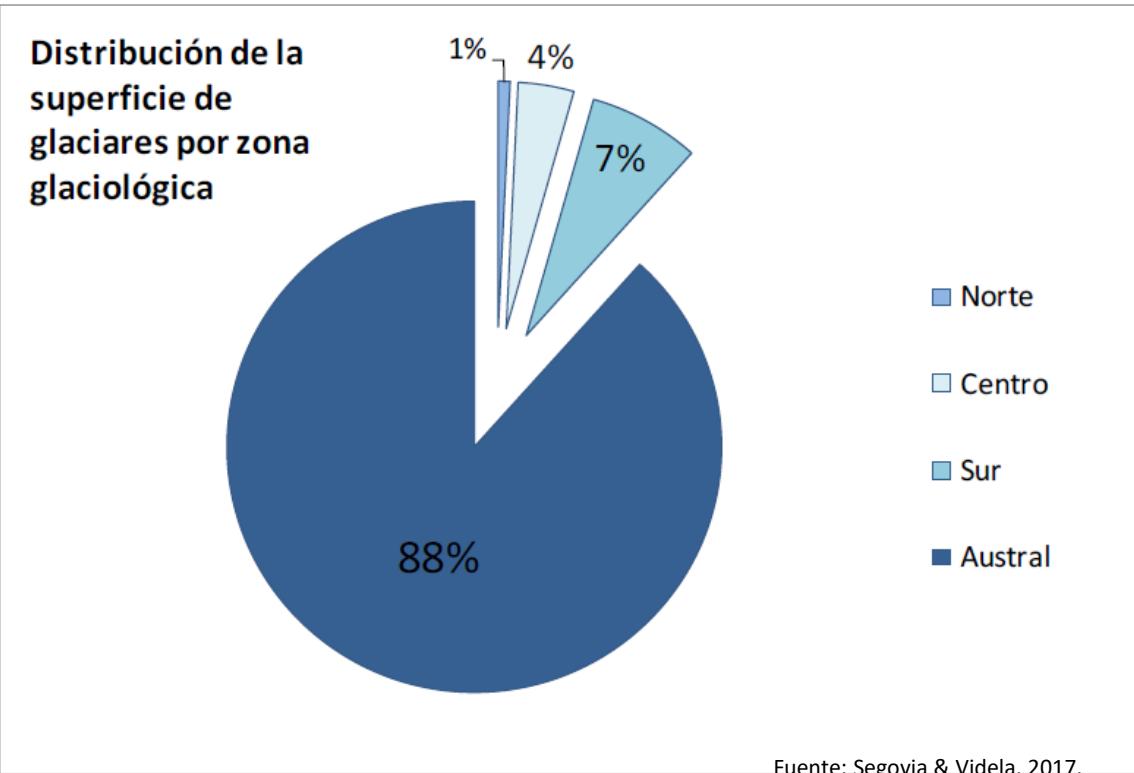
2008-2019

- Indicadores del Cambio Climático
- Reservas estratégicas de agua en estado sólido
- Aumento del nivel del mar
- Chile concentra 78,6% de los glaciares de Sudamérica
- Programa Glaciológico Nacional
 - Catastro
 - Estudio
 - Monitoreo

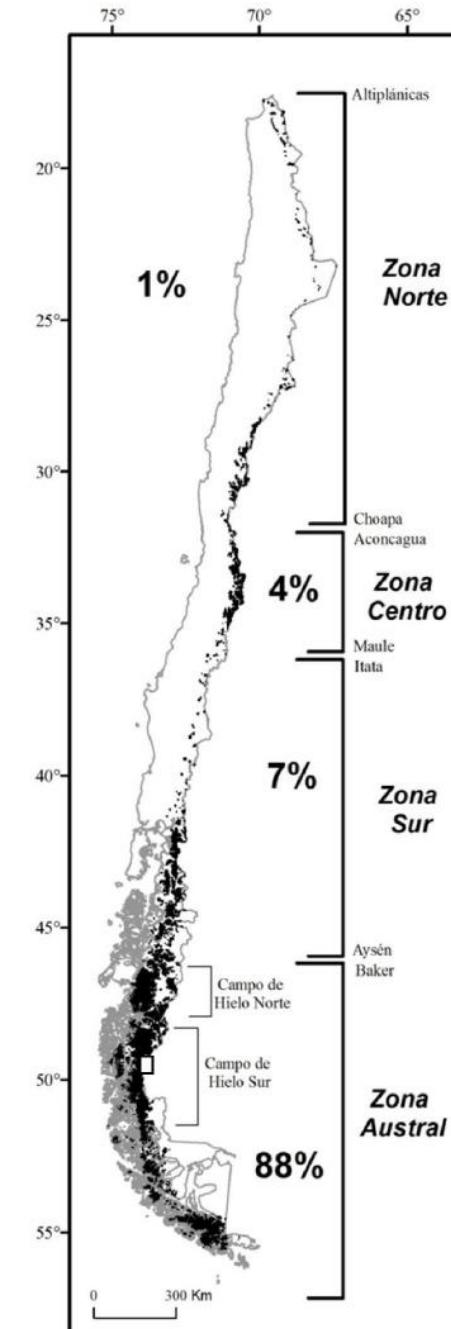


Caracterización Glaciológica de Chile

Macrozonas Glaciológicas



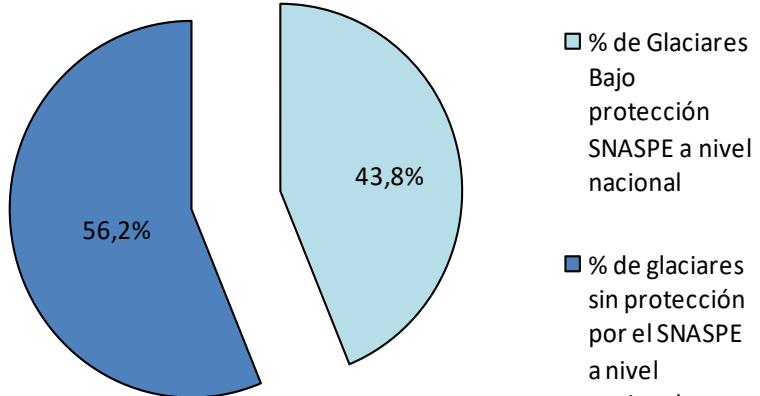
Registro 24.114 glaciares (23.641 km²)



