

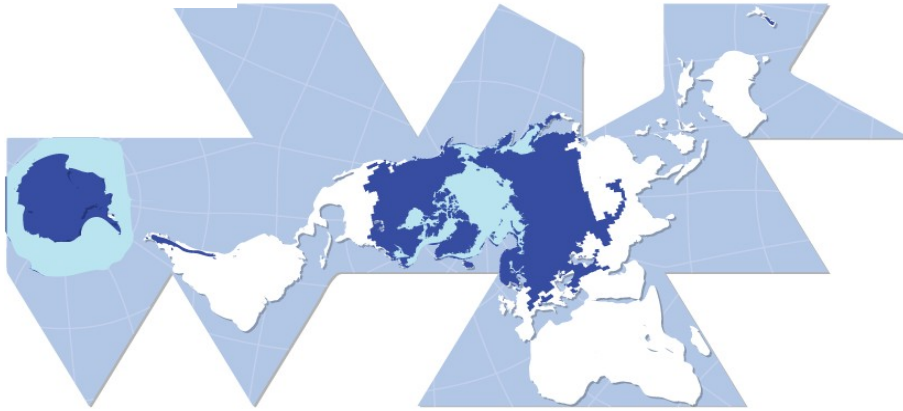


El Sistema Climático

Maestría en Geociencias

2022

Nieve



Glaciares



Hielo oceánico



Suelo congelado (permafrost)



Criosfera

Capas de hielo continental



Hielo en ríos y lagos



La criosfera

- contribuye al albedo terrestre
- Influencia la circulación termohalina a través de cambios en el contenido de sal
- Es un reservorio de agua que puede influenciar el nivel del mar significativamente

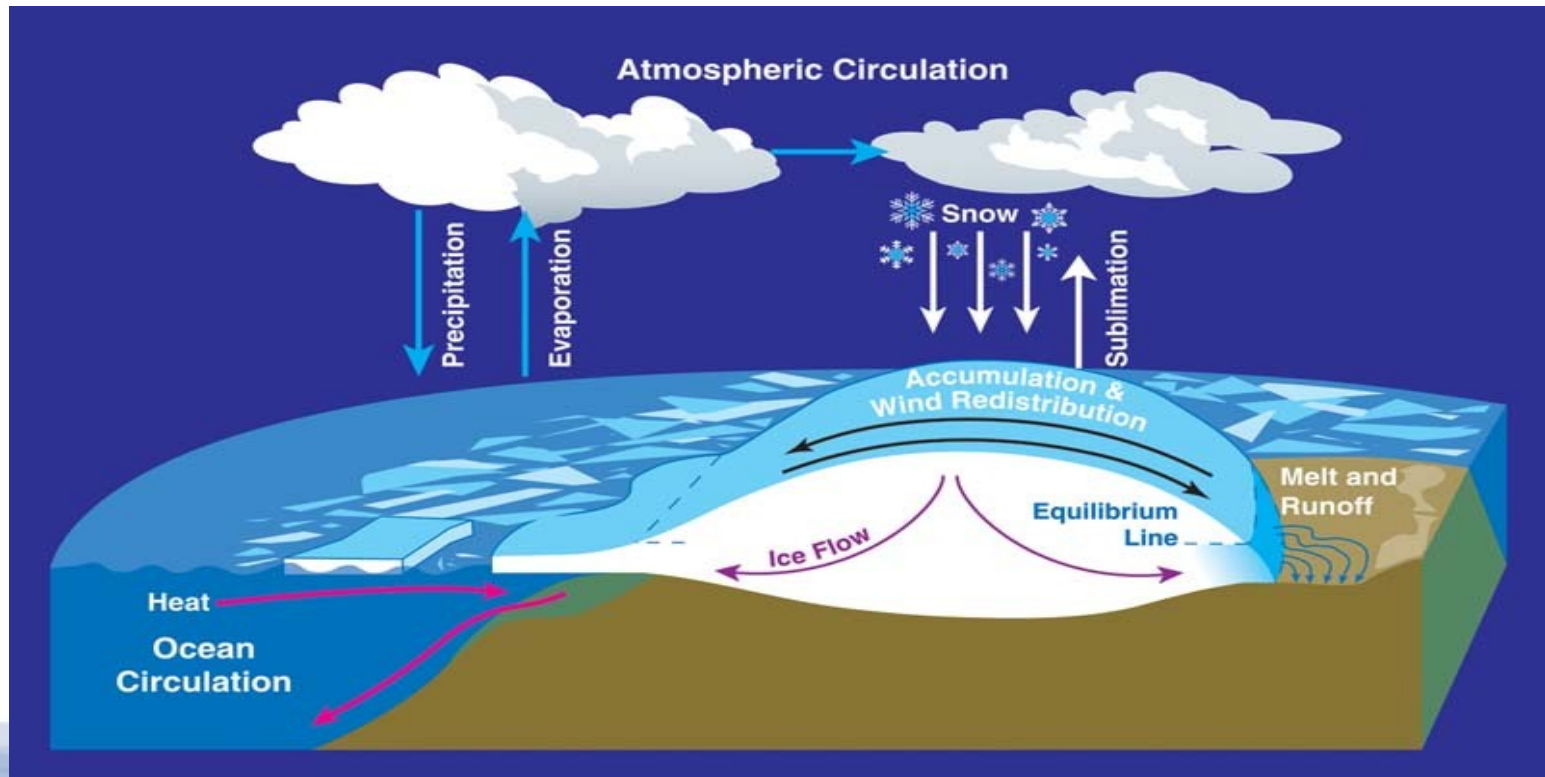
Component	Area (10^6 km ²)	Ice volume (10^6 km ³)	Sea level equivalent (m)
Continuous permafrost	10.69	0.0097-0.0250	0.024-0.063
Discontinuous permafrost	12.10	0.0017-0.0115	0.004-0.028
East Antarctica	10.1	22.7	56.8
West Antarctica and Antarctic Peninsula	2.3	3.0	7.5
Greenland	1.8	2.6	6.6
Small ice caps and mountain glaciers	0.68	0.18	0.5
Ice shelves	1.5	0.66	-

Glaciares

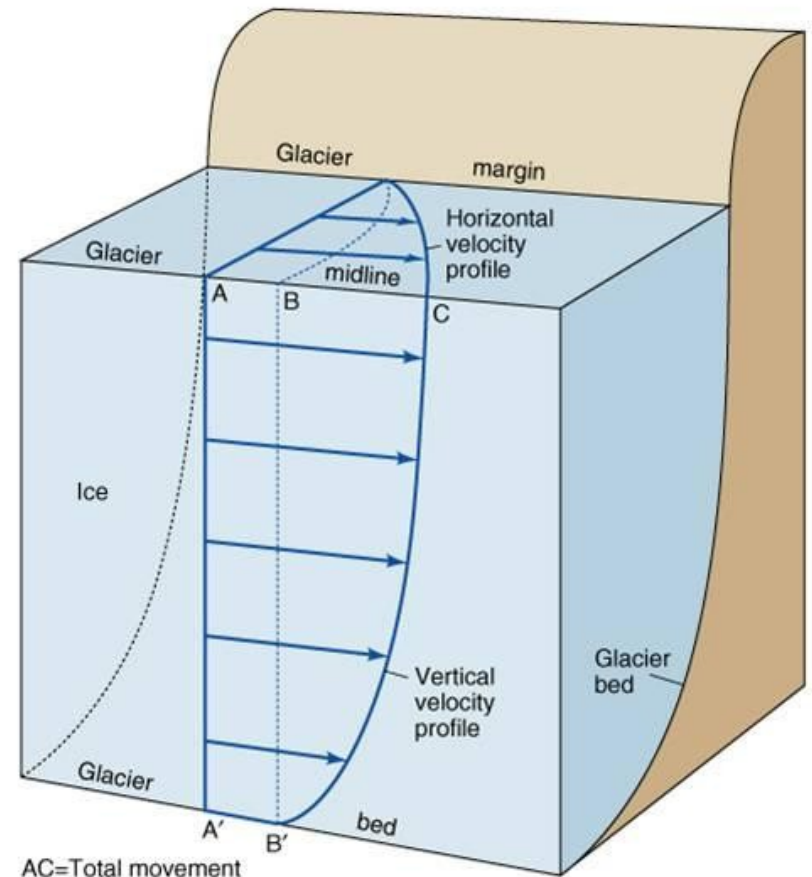
- Un glaciar es una masa de hielo y nieve gruesa perenne que se origina en la superficie terrestre y muestra evidencia de flujo (pasado o presente).
 - Si el glaciar se extiende en capas continuas, se mueve en todas las direcciones y es del tamaño de la Antártida o Groenlandia se denomina capa de hielo (“ice sheets”)
 - Si el glaciar está confinado a fluir en una sola dirección se denominan glaciar de montaña

Capas de hielo

- Groenlandia y la Antártida
- Crecen por nieve y pierden masa (ablación) por sublimación, por generación de icebergs, y en verano por el descongelamiento. El balance neto de masa indica si crecen o decrecen.
- La región de acumulación está en el interior del continente y las de ablación en zonas periféricas.



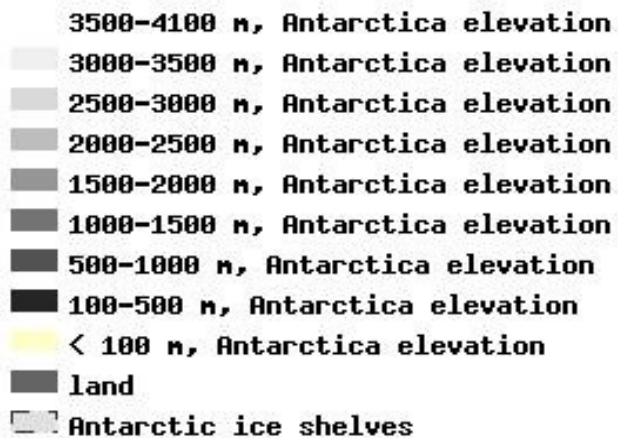
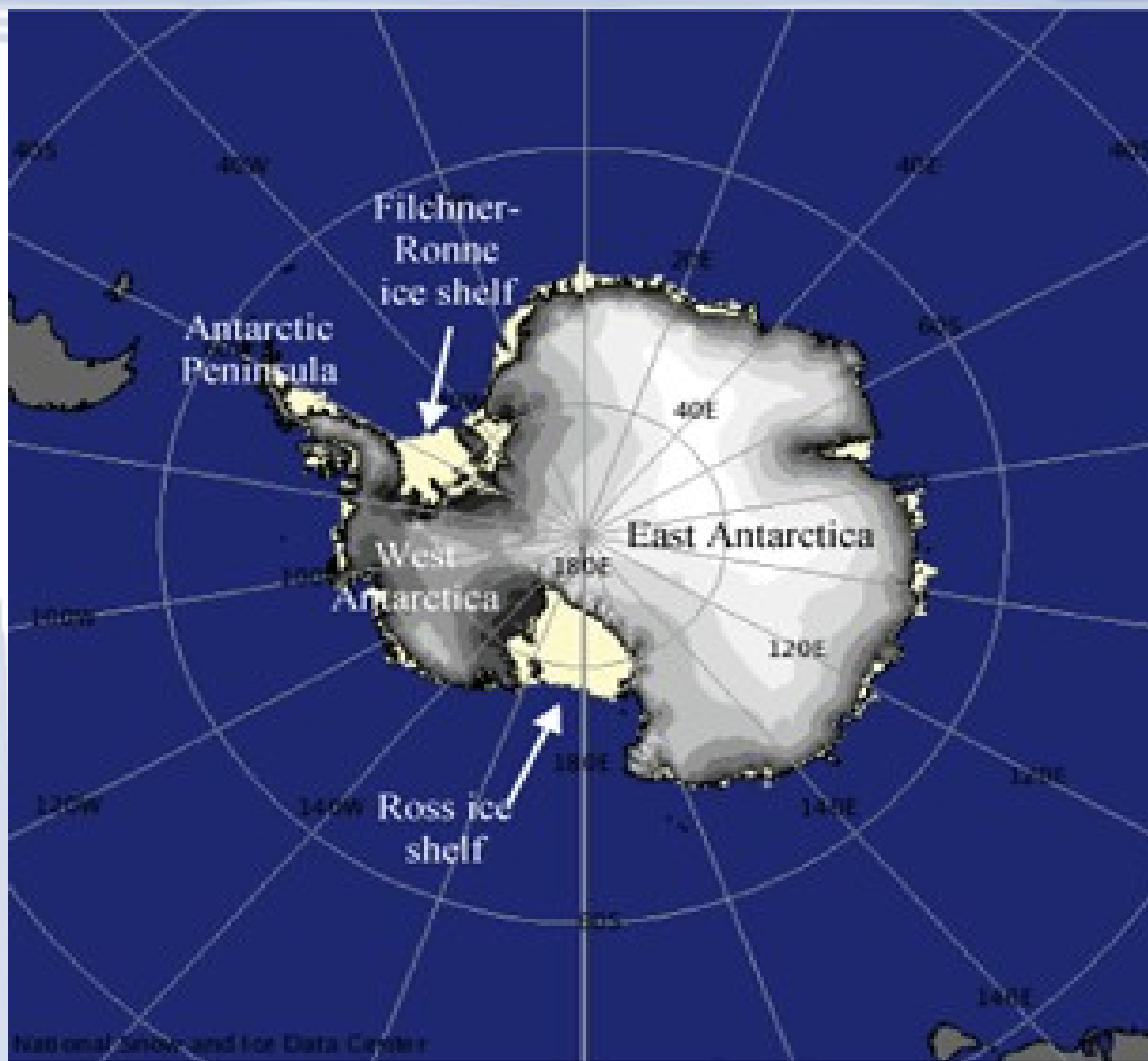
- En escalas de milenios las capas anuales de nieve en el centro del glaciar son comprimidas por el peso encima de ellas y la nieve se convierte en hielo.
- Debido a la presión los cristales se deforman y las capas comprimidas fluyen gradualmente hacia la periferia causando que la capa se extienda horizontalmente y se afine.
- El glaciar también puede moverse debido a una superficie con menor rozamiento por la presencia de agua. El flujo está concentrado a lo largo de canales.



