

# Los Glaciares como Indicadores del Cambio Climático



Glaciar del Aletsch, Suiza.



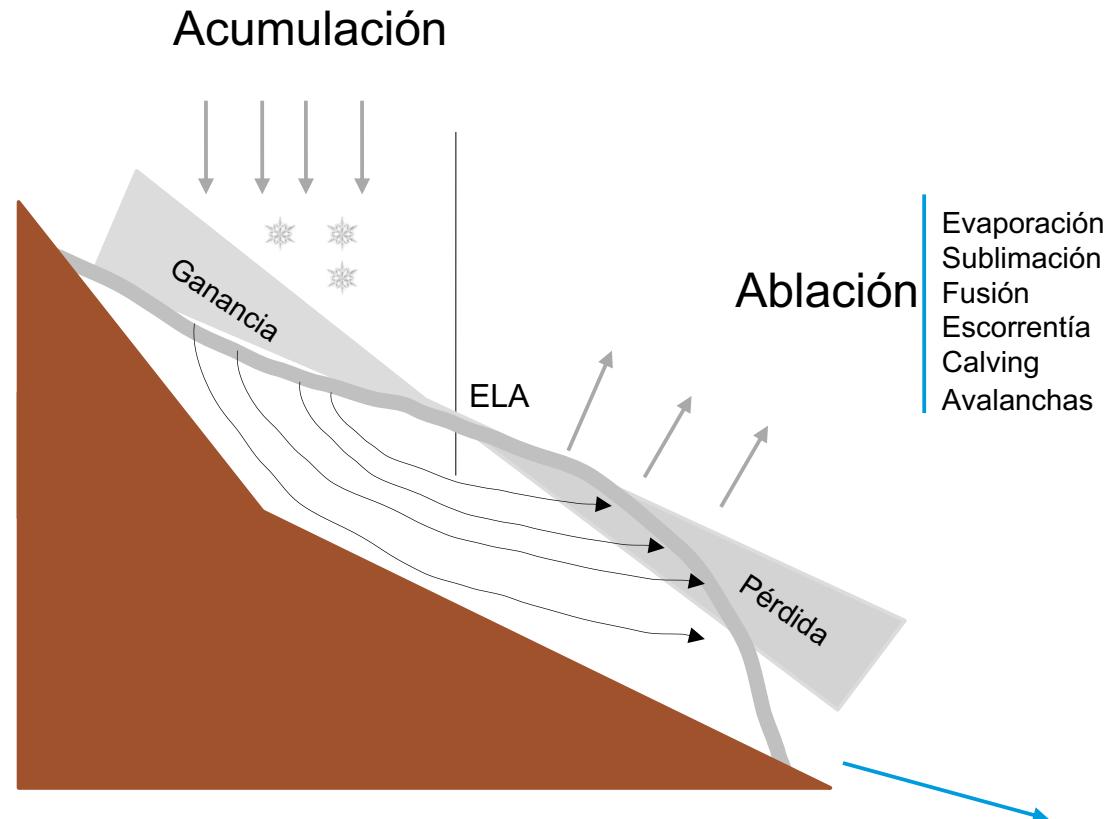
I Jornadas Clima y Sociedad ARC  
Madrid 15 de Noviembre, 2025

Javier G. Corripio  
 [meteoexploration.com](http://meteoexploration.com)

# Definiciones: Glaciar

## Glaciar:

Acumulación perenne de hielo, nieve, roca, sedimentos, agua, que se origina en tierra y se **desplaza** pendiente abajo por gravedad.



# De la definición se deduce que este efecto es dinámico, no climático

INTERNACIONAL

## Deshielo permite hallar los restos de un avión estrellado hace 54 años en los Alpes suizos

La nave se estrelló el 30 de junio de 1968 en la zona con tres personas a bordo: un profesor, un médico y el hijo de éste, todos procedentes de Zúrich.

BUSINESS INSIDER

### Photos show the wreckage of a 1968 plane crash unearthed by melting glaciers in the Swiss Alps

Paola Rosa-Aquino

Updated Wed, August 10, 2022 at 10:10 PM GMT+2

4 min read

Add Yahoo on Google

473

### Bodies Missing for 75 Years Found—Thanks to Melting Glacier

Climate change may have just helped solve a cold case in Switzerland.