GLACIARES DENTRO DEL SNASPE A NIVEL NACIONAL

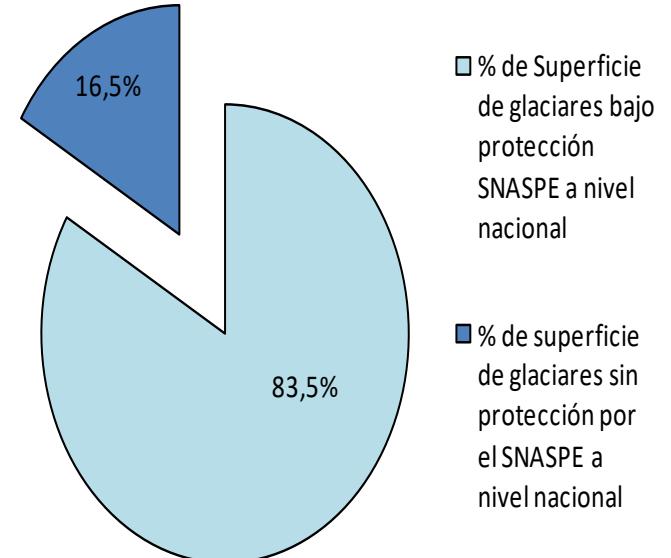
A nivel nacional el SNASPE tiene bajo su jurisdicción el 43,8% del número de glaciares, y el 83,5% de la superficie de glaciares del país

Porcentaje del número de glaciares con y sin protección por el SNASPE a nivel nacional



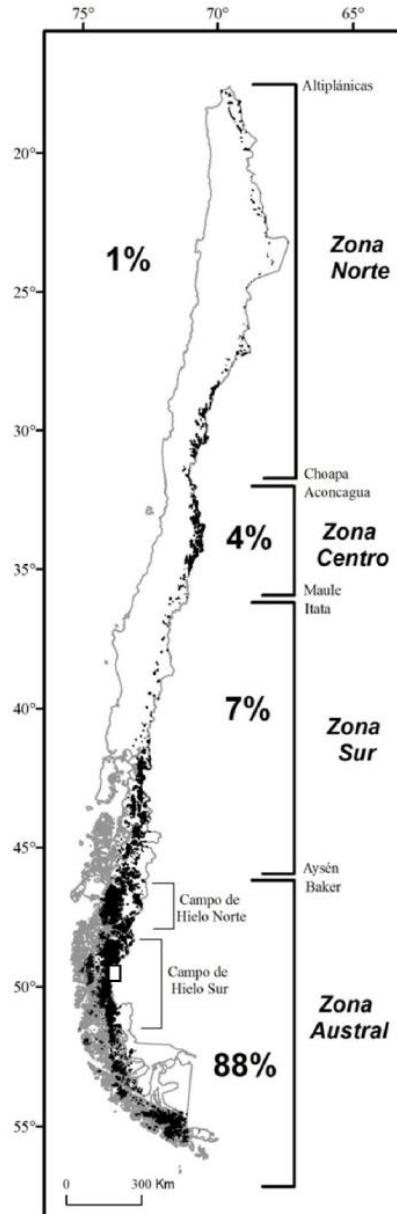
Fuente: Segovia, 2015.

Porcentaje de superficie de glaciares con y sin protección por el SNASPE a nivel nacional



Fuente: Segovia, 2015.

Glaciares en el BNP y SNASPE



Región	Área Tabla Inventario Oficial 2014	Área Glaciar BNP	Área Protegida BNP	Área Glaciar SNASPE	Área Protegida SNASPE	Área Protegida SNASPE + BNP	Área sin protección
	(km ²)	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	(%)	(%)
Arica y Parinacota	30.37	0.00	0.00	16.30	53.68	53.68	46,32
Tarapacá	6.42	0.00	0.00	1.30	20.25	20.25	79,75
Antofagasta	7.18	0.00	0.00	0.90	12.54	12.54	87,46
Atacama	87.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100
Coquimbo	48.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100
Valparaíso	135.85	0.00	0.00	0.20	0.15	0.15	99,85
Metropolitana	388.34	15.30	3.94	3.00	0.77	4.71	95,29
O'Higgins	292.31	0.00	0.00	89.90	30.75	30.75	69,25
Maule	38.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100
Biobío	39.82	0.00	0.00	29.40	73.82	73.82	26,18
Araucanía	64.47	0.00	0.00	62.30	96.64	96.64	3,36
Los Ríos	36.76	0.00	0.00	35.50	96.56	96.56	3,44
Los Lagos	928.92	22.80	2.45	402.40	43.32	45.77	54,23
Aysén	10214.74	248.90	2.44	8518.10	83.39	85.83	14,17
Magallanes	11321.85	52.70	0.47	10922.00	96.47	96.94	3,06
Total Chile	23641.43	339.70	1.44	20081.10	84.94	86.38	13,62

- **Registro 24.114 glaciares con un área de 23.641 km²**
- **El 86% de los glaciares se encuentran bajo protección según SNASPE**
- **El 14% restante de los glaciares se encuentran protegidos por el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental**

BNP: Bien Nacional Protegido

SNASPE Glaciares en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas por el Estado

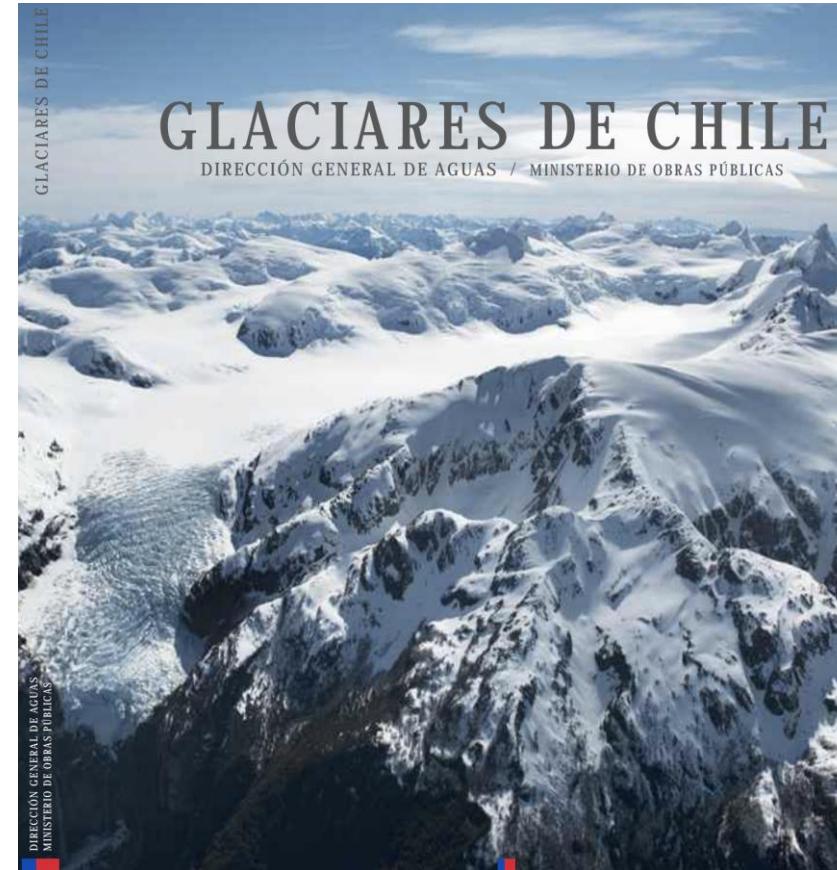
Logros

- Monitoreo
 - 30 estaciones meteorológicas
 - 8 estaciones meteorológicas móviles
 - 5 refugios en glaciares