AC=Total movement
 AB=A'B'=Sliding on bed
 BC=Internal flow

Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

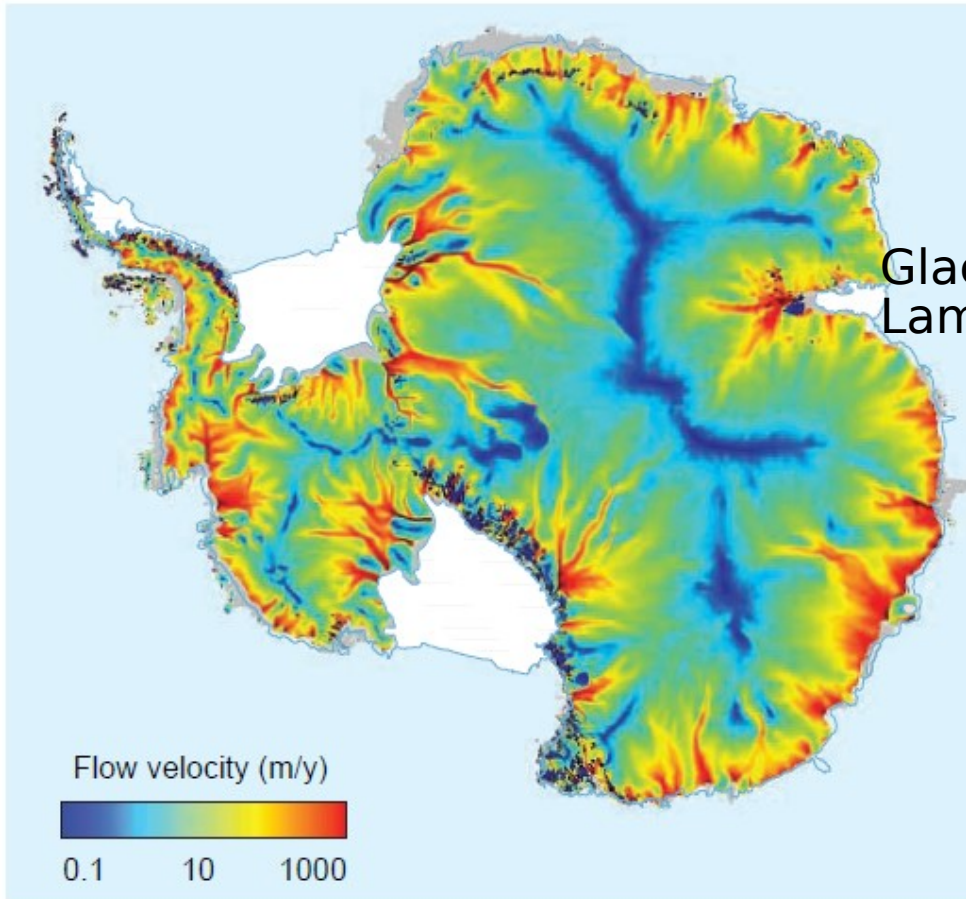
Antártida



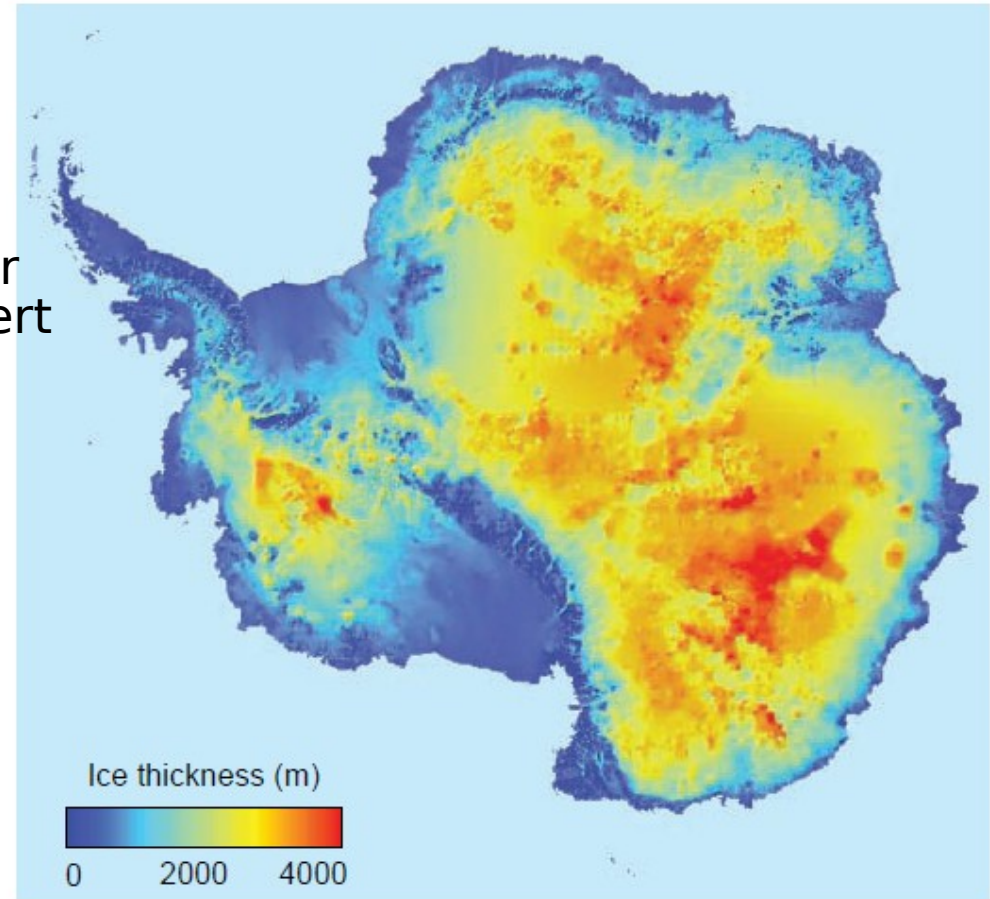
EAIS - está situado sobre continente a una altura considerable y es estable

WAIS - está situado en gran parte por debajo del nivel del mar y es inestable. Contiene masa para elevar en 7.5 m el nivel del mar.

En la Antártida existen flujos horizontales de hielo



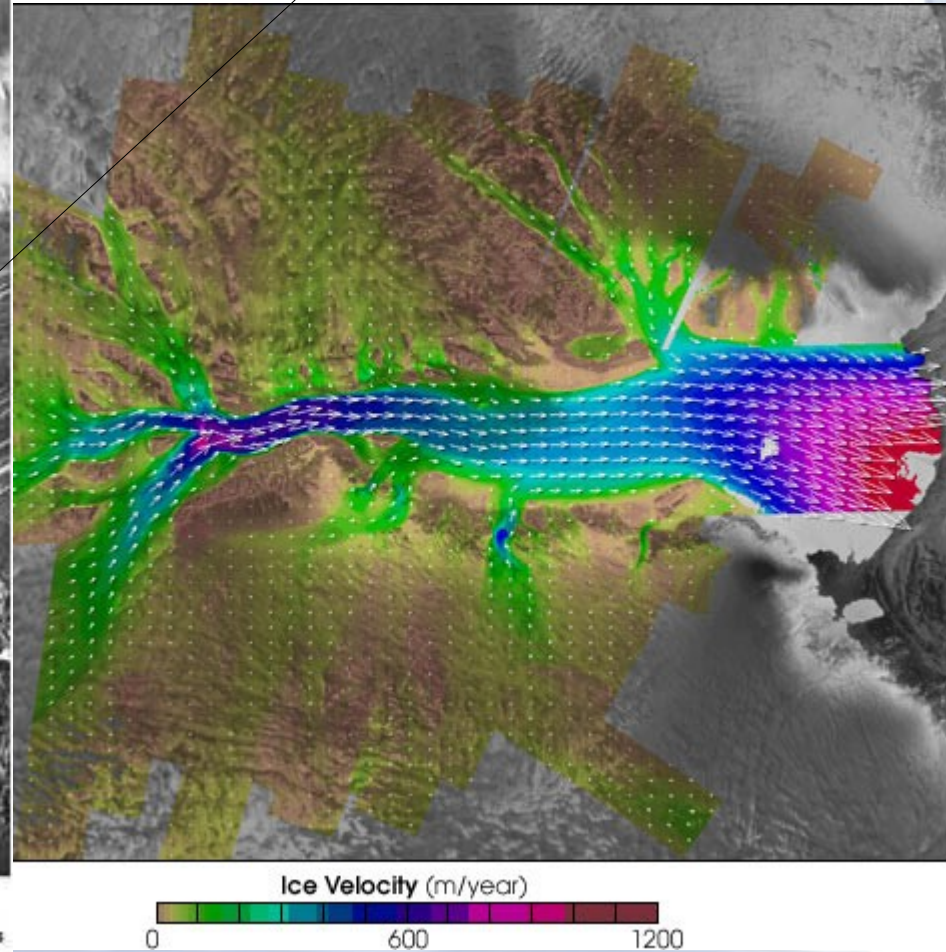
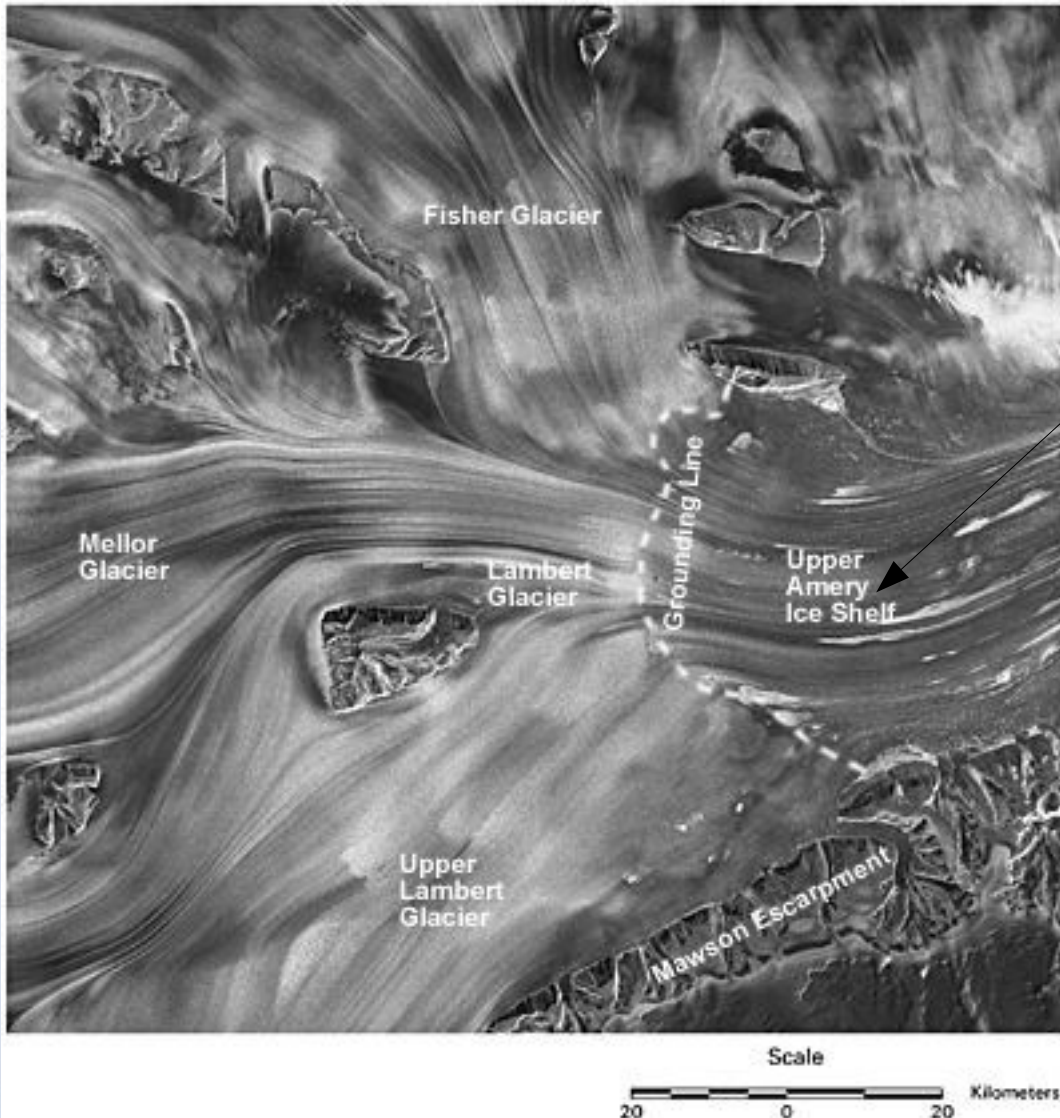
(C) The ice moves as much as several hundred meters per year as shown in this computer model. "Drainage basins" are bounded by slow ice. Fast streams of ice are concentrated on the margins but extend deep into the interior. (Roland Warner, Antarctic CRC and Australian Antarctic Division)