By Sarah Gibbens

July 19, 2017 • 4 min read



101045278.html

No es el deshielo, es la dinámica glaciar, da igual que el glaciar avance, retroceda o esté en equilibrio.



Foto: Rebecca Gresch/Stefan Gafner/Guardianes refugio Konkordia yahoo news

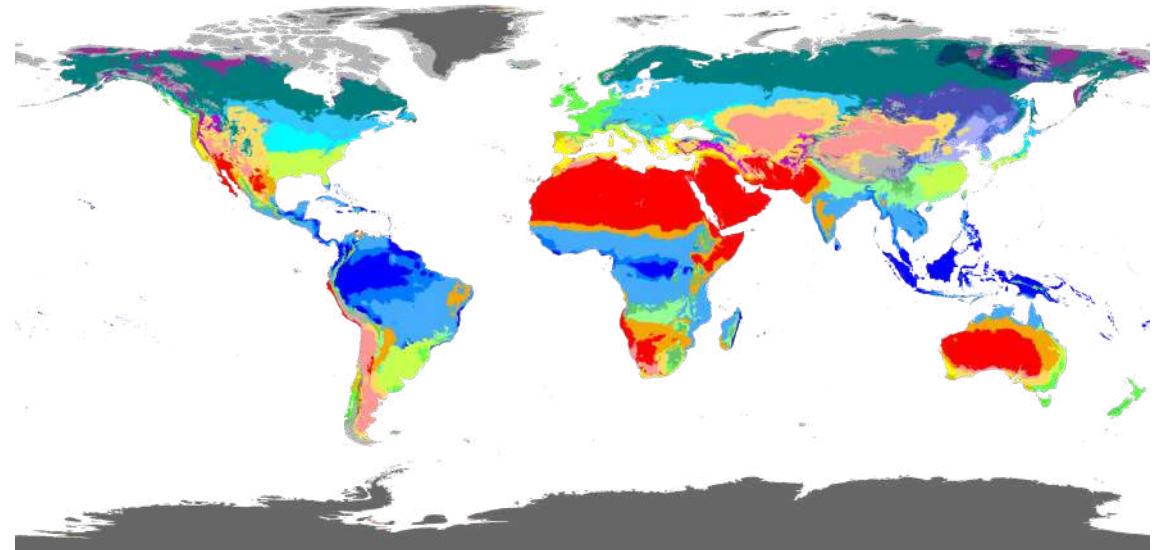
# Definiciones: Clima

## Clima:

La variación lenta de las características del sistema atmósfera-hidrosfera-superficie.

*AMETSoc, American Meteorological Society*

OMM: Valores meteorológicos medios durante 30 años.