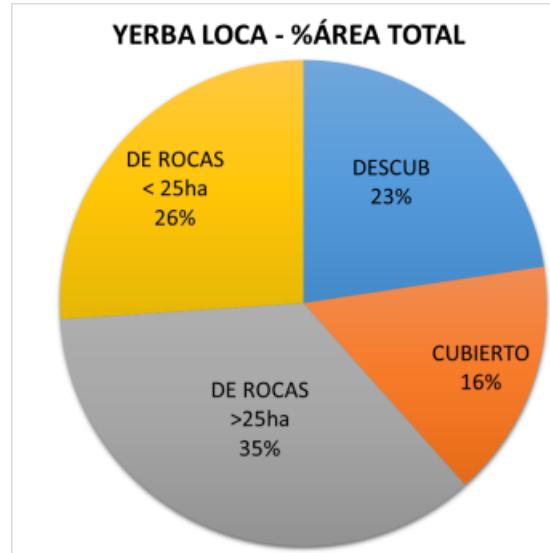
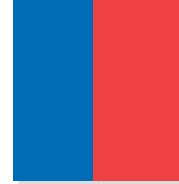
Desafíos

- Proteger y crear conciencia
- Actualización Programa Glaciológico Nacional
- Actualización inventario Público de Glaciares
- Cambio organizacional de DGA-MOP
- Riesgos de glaciares
- inventario de lagos glaciares
- Estudio de permafrost

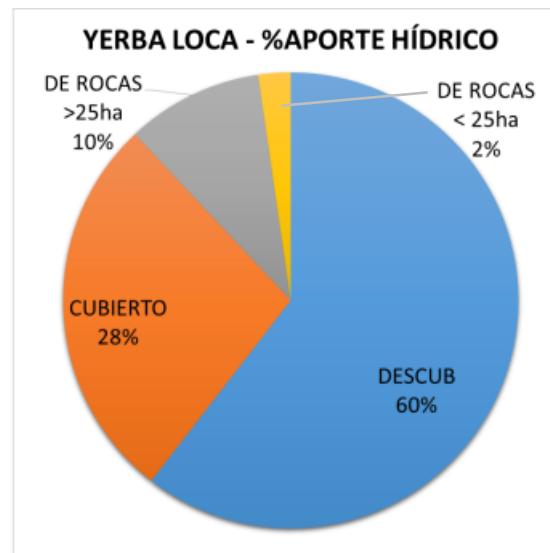
- 2014: Libro de Glaciares
- 2016: Atlas del Agua
- 2017: Segovia et al.,
Baraza et al.



CONTRIBUCIÓN HÍDRICA ANUAL



TIPO	APORTE HÍDRICO	Nº GLACIARES	SUP. [Km ²]
1 Descubierto	0,26 l/s/ha Alto	6	2,1
2 Cubierto	0,17 l/s/ha Medio-alto	2	1,5
3 Rocoso (>25 ha)	0,07 l/s/ha Medio-bajo	21	3,5
4 Rocoso (<25 ha)	0,03 l/s/ha Bajo	5	2,4



- El aporte de los glaciares descubiertos y cubiertos (39% sup. total) representan al 88% del aporte hídrico total.
- El aporte de los glaciares de rocas <25 ha (35% sup. total) es de un 12%.
- NOTA: No incluye el aporte de nieve acumulado sobre glaciares cubiertos de detritos



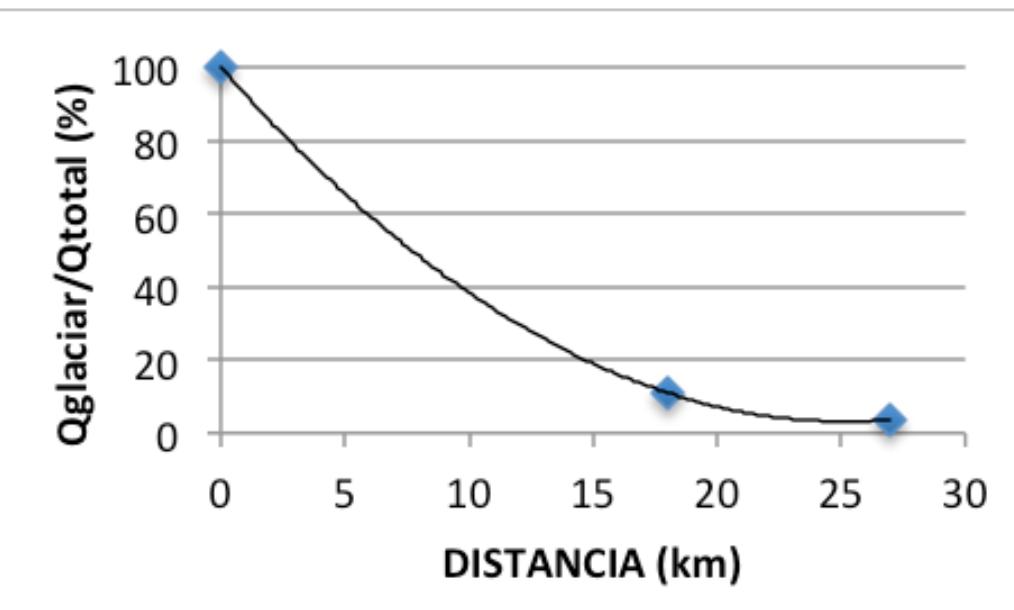
Contribución hídrica de glaciares en el estero Yerba Loca y su extrapolación a la cuenca del río Maipo

Gino Casassa^{1,2}, Ashley Apey¹, Martín Bustamante¹, Cedomir Marangunic¹, Carlos Salazar³ y Diego Soza¹. 2015.