(D) The Antarctic ice sheet is as much as 3000 m thick but tapers toward the margins of the continent. (Data from the BEDMAP Project)

El glaciar de Lambert es el glaciar mas grande del mundo.
Por año fluyen 900.000 km² de hielo.

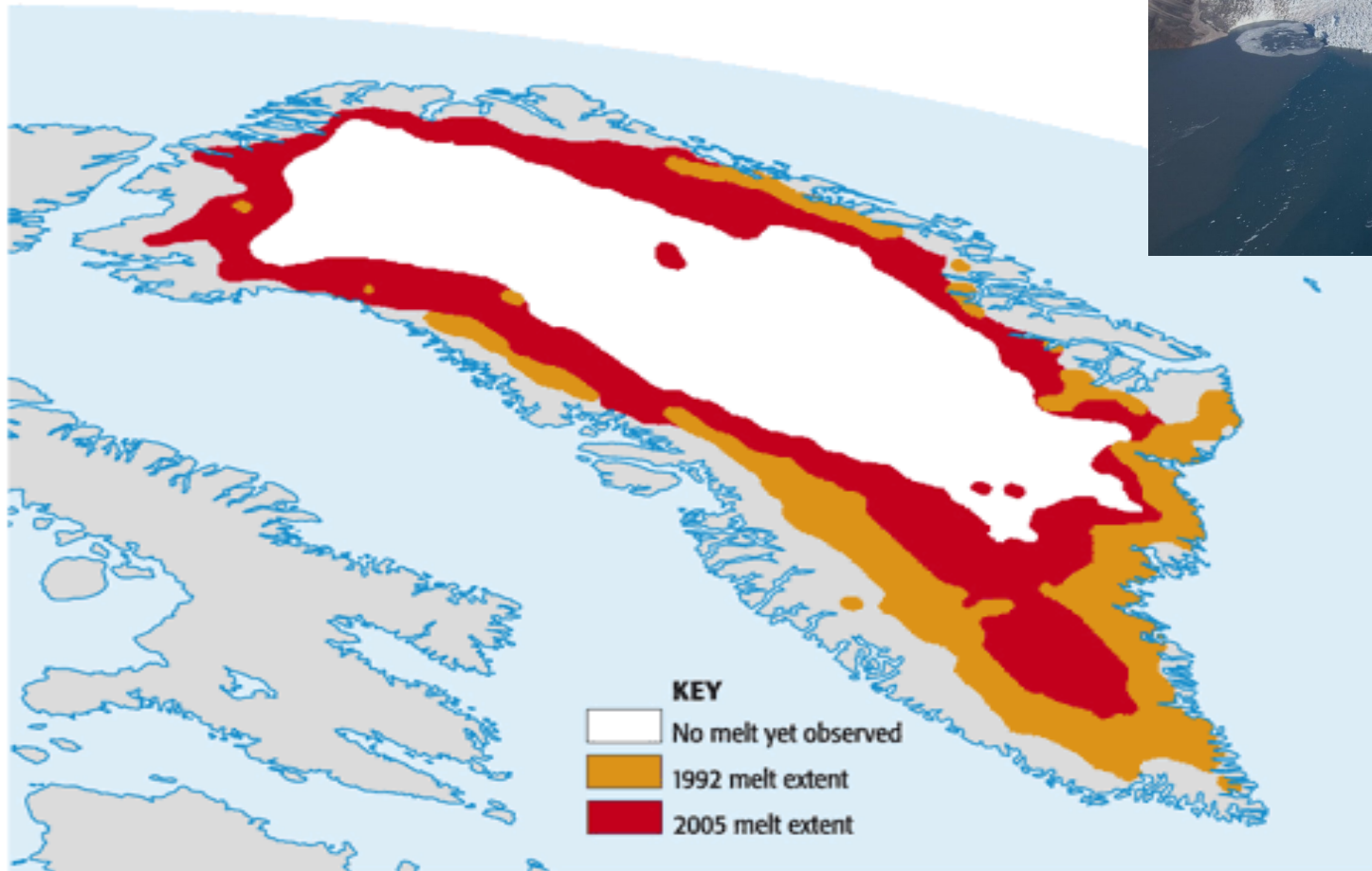
Plataforma de hielo



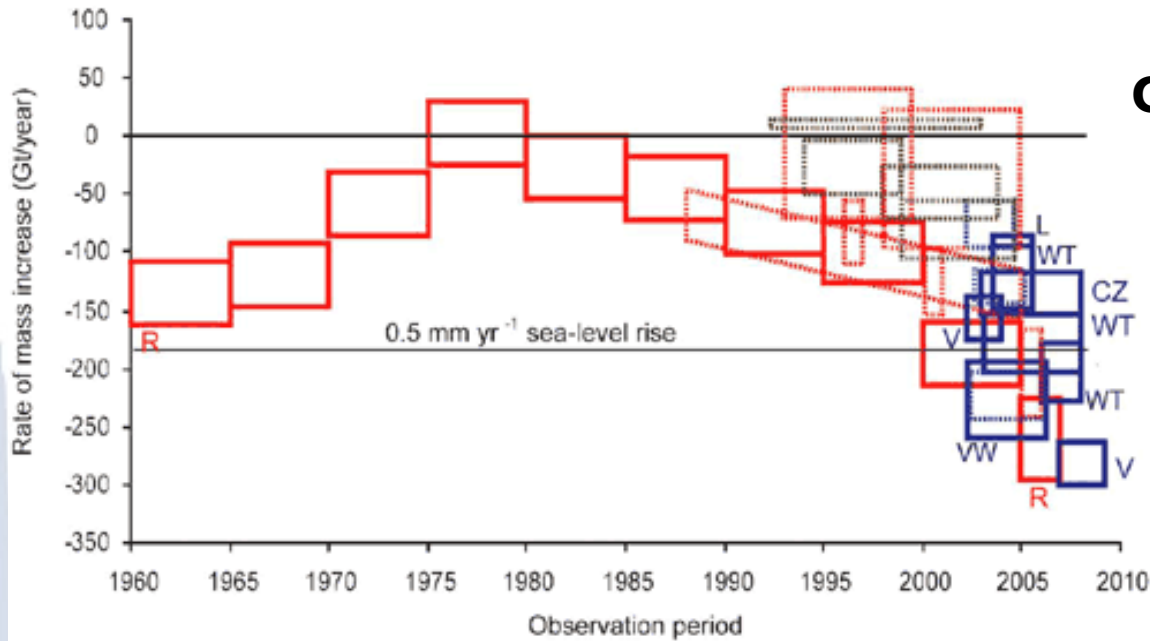
Groenlandia

La región de ablación en Groenlandia se ha expandido en los últimos años

GREENLAND'S MELTING CONTINENTAL ICE SHEET

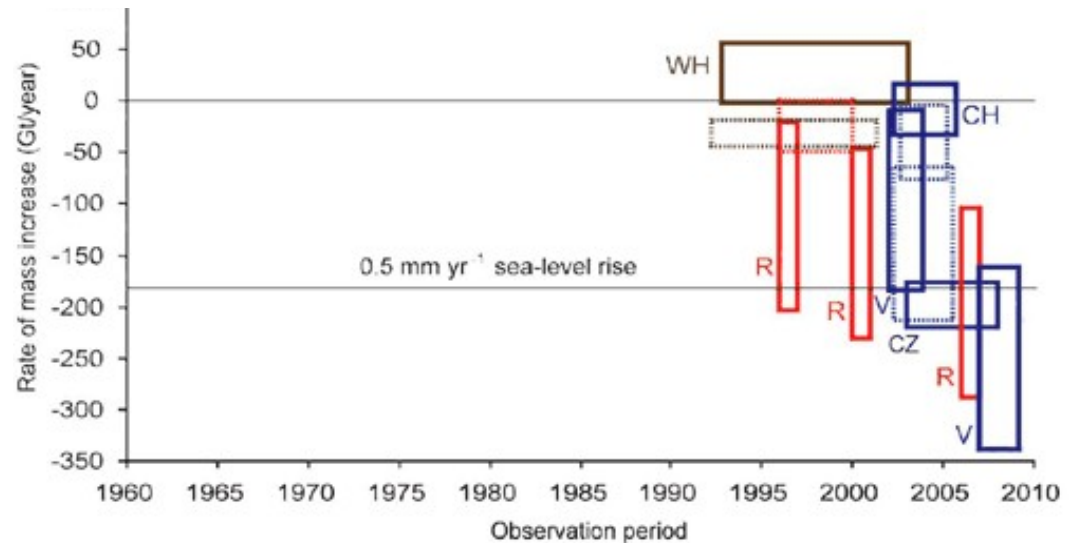


Razón de ganancia neta de masa de hielo

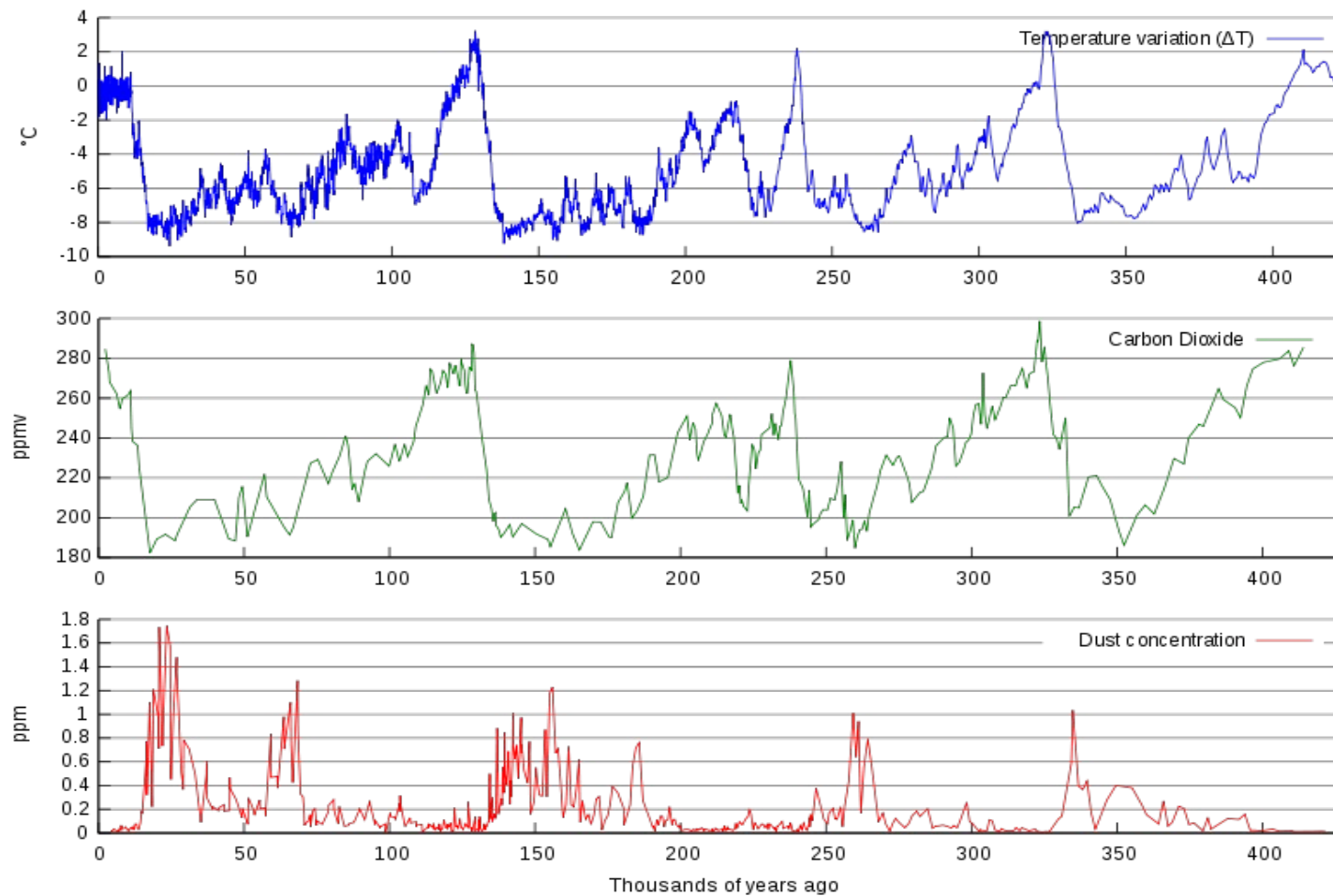


Ablación es mayor que la acumulación en Groenlandia y la Antártida.

Antartida



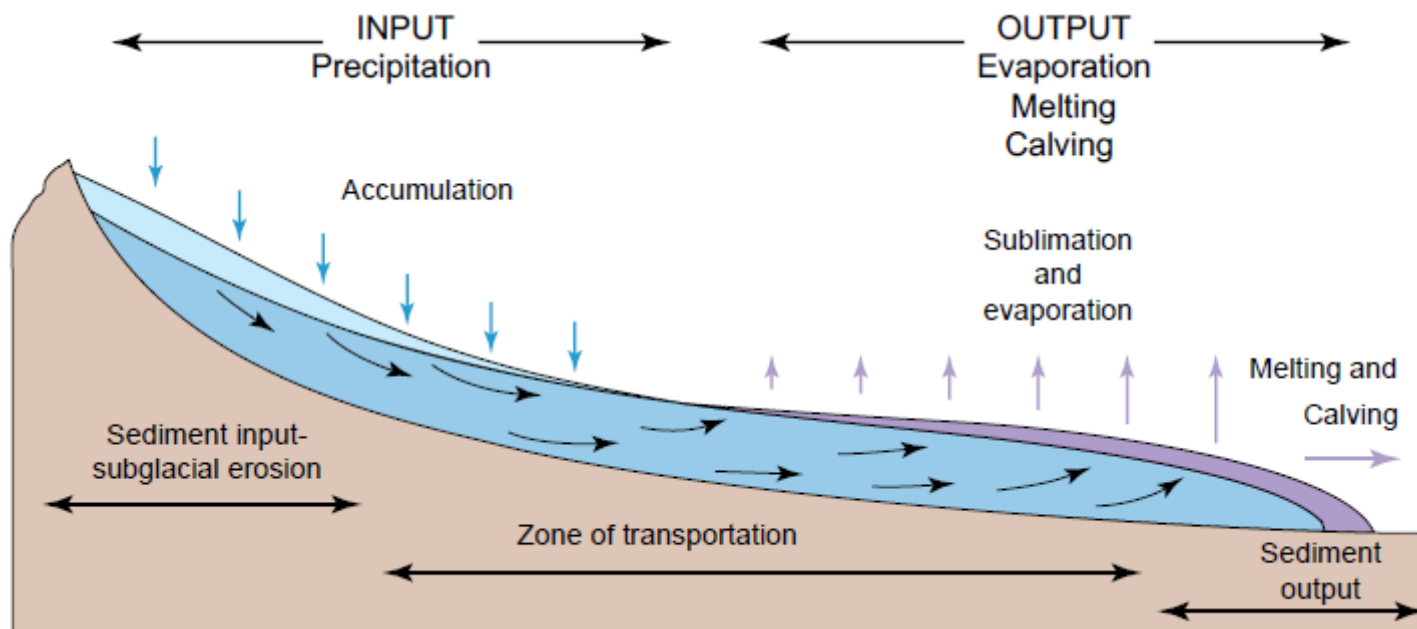