# Punto en común: la lentitud

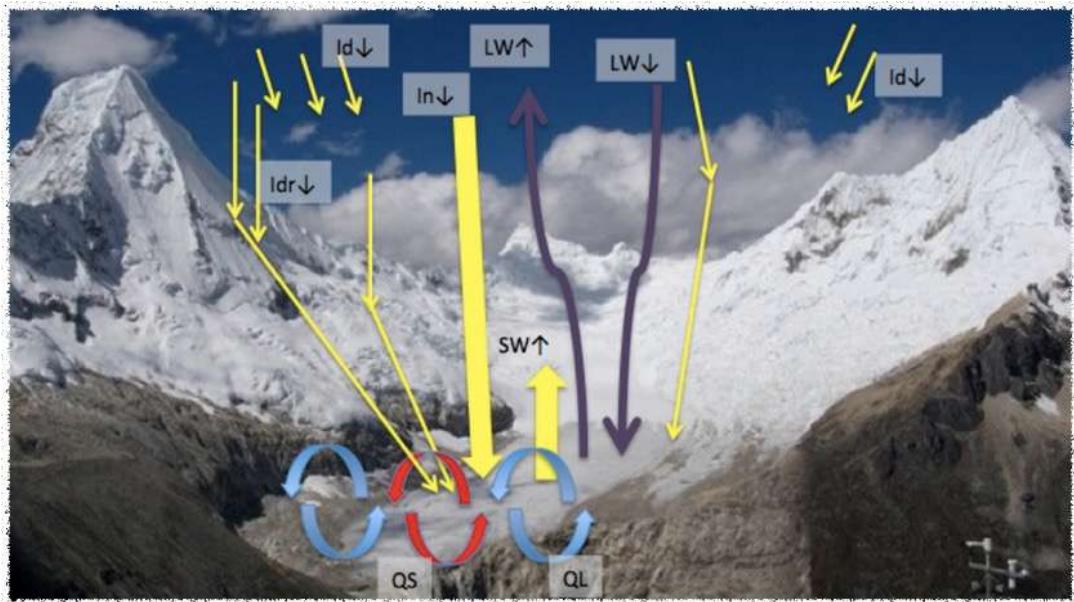
- Tiempo de respuesta de los glaciares: decenas a centenas de años.
- Su estado en un momento dado es debido al efecto cumulativo de los años previos.
- Es más sensible a la variación a largo plazo (clima) que a los eventos a corto plazo (meteorología)

En el clima podemos considerar 30 años como un pixel



# Punto en común: múltiples variables meteorológicas

- Balance de masa: suma de aportes y pérdidas de masa al glaciar
- Balance de energía: suma de aportes y pérdidas de energía al glaciar



$$Q = I_{\downarrow} (1 - \alpha) + L_{W\downarrow} + L_{W\uparrow} + Q_S + Q_L + Q_P + Q_R$$

donde

$I_{\downarrow}$  es la radiación solar de onda corta incidente,  
 $\alpha$  es el albedo,  
 $L_{W\downarrow}$  es la radiación de onda larga emitida,

$L_{W\uparrow}$  es la radiación de onda larga emitida,  
 $Q_S$  es el flujo de calor sensible  
 $Q_L$  es el flujo de calor latente,  
 $Q_P$  es el flujo de calor interno entre las capas sub-superficiales,  
 $Q_R$  es el calor aportado por la precipitación líquida o sólida y  
 $Q$  es el balance neto de energía.