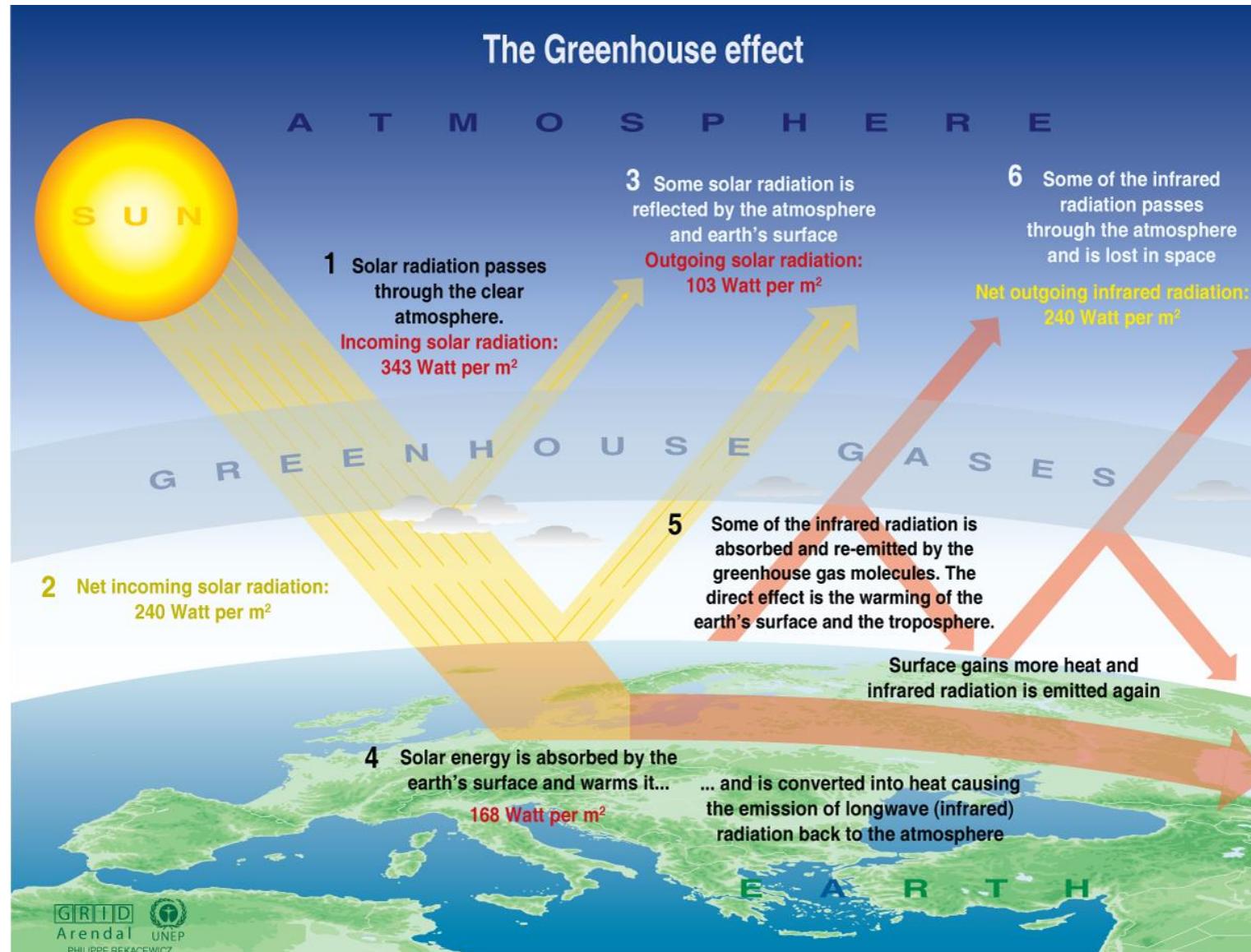
Cuenca	%Q50 %anual	%Q95 %anual	%Q50% marzo	%Q95% marzo	%Q marzo 2015
	%	%	%	%	%
Yerba Loca a.j. San Fco.	11,0	21,0	50,9	72,3	81,5
Mapocho Los Almendros	3,6	11,9	32,4	56,9	46,4
Maipo El Manzano	6,2	12,3	34,1	55,5	55,4

% de aporte hídrico de los glaciares respecto de los caudales promedio anuales (probabilidad de excedencia del 50%) para el Estero de Yerba Loca, en función de la distancia relativa a los glaciares.

Proporción en % del caudal de derretimiento glaciar (esencialmente hielo) simulado (Tabla 3) respecto de los caudales de excedencia de Tabla 4 y de los caudales DGA de marzo 2015.