- En las mesetas el movimiento horizontal es muy lento y las capas verticales representan la edad del hielo (hasta 100 ka en G y 800 ka en AA). El análisis de burbujas de aire y polvo atrapados en el hielo provee información sobre climas pasados



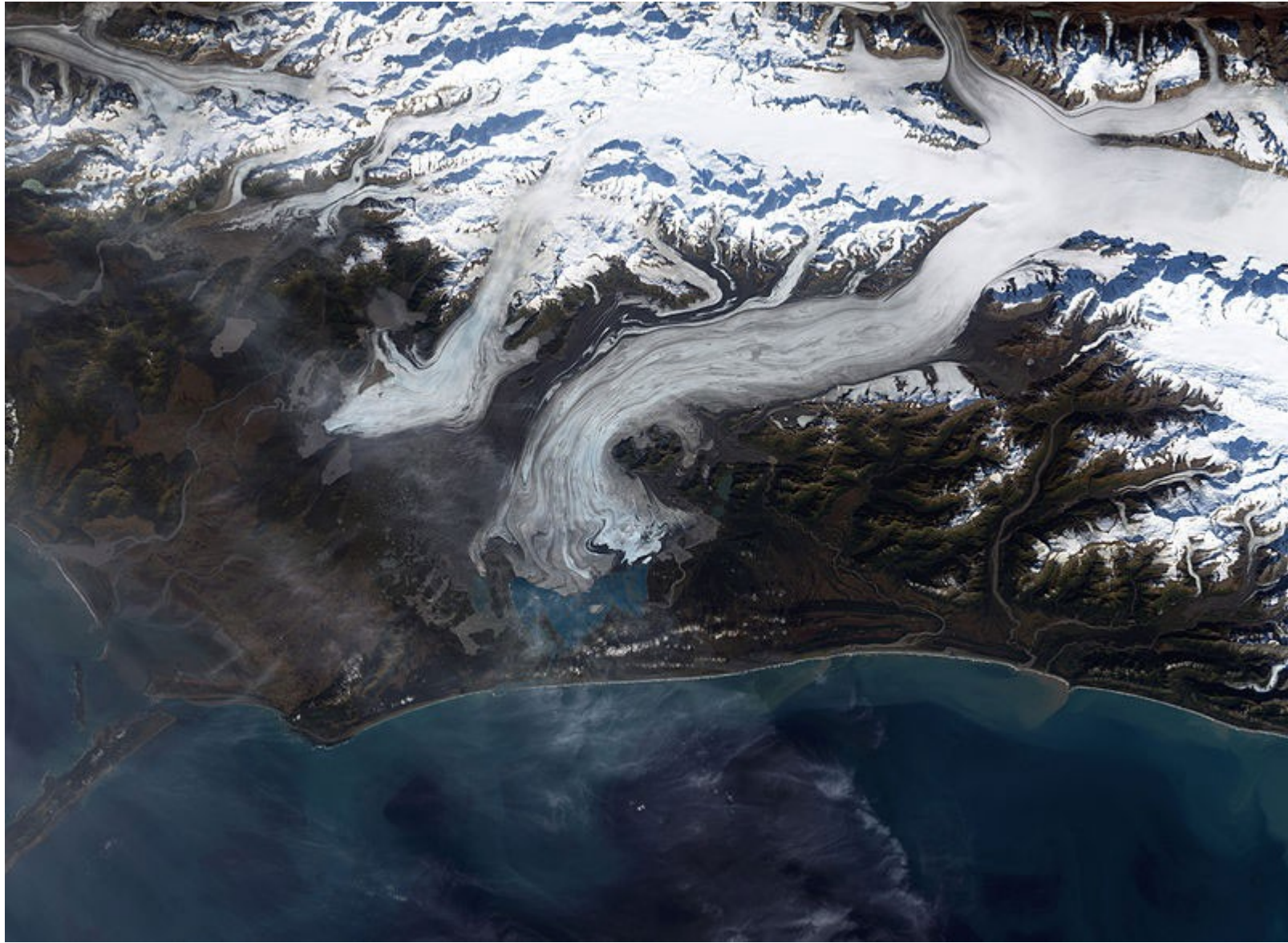
Vostok

Glaciares de montaña

- Se comportan en forma muy parecida a los otros glaciares y su evolución depende del balance de masa. Las parcelas de hielo fluyen continuamente desde lo alto hasta alturas menores donde el agua se descongela.
- Debido a su menor masa estos glaciares responden mas rápidamente a cambios climáticos.



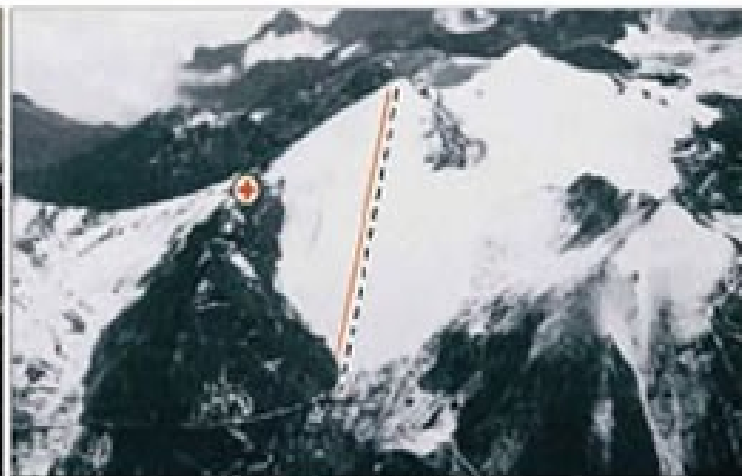
Glaciar de Behring, Alaska



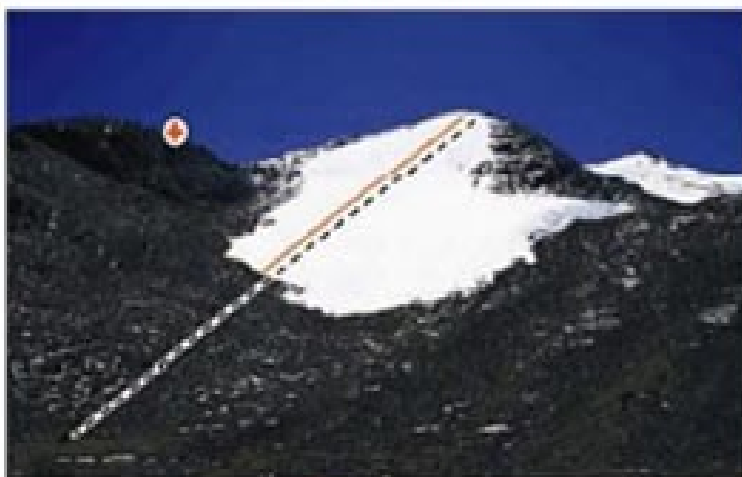
Glaciar Chacaltaya (Bolivia)