# Complejidad

Supraglacial

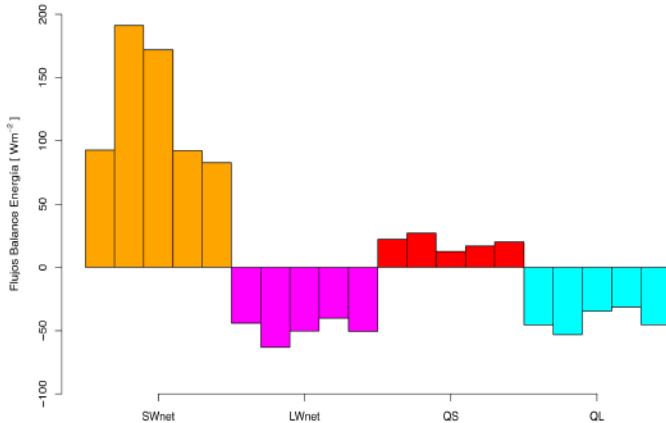


Englacial



# Balance de energía

## Simulación puntual



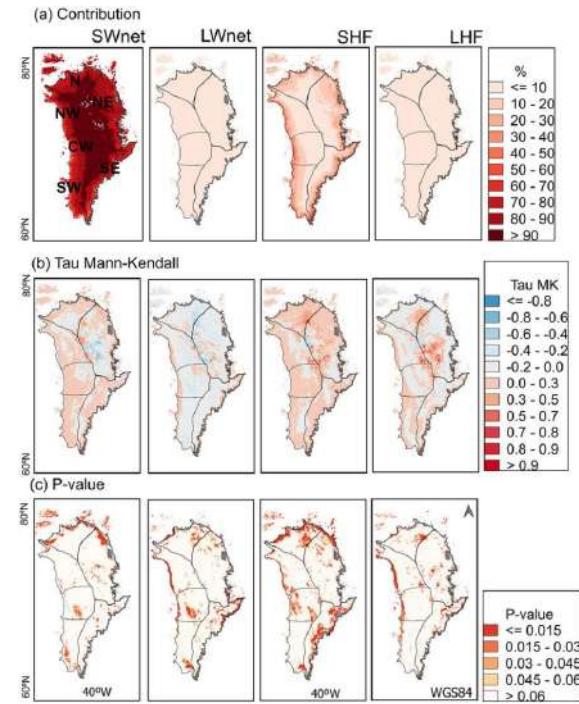
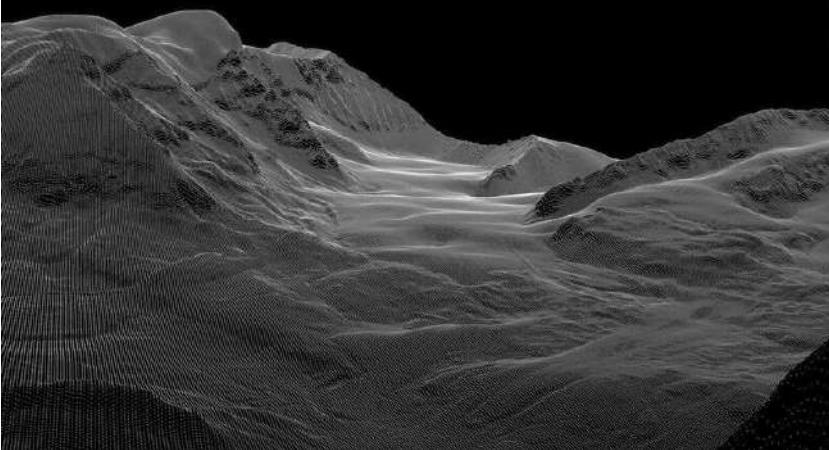
Componentes principales de los flujos de energía mensual de noviembre del 2015 a marzo del 2016 en Olivares Alfa según el modelo de balance de energía puntual. Corripio, J., 2003

$LW = \varepsilon\sigma T^4$     $\varepsilon_{\text{nieve}} > \varepsilon_{\text{aire}} \implies \text{enfriamiento radiativo}$



# Balance de masa y energía

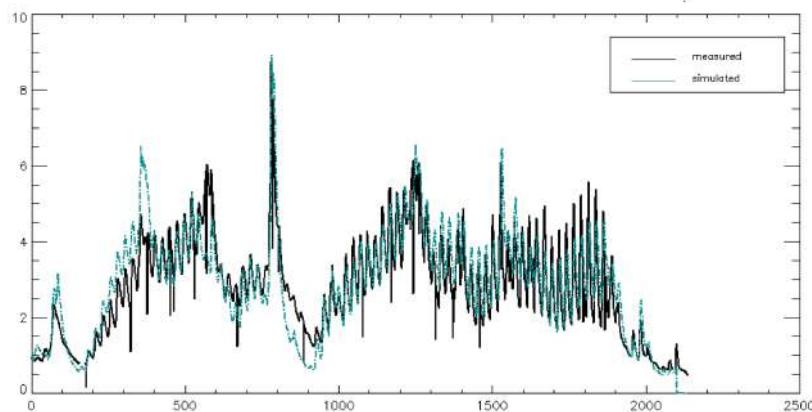
## Simulación distribuida



SEB component contribution (%) to the energy available for melting during extreme melting events.  
Bonsoms et al, Journal of Climate 2024