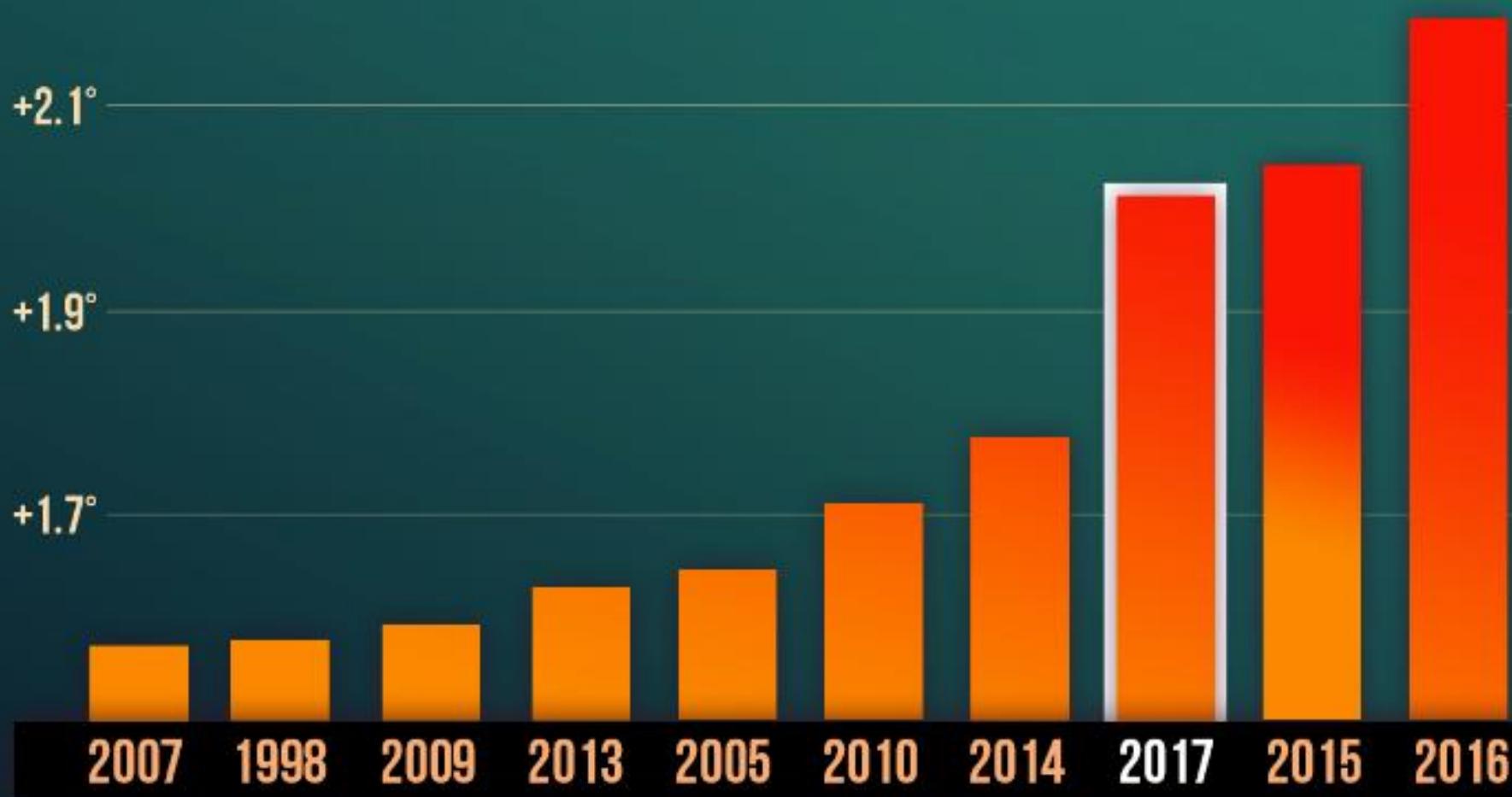
CRIÓSFERA Y CAMBIO CLIMÁTICO



Sources: Okanagan university college in Canada, Department of geography, University of Oxford, school of geography; United States Environmental Protection Agency (EPA), Washington; Climate change 1995, The science of climate change, contribution of working group 1 to the second assessment report of the intergovernmental panel on climate change, UNEP and WMO, Cambridge university press, 1996.

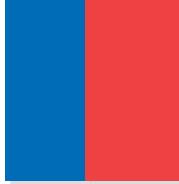
10 HOTTEST YEARS GLOBALLY

TEMPERATURE ANOMALY (°F)



Source: NASA GISS & NOAA NCEI global temperature anomalies (°F) averaged and adjusted to early industrial baseline (1881-1910). Data as of 1/18/18.

CLIMATE  CENTRAL



Europe's been having a record-breaking heatwave.

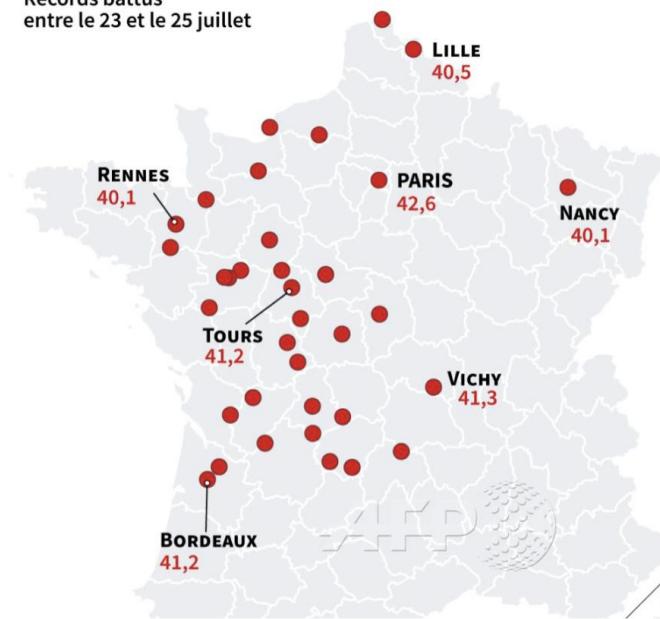


Le Monde

25 julio 2019

Nouveaux records de chaleur en France

Records battus entre le 23 et le 25 juillet



July confirmed as hottest month on record

© 5 August 2019 | 326

f Share

Climate change



AFP

July this year was the warmest month ever recorded worldwide, satellite data has confirmed.

The assessment was carried out by researchers at the EU's Copernicus Climate Change Service (C3S).

The Washington Post
Democracy Dies in Darkness

During the hottest month that humans have recorded, a local television station in the Netherlands aired nonstop images of wintry landscapes to help viewers momentarily forget the heat wave outside.

Officials in Switzerland and elsewhere [painted stretches](#) of rail tracks white, hoping to keep them from buckling in the extreme heat.

At the port of Antwerp, Belgium, two alleged drug dealers [called](#) police for help after they got stuck inside a sweltering shipping container filled with cocaine.



DIRECCIÓN GENERAL DE AERONÁUTICA CIVIL
Dirección Meteorológica de Chile

Contigo todo el tiempo

Blog MeteoChile
Haz clic aquí

Pronósticos Meteorología Aeronáutica Climatología Meteorología Agrícola Estaciones En Línea Imágenes Satelitales Área Comercial Prensa Quiénes Somos