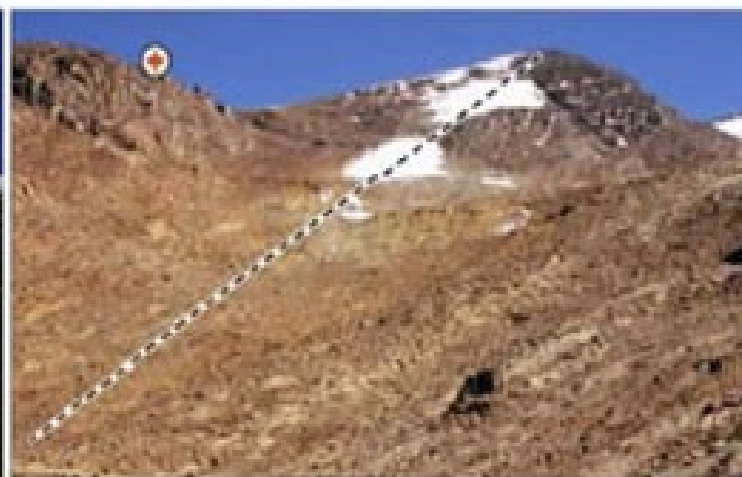
1940 0.22 km²



1982 0.14 km²



1996 0.08 km²



2005 0.01 km²

now you see it



photo: William O. Field

now you don't



photo: Bruce F. Molnia

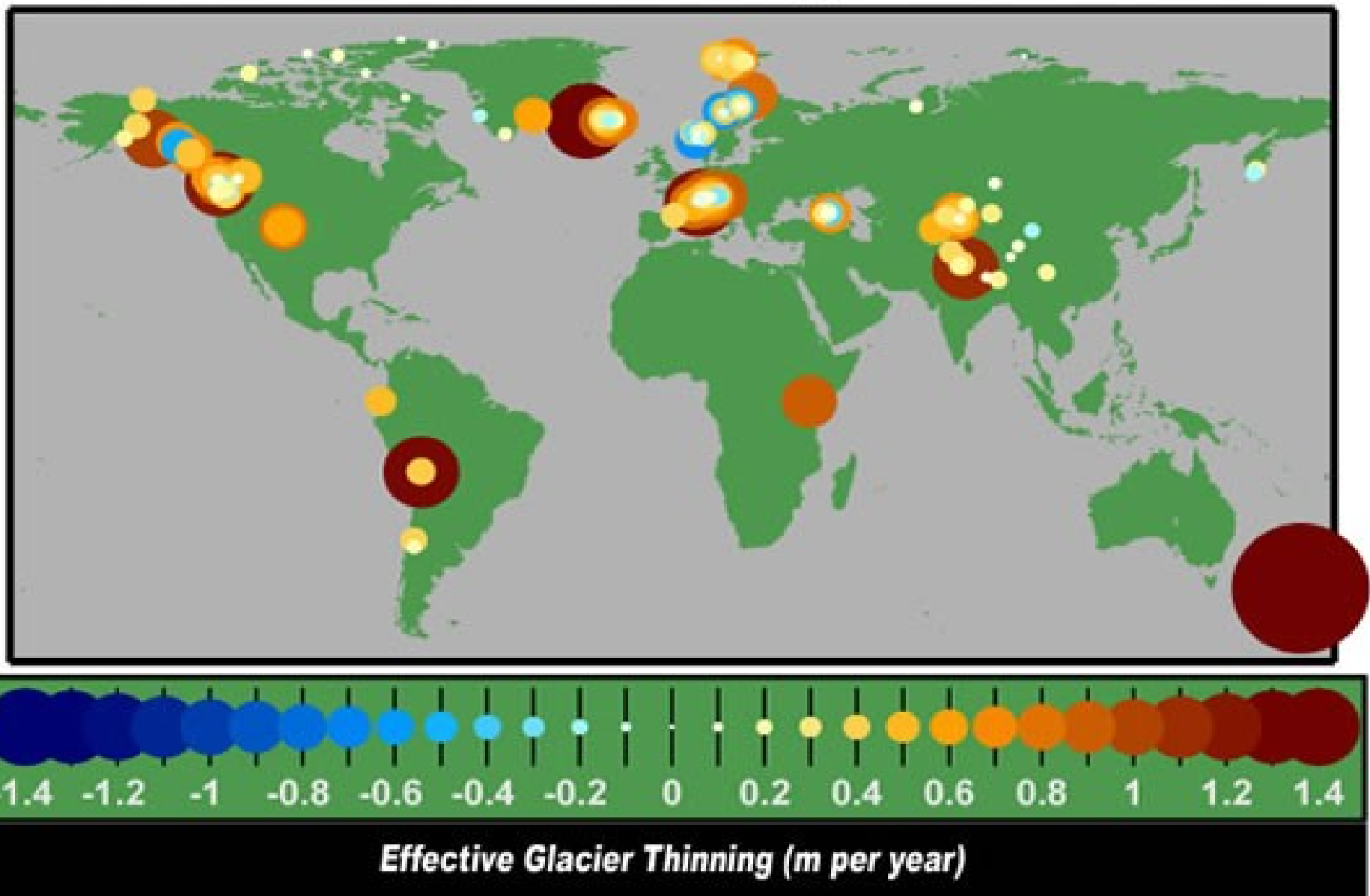
Muir Glacier, Alaska: August 13, 1941 and August 31, 2004



CLIMATE 365

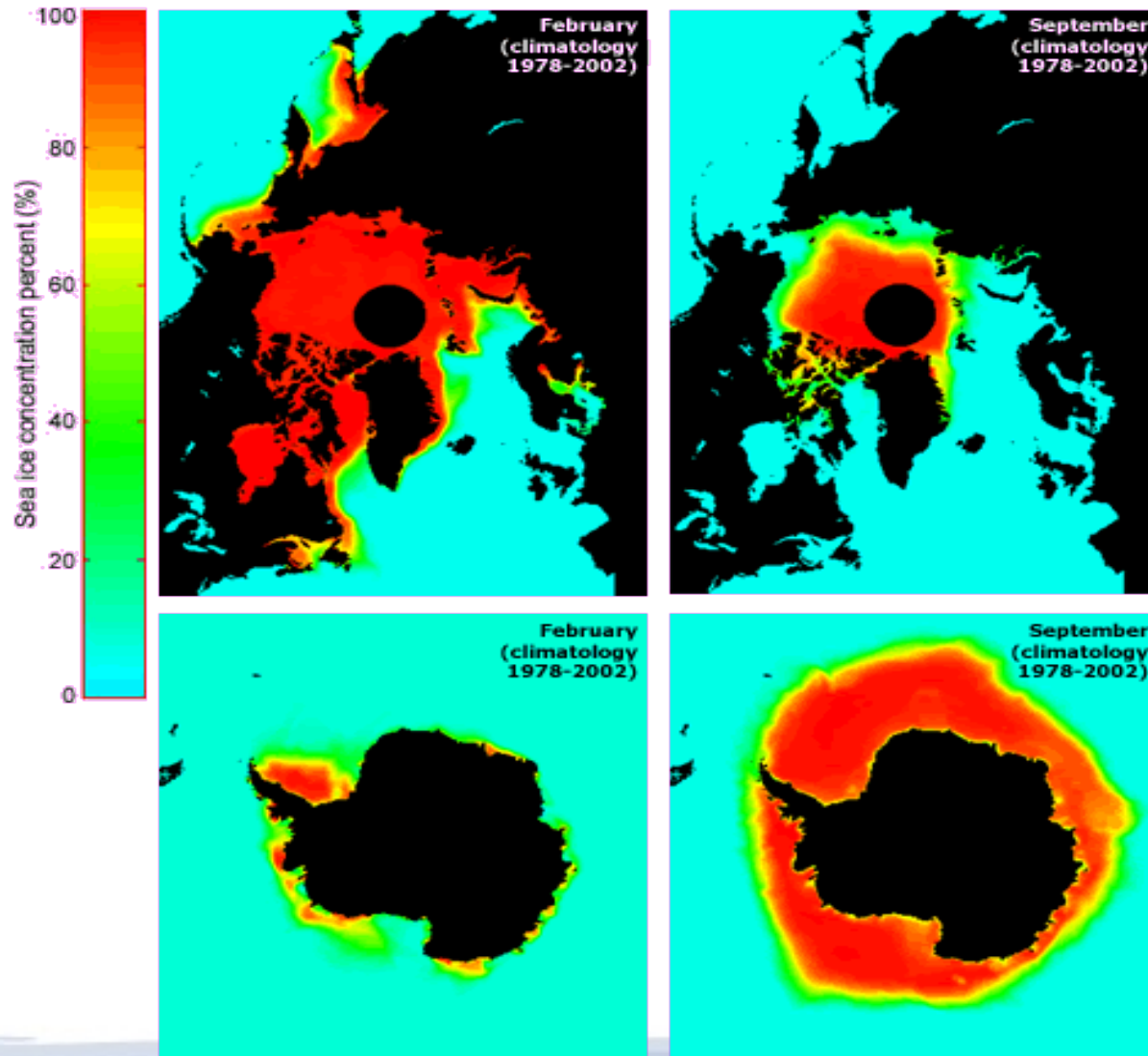
climate365.tumblr.com | go.nasa.gov/climate365

Mountain Glacier Changes Since 1970



Hielos oceánicos

- Cubren una superficie mayor que los hielos continentales pero su espesor es de solo 1-3 m.

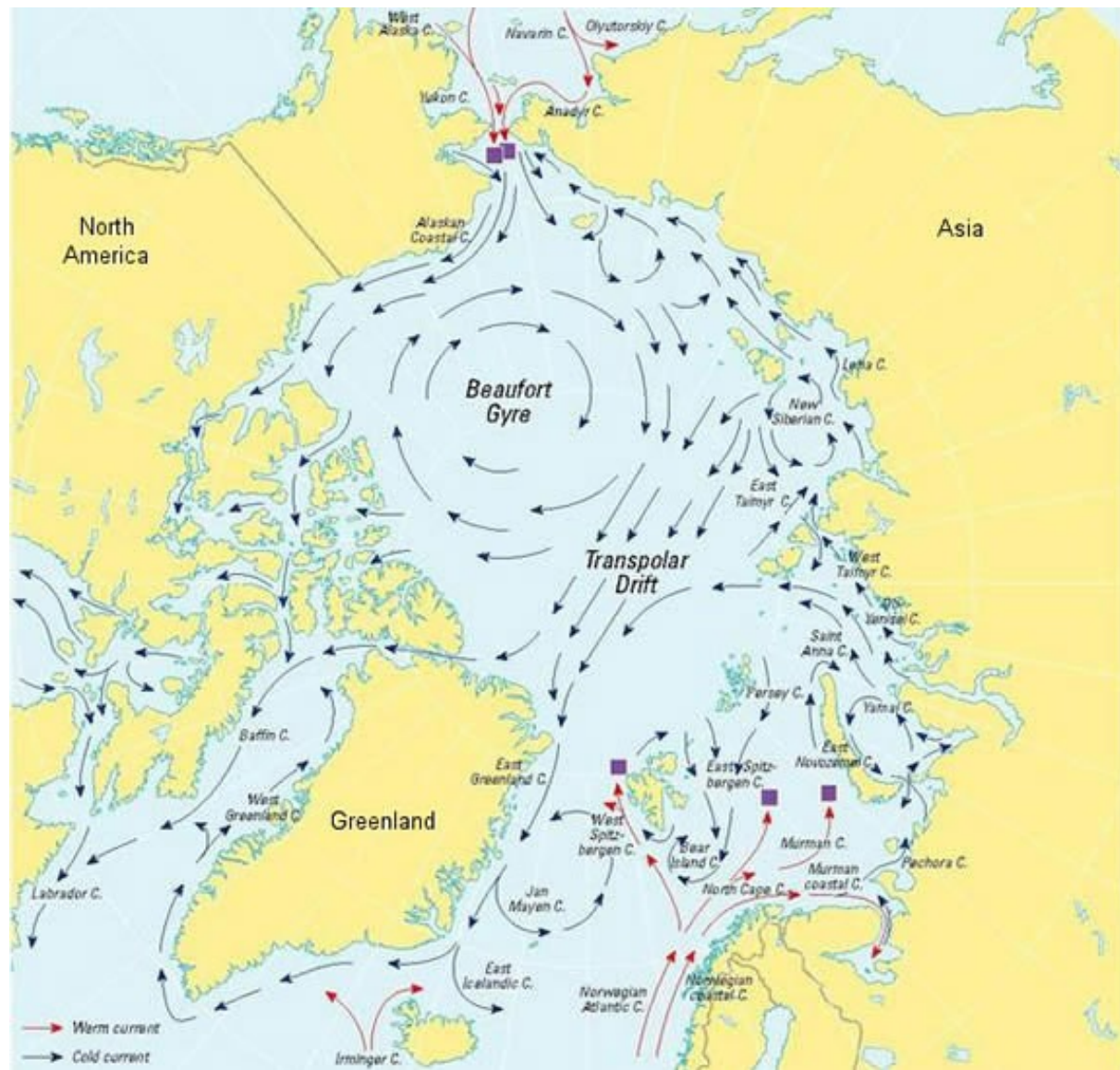


- No forman una superficie continua sino que está en general quebrada con pedazos de diferente tamaño que se mueven arrastrados por el viento y las corrientes.