# Balance de masa y energía

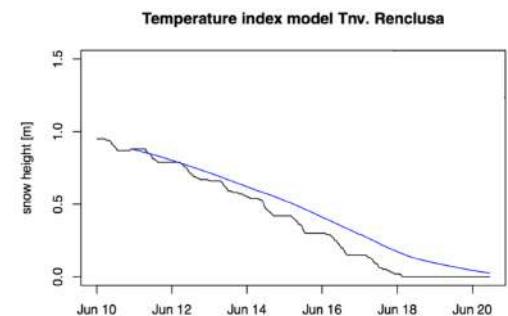
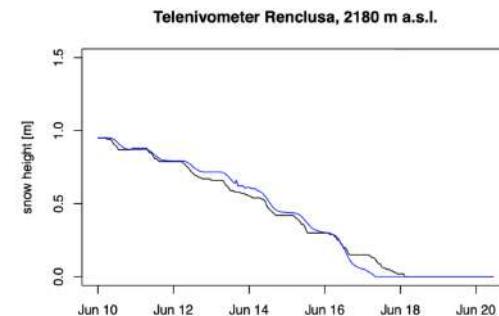
## Modelización



Modelo distribuido SnowDEM

Simulación de la altura de la nieve en el telenivómetro de la Renclusa (Aneto).

Balance de energía completo y modelo de índice de temperatura (degree-day model).



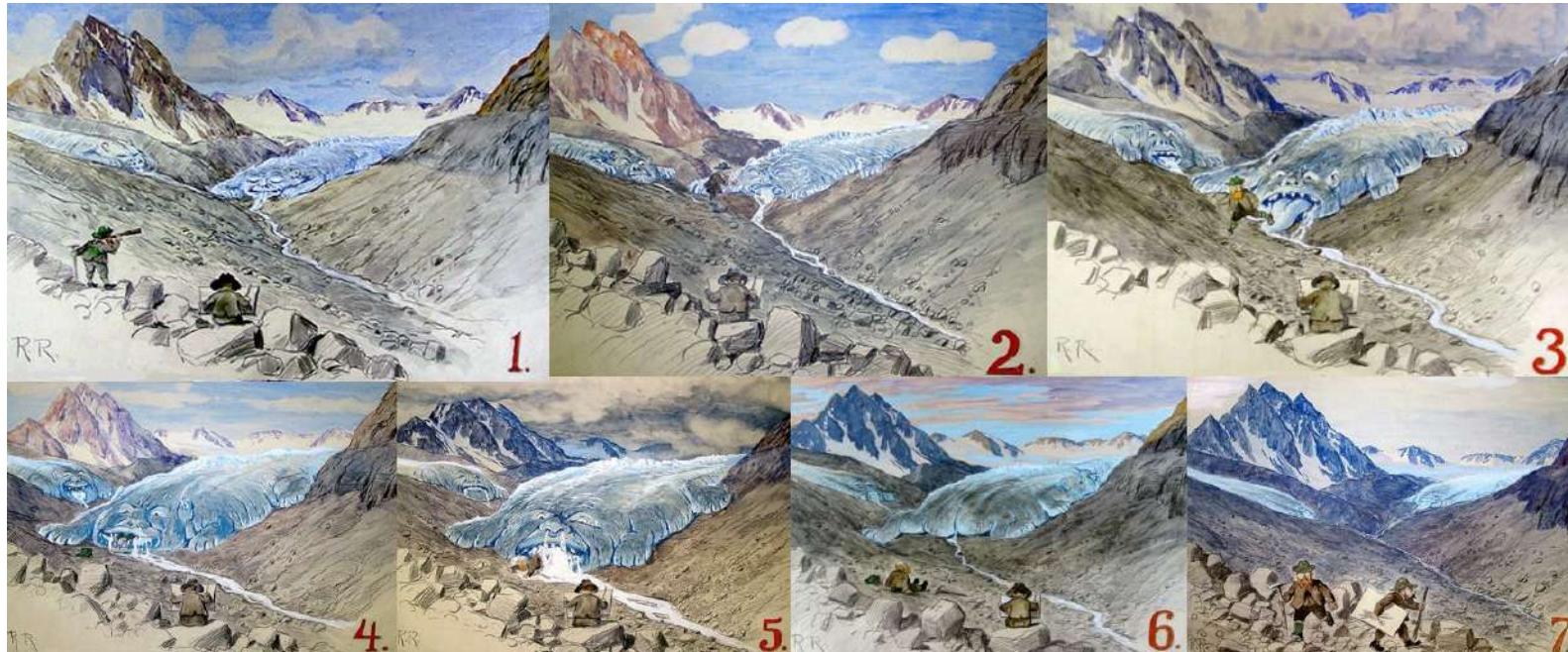
Corripio, JG y López-Moreno, JI, 2017

Los modelos son sumamente útiles cuando fallan.