Home

Martes 6 de Agosto de 2019

CLIMATOLOGÍA

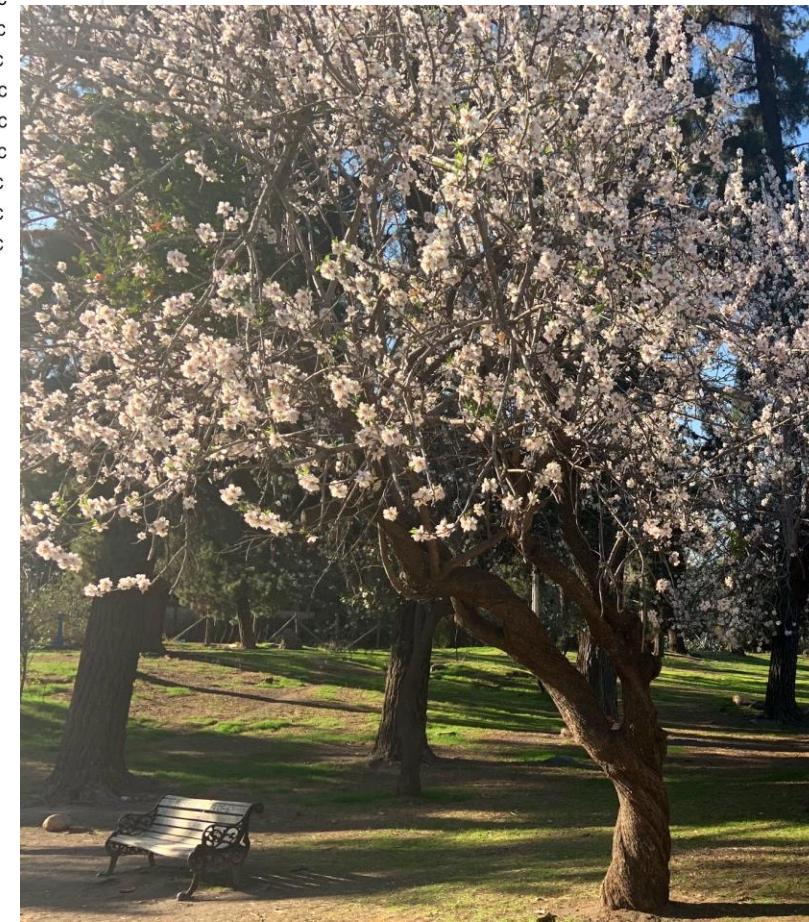
INFORME DE TEMPERATURAS EXTREMAS

Lunes 5 de agosto de 2019

Ciudad	T° Máxima - Ayer	T° Mínima - Hoy
Arica	17.9°C	9.3°C
Iquique	17.8°C	11.8°C
Calama	24.5°C	-3.7°C
Antofagasta	18.7°C	8.8°C
Caldera	15.8°C	10.7°C
La Serena	14.9°C	10.8°C
Valparaíso	18.5°C	11.0°C
Rodelillo	24.2°C	7.7°C
Pudahuel	27.3°C	2.2°C
Quinta Normal	27.5°C	4.0°C

Quinta Normal

27.5°C

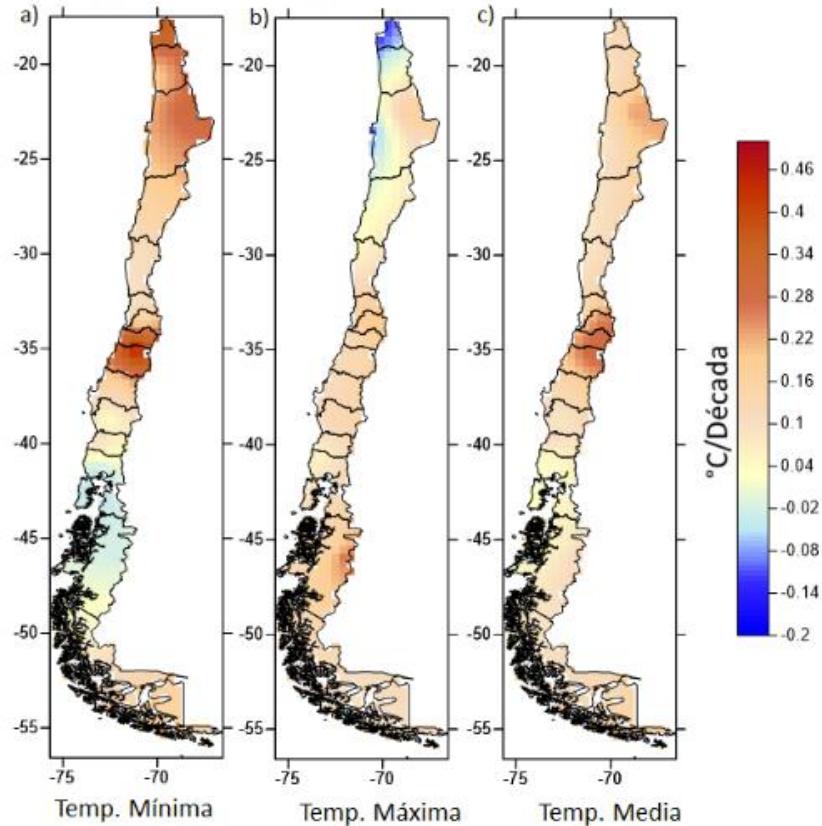


Calentamiento Global



PASADO-PRESENTE

Mapas de Tendencias de Temperatura 1961 - 2016



Tendencias expresadas en °C por década de la temperatura mínima, máxima y media anual. La escala de colores representa en colores azules las tendencias negativas (más frío) y colores rojos las tendencias positivas (más cálido).

DMC, 2017

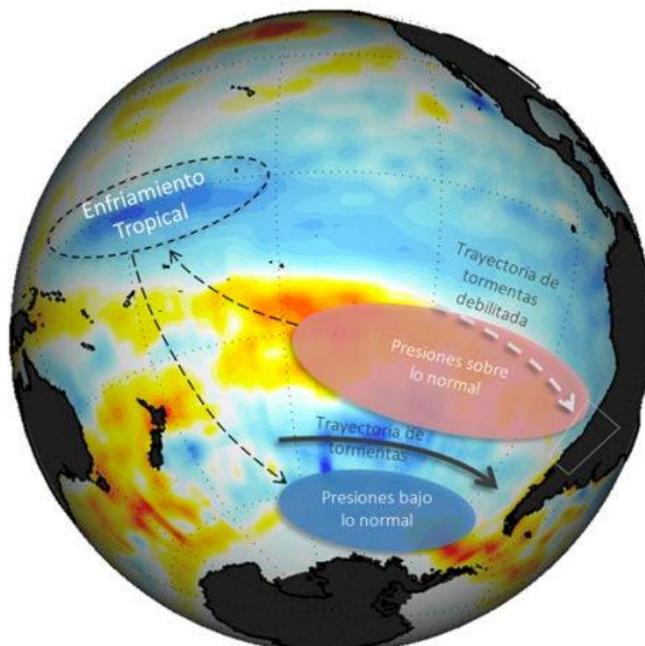
Chile muestra un incremento de temperatura del orden de 0,25°C/década en el periodo 1961-2016.