Circulación oceanica media anual

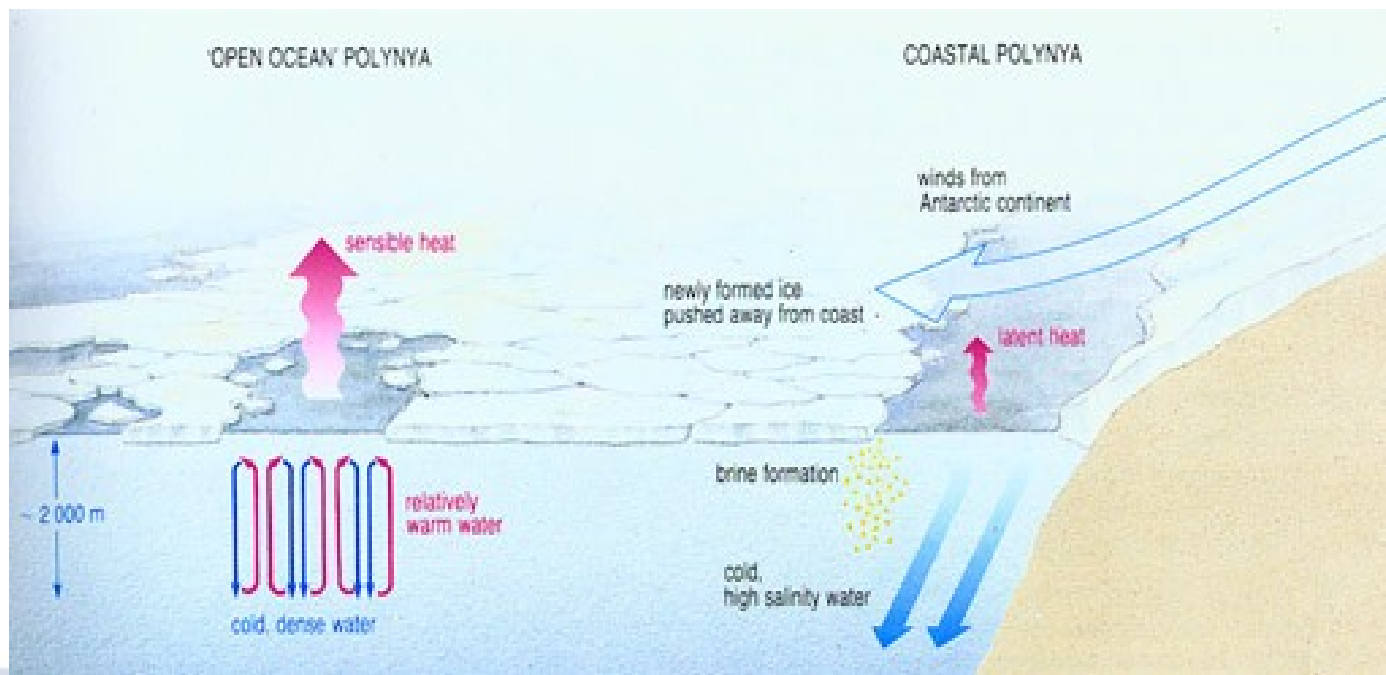
- Giro de Beaufort
- Deriva transpolar



https://en.wikipedia.org/wiki/Beaufort_Gyre

Influencia sobre circulación oceánica

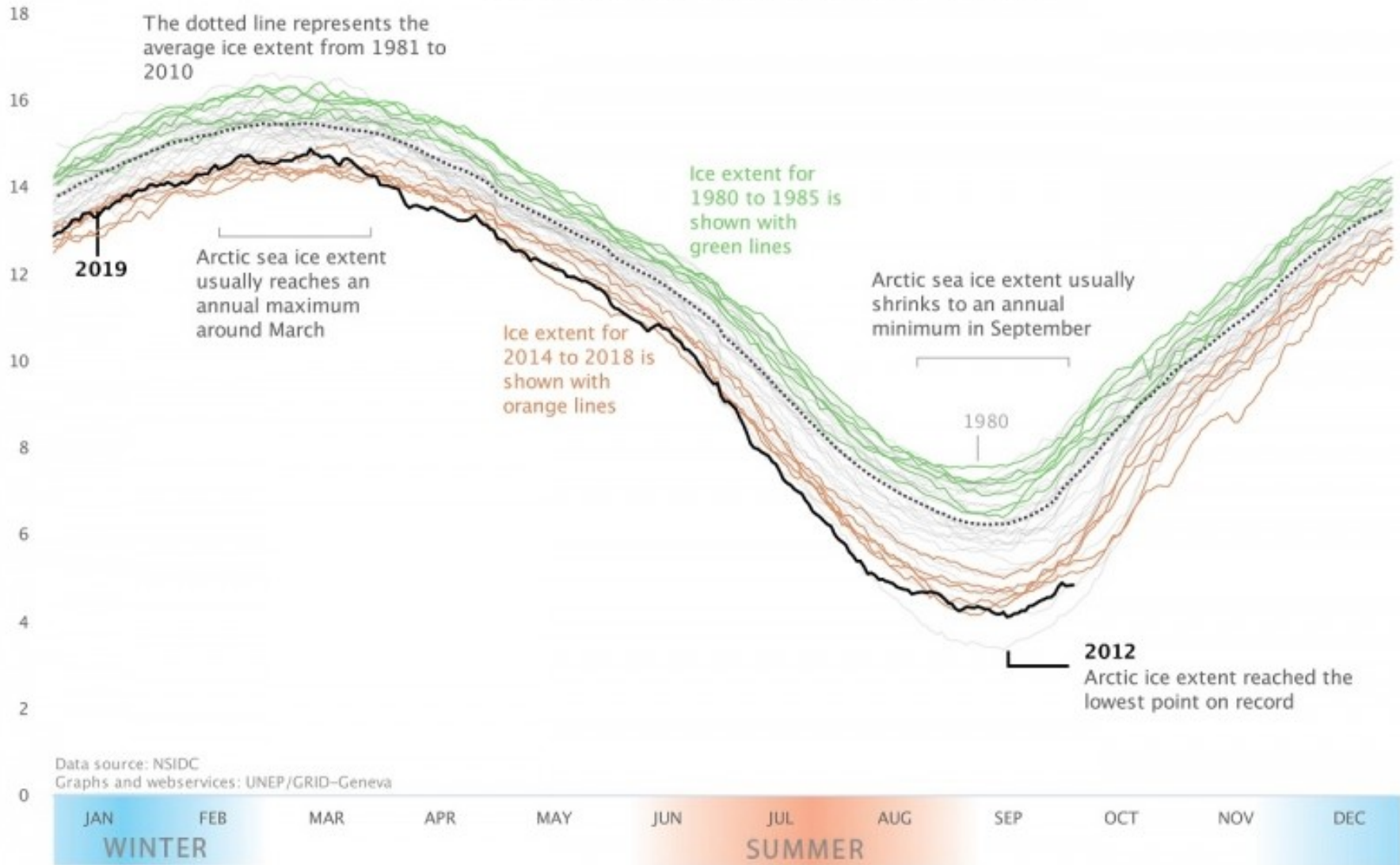
- Cuando se **congela el agua**, quedan aguas de salinidad muy concentrada conocidas como “brine”, que al mezclarse con su entorno aumenta la salinidad de las aguas. Este proceso es fundamental para dar lugar a la formación de aguas profundas.
- Creación de **polinias** (hueco en la cobertura de hielo). Polinias costeras se generan alrededor de la Antártida por fuertes vientos soplando hacia el océano (50-100km). Estas polinias influyen la circulación a través de la formación de hielo. Polinias en océano abierto son mayores (1000x350 km) y pueden permitir un enfriamiento de las aguas superficiales que induzca convección.