Porque nos indican lo que no entendemos bien. No deberíamos empeñarnos en darles siempre la razón.

# Equilibrio, avances, retrocesos

- Balance de masa en equilibrio (ablação compensa acumulación)
- => glaciar en equilibrio, de lo contrario avance o retroceso



Rudolf Reschreiter  
Vorstoß und Rücklauf  
des Vernagtferners, 1911

# Retroceso de glaciares desde la PEH



Glacier d'Argentière, 1860



Rhone Gletscher, 1856

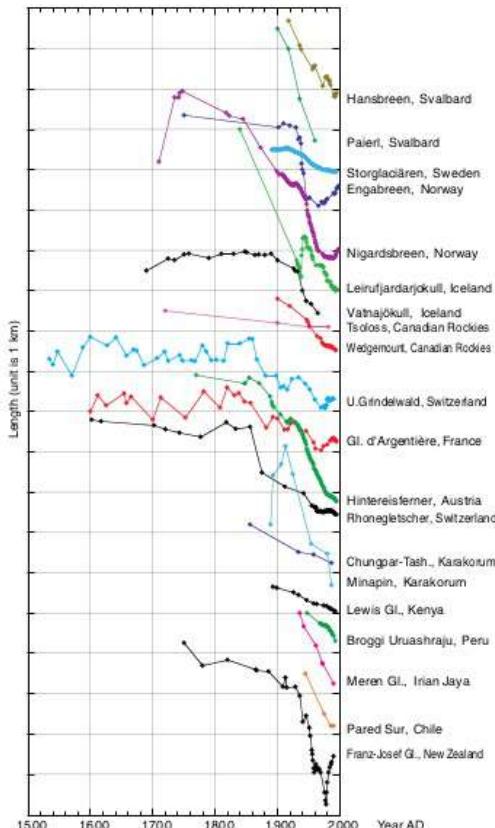


1900



2006

# Retroceso de glaciares y temperatura



Según el IPCC los glaciares comienzan a retroceder antes del aumento de la temperatura global.

De momento esta discrepancia no se explica.

Figure 2.18 are in the 10 to 70 year range. Therefore the timing of the onset of glacier retreat implies that a significant global warming is likely to have started not later than the mid-19th century. This conflicts with the Jones *et al.* (2001) global land instrumental temperature data (Figure 2.1), and the combined hemispheric and global land and marine data (Figure 2.7), where clear warming is not seen until the beginning of the 20th century. This conclusion also conflicts with some (but not all) of the palaeo-temperature reconstructions in Figure 2.21, Section 2.3 , where clear warming, e.g., in the Mann *et al.* (1999) Northern Hemisphere series, starts at about the same time as in the Jones *et al.* (2001) data. These discrepancies are currently unexplained.

IPCC TAR, page 128 – 129 <https://www.ipcc.ch/>

# Retroceso de glaciares y temperatura <sup>b</sup>

Intento de explicación por el hollín de la Revolución Industrial

**Glaciers in the European Alps began to retreat abruptly from their mid-19th century maximum, marking what appeared to be the end of the Little Ice Age. Alpine temperature and precipitation records suggest that glaciers should instead have continued to grow until circa 1910. Radiative forcing by increasing deposition of industrial black carbon to snow may represent the driver of the abrupt glacier retreats in the Alps that began in the mid-19th century. Ice**

End of the Little Ice Age in the Alps forced by industrial black carbon.  
Painter et al. PNAS 2013

Descartado por los testigos de Hielo en los Alpes  
(Colle Gnifetti, 4450 m a.s.l., Monte Rosa)

Our study reveals that in AD 1875, the time when rBC ice-core concentrations started to significantly increase, the majority of Alpine glaciers had already experienced more than 80 % of their total 19th century length reduction, casting doubt on a leading role for soot in terminating of the Little Ice Age. Attribution of glacial retreat requires