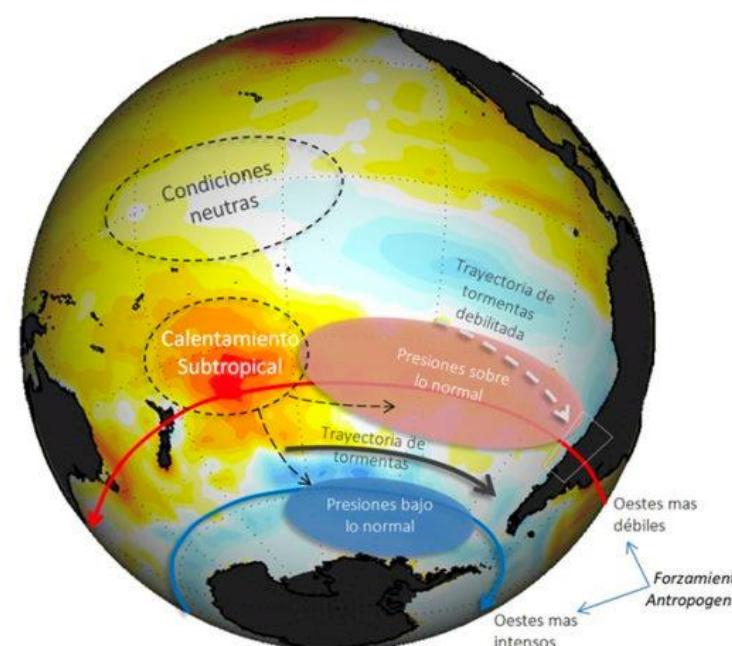
The Central Chile Mega Drought (2010–2018): A climate dynamics perspective

René D. Garreaud^{1,2} | Juan P. Boisier² | Roberto Rondanelli^{1,2} | Aldo Montecinos^{3,4} |
Hector H. Sepúlveda³ | Daniel Veloso-Aguila³

SEQUÍAS HISTÓRICAS La vida era más simple solo con ENSO

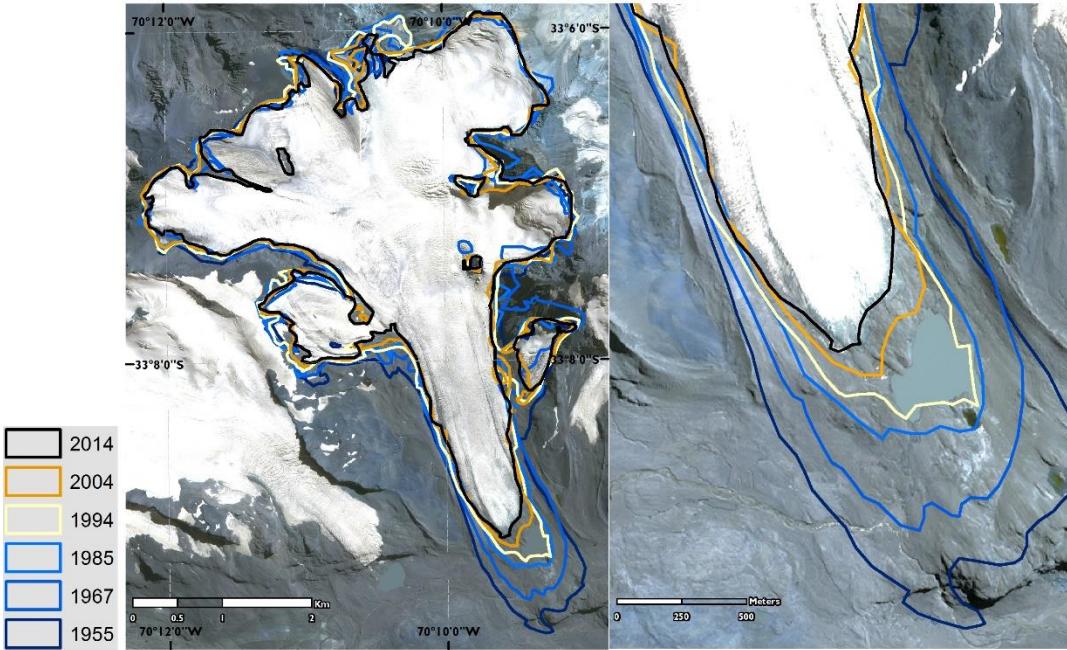
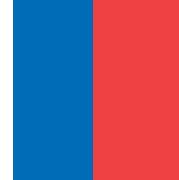


MEGASEQUÍA 2010-2019 Dos nuevos elementos aparecen

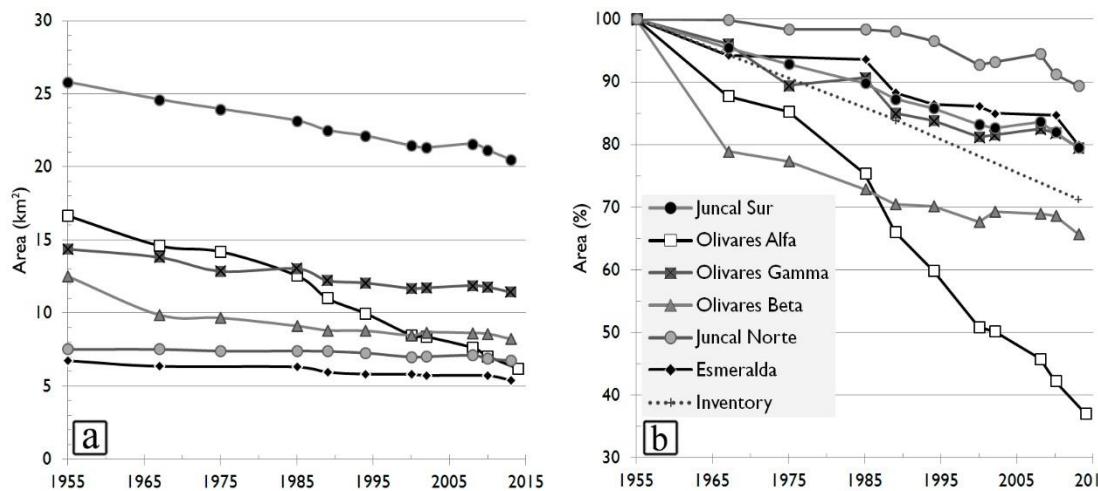


“Anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) y circulación atmosférica durante sequías en Chile central. Los colores celeste y azul indican TSM por debajo del promedio y los colores amarillos y rojos indican TSM por encima del promedio. El globo de la izquierda muestra el escenario de sequías históricas en Chile central, cuando el fenómeno de La Niña causaba el dipolo de altas y bajas presiones, reduciendo las tormentas que llegaban a nuestra región. En el globo de la derecha, se muestra el escenario de la megasequía 2010-2019, donde el calentamiento subtropical del Pacífico sur occidental mantiene el dipolo de presión sobre el Pacífico sur-oriental. También se muestra el impacto en los vientos del oeste (“oestes”) causados por la acción humana (forzamiento antropogénico).”