Arctic Sea Ice Extent

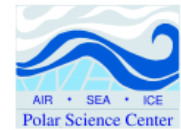
Million km²

Each line represents one yearly cycle of sea ice fluctuations

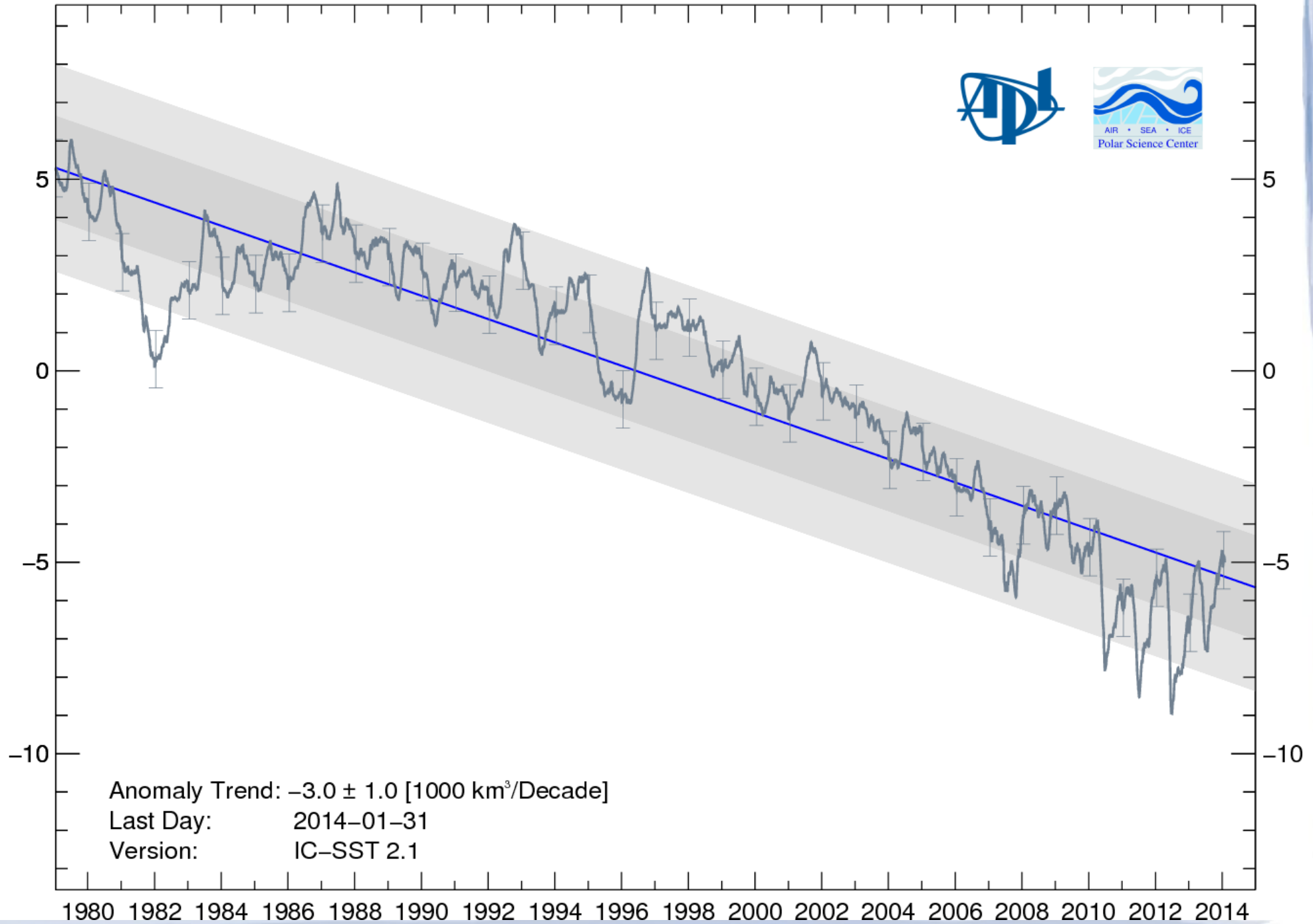


Inspired by and adapted from New York Times

Arctic Sea Ice Volume Anomaly and Trend from PIOMAS

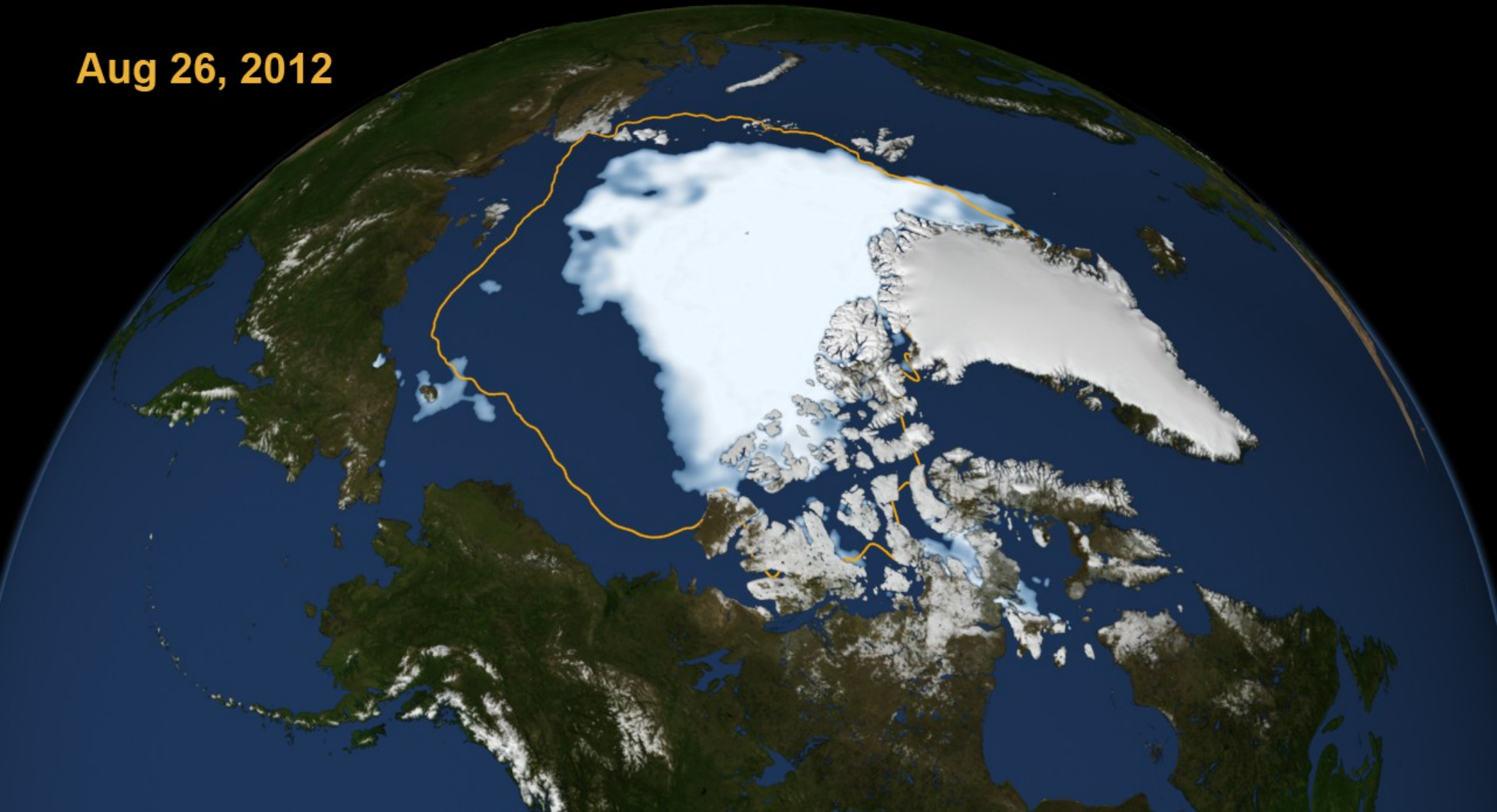


Ice Volume Anomaly relative to 1979–2013 [1000 km³]

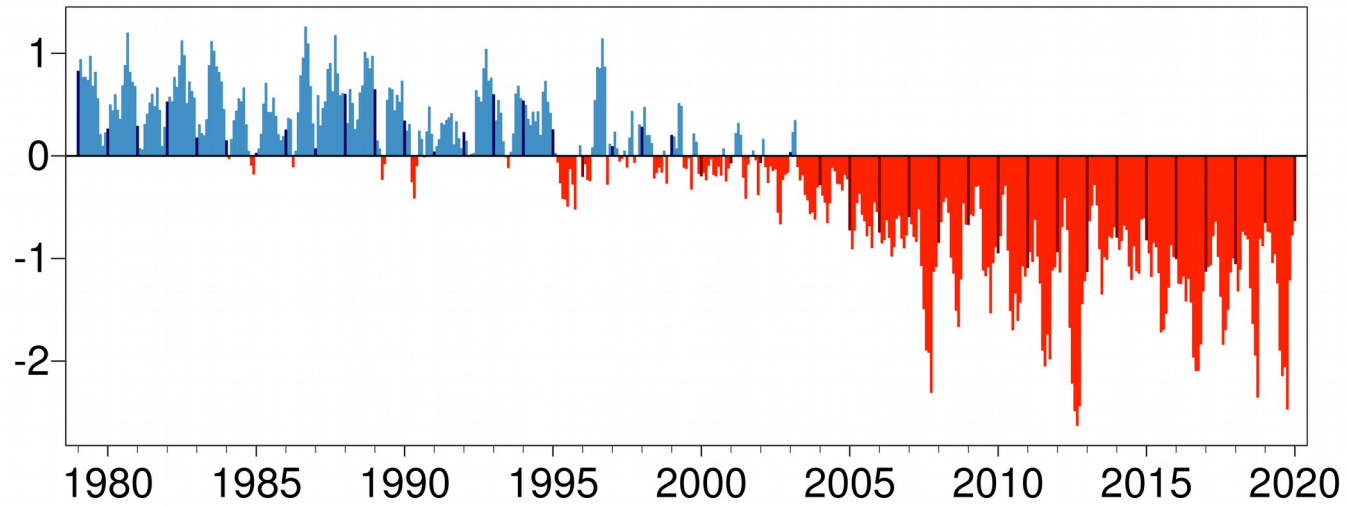


Cobertura de hielo mínima histórica

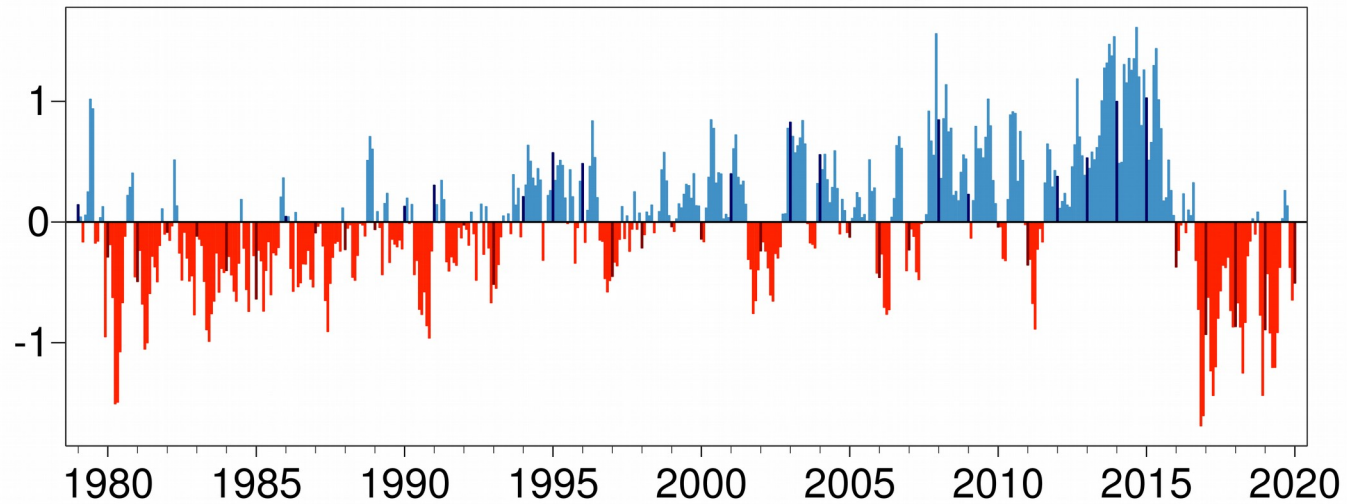
Aug 26, 2012



Arctic sea ice area anomalies (millions of sq km) relative to 1981-2010



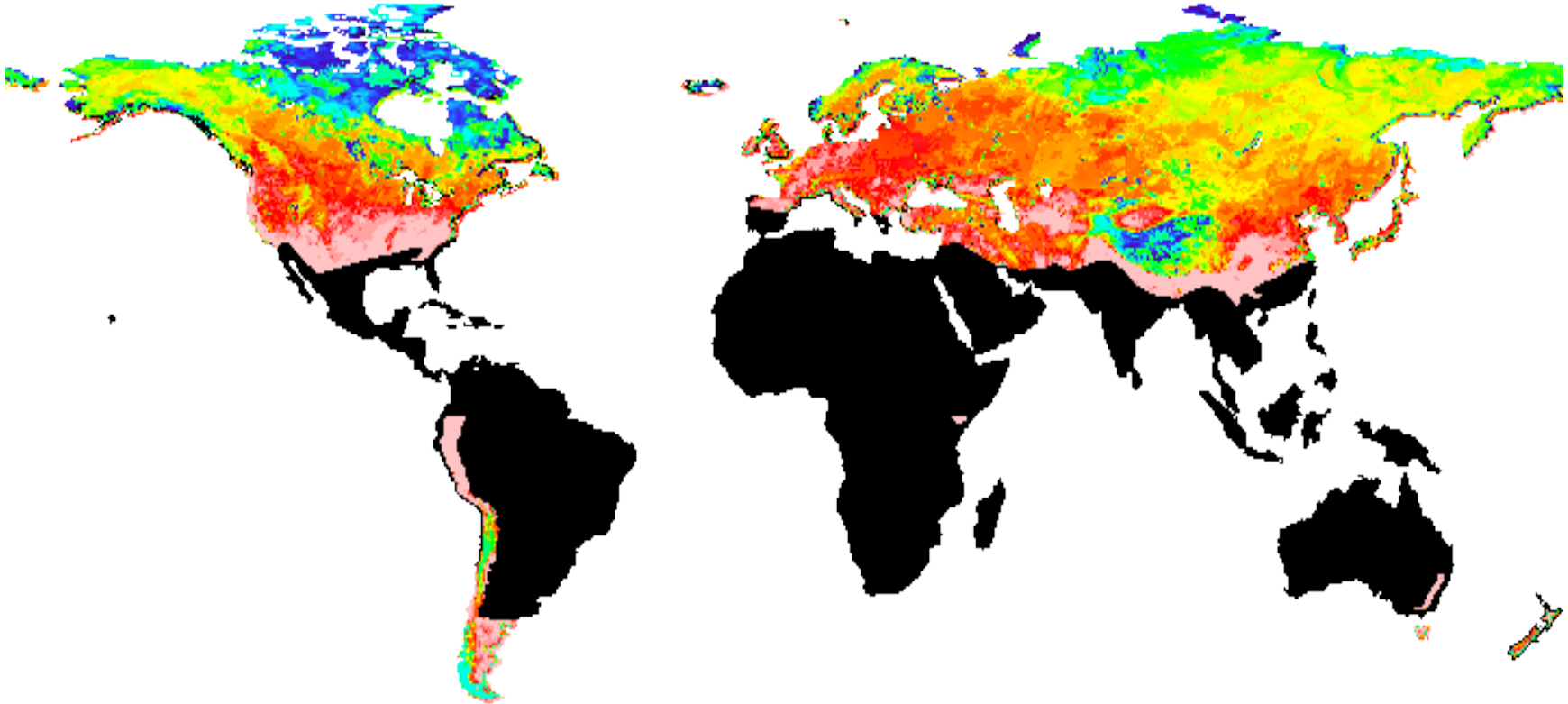
Antarctic sea ice area anomalies (millions of sq km) relative to 1981-2010



Mas figuras en: <https://sites.uci.edu/zlabe/arctic-sea-ice-figures/>

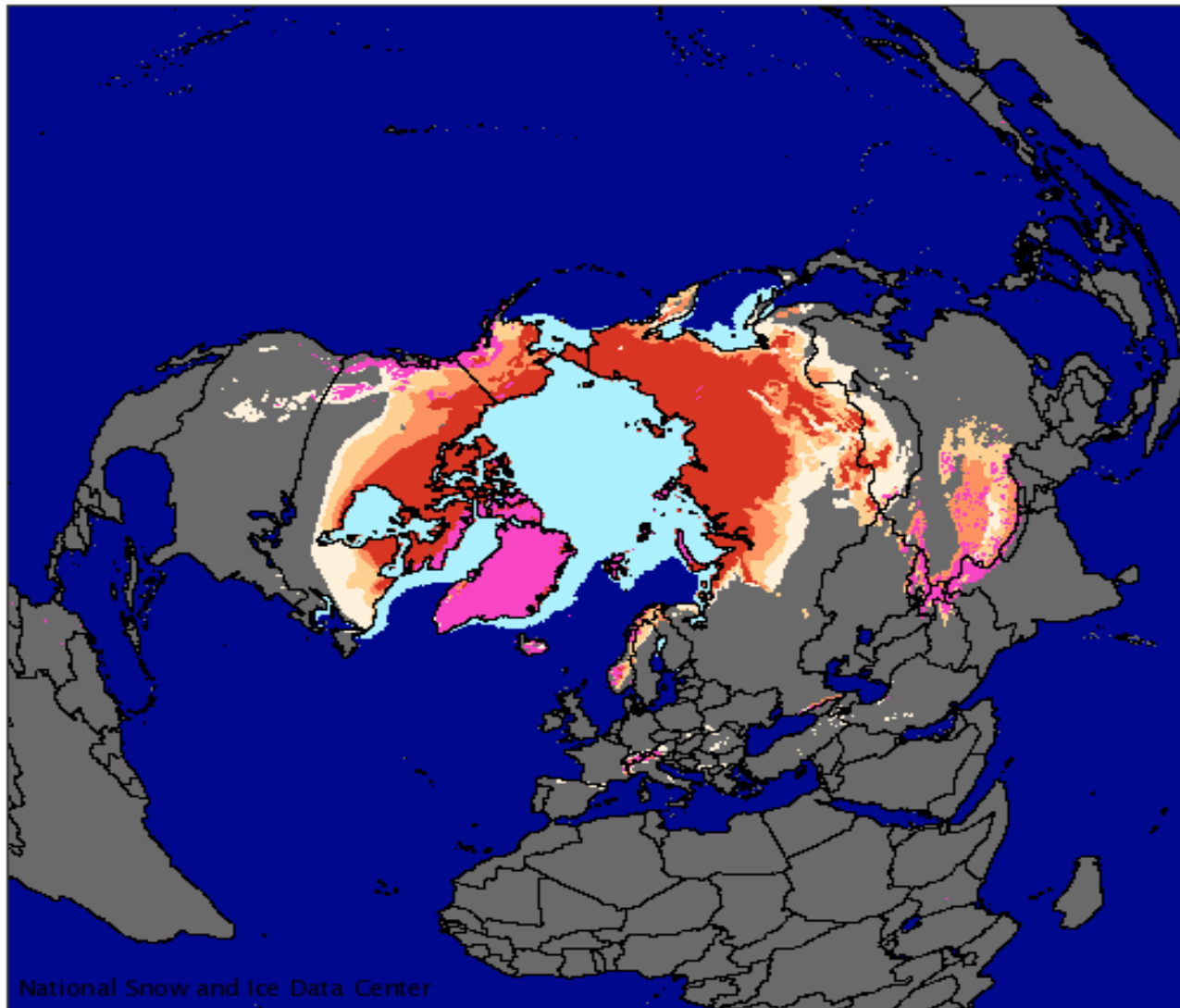
Cobertura de nieve

en el continente ocupa una extensión aún mayor que la cobertura de hielo marino y tiene una variabilidad muy grande. Desaparece en la primavera.



Permafrost

suelo a menor temperatura que la del congelamiento del agua (0 C).



Aún en la zona de permafrost continúa, los primeros metros del suelo se descongelan en verano.

La difusión de calor del interior de la Tierra limita la extensión vertical de la capa.

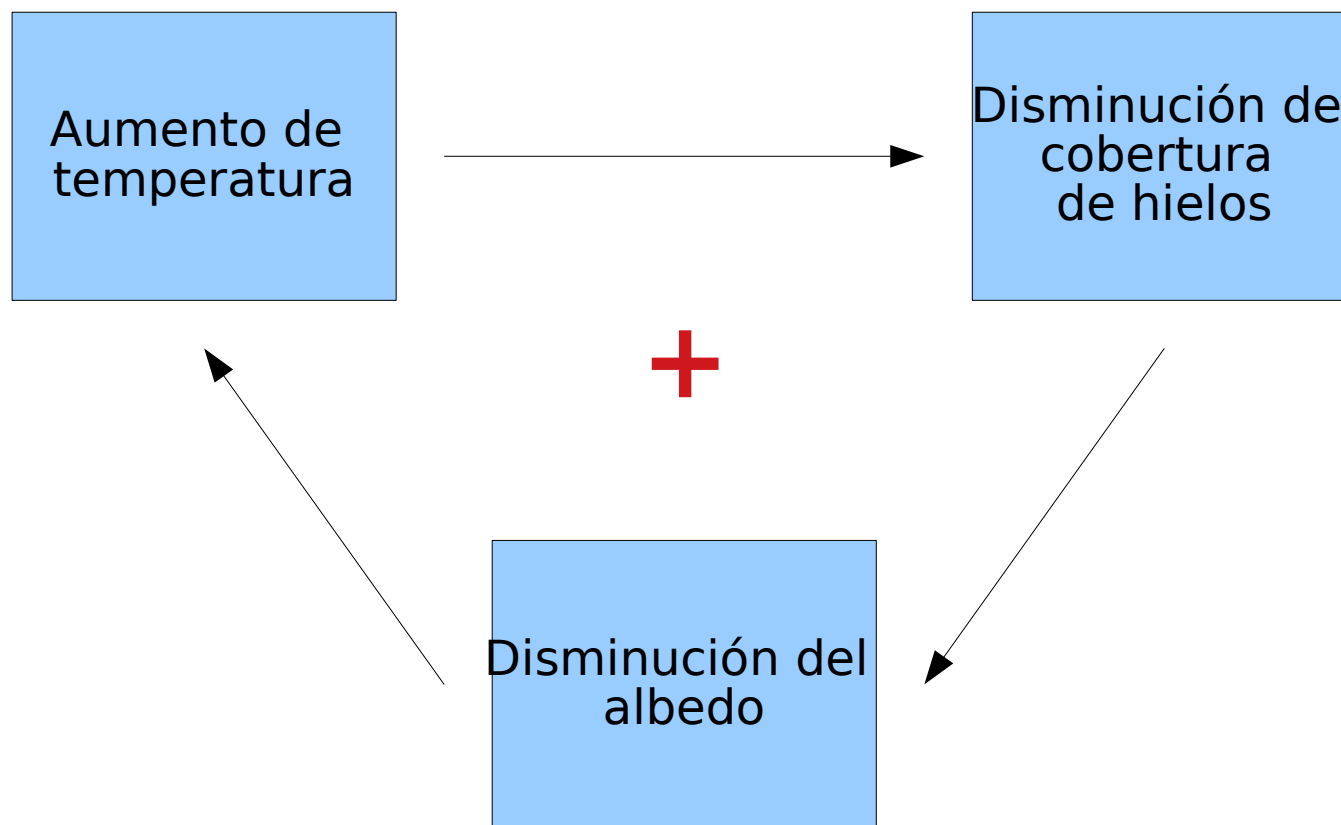
- + North Pole, Geographic (90°N)
- continuous permafrost (90-100%)
- discontinuous permafrost (50-90%)
- sporadic permafrost (10-50%)
- isolated permafrost (0-10%)
- snow extent, January (1967-2005)
- land
- sea ice extent, January (1979-2007)

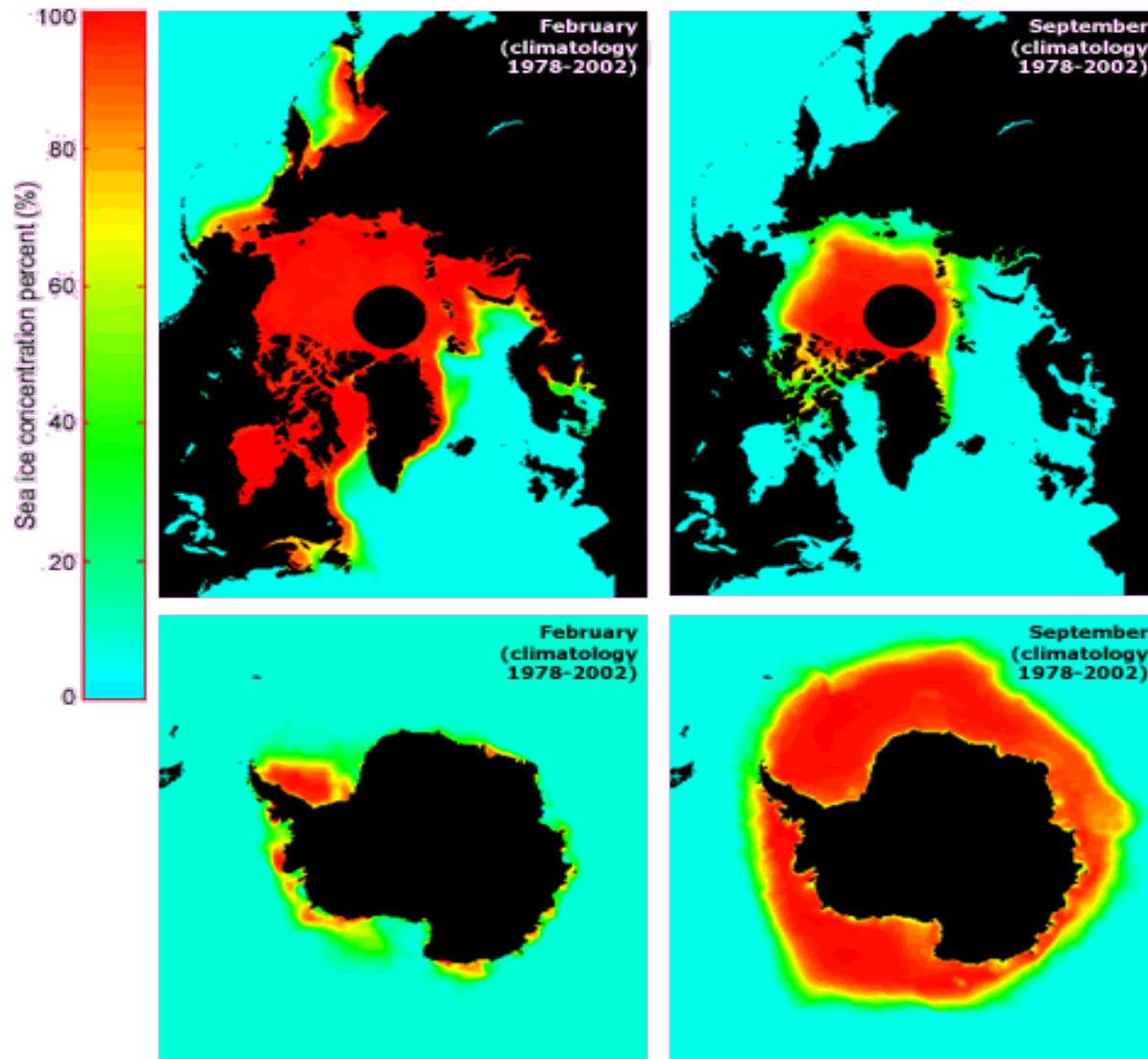
National Snow and Ice Data Center

0 1900 3800 5700 km

Retroalimentaciones con hielo

- **Hielo-albedo** (opera en verano en altas latitudes)





Cambios en la cobertura de hielos marinos en el Artico son más importantes para la retroalimentación hielo-albedo que los cambios en la cobertura de hielos marinos en la Antartida pues en la Antartida los hielos desaparecen todos los veranos que es cuando incide la radiación solar y actúa el albedo.

- **Hielo-flujos de calor** depende de que el océano es una fuente de calor para la atmósfera polar y que está limitado por el hielo (opera todo el año)