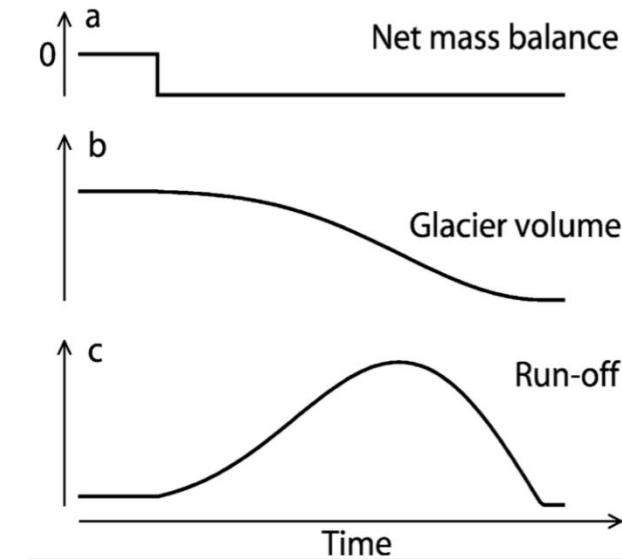
Glaciares Olivares y Juncal, cuencas río Maipo y Aconcagua



Glaciar Olivares Gamma: retroceso 15 m/año 2000-2018



Mernild *et al.*, 2017



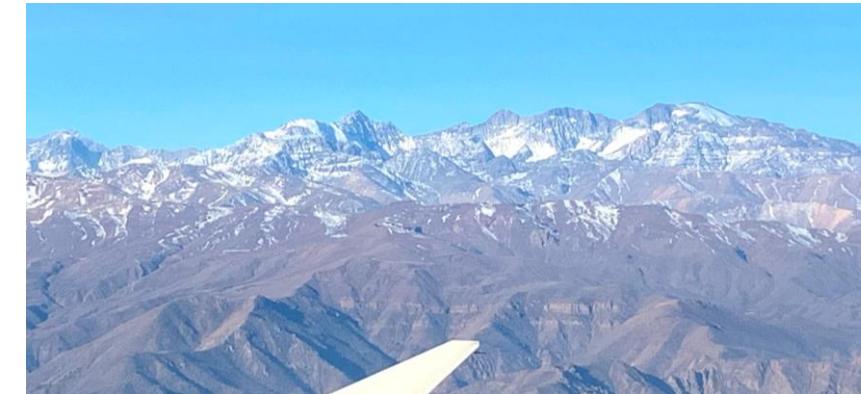
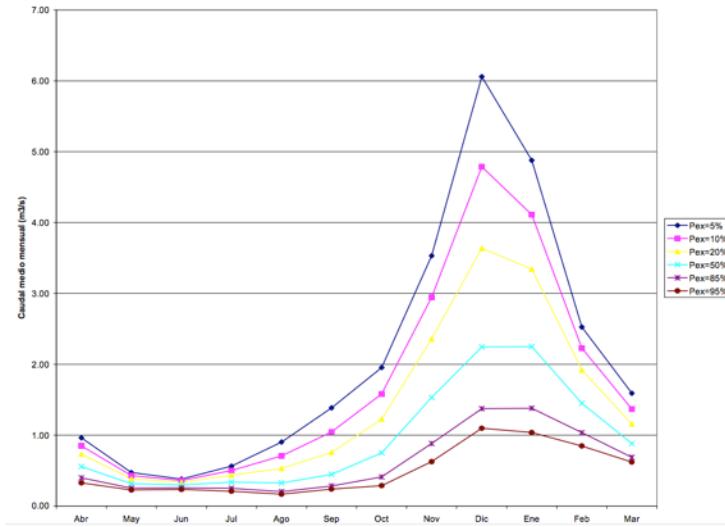
Se ilustra el deshielo del "dividendo de la descarga de la deglaciación" (Collins, 2008), que representa el recurso hídrico almacenado en un glaciar durante muchas décadas o siglos. Con el calentamiento climático comienza a aumentar el deshielo, hasta alcanzar un nivel máximo, disminuyendo cuando el glaciar no es capaz de sostener su producción de agua de fusión debido a reducido tamaño, hasta que finalmente la descarga cae al flujo base de la cuenca cuando ocurre la extinción glaciar.



Stationarity Is Dead: Whither Water Management?

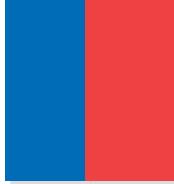
P. C. D. Milly,^{1*} Julio Betancourt,² Malin Falkenmark,³ Robert M. Hirsch,⁴ Zbigniew W. Kundzewicz,⁵ Dennis P. Lettenmaier,⁶ Ronald J. Stouffer⁷

Policy Forum, Science, 319, 573-574, 2008



COLAPSO DEL RÉGIMEN ESTACIONARIO
¡CONSIDERAR CAMBIO CLIMÁTICO!

CIENCIA CIUDADANA



#CONVERSIÓN ECOLÓGICA



RECONCILIACIÓN CON LA CREACIÓN

Para realizar esta reconciliación debemos examinar nuestras vidas y reconocer de qué modo ofendemos a la creación de Dios con nuestras acciones y nuestra incapacidad de actuar (218)



PASIÓN POR EL CUIDADO DEL MUNDO

Vivir la vocación de ser protectores de la obra de Dios es parte esencial de una existencia virtuosa, no consiste en algo opcional ni en un aspecto secundario de la experiencia cristiana. (217)



GRATITUD Y GRATUIDAD

Reconocer al mundo como un don recibido del amor del Padre, que provoca como consecuencia actitudes gratuitas de renuncia y gestos generosos aunque nadie los vea o los reconozca (220)



COMUNIÓN CON TODOS LOS SERES

Implica la amorosa conciencia de no estar desconectados de las demás criaturas, de formar con los demás seres del universo una preciosa comunión universal. Para el creyente, el mundo no se contempla desde fuera sino desde dentro, reconociendo los lazos con los que el Padre nos ha unido a todos los seres. (220)



CONCLUSIONES

1. Cambio climático es real y llegó para quedarse.
2. El calentamiento en Chile no será tan extremo, pero una buena parte del país sufre y sufrirá disminución de precipitaciones.
3. Estos cambios climáticos están produciendo rápida disminución de la criósfera, que plantea varios desafíos y oportunidades.
4. Relevante considerar programas científicos de largo plazo, incluyendo monitoreo, colaboración entre distintas entidades privadas y gubernamentales para contribuir al conocimiento, sustentabilidad, desarrollo y toma de decisiones.
5. Robustecer las leyes ambientales y fortalecer estudios científicos.
6. MITIGACIÓN!
7. ADAPTACIÓN!
8. ¡Necesaria una “conversion ecológica”! (Encíclica Laudato Si’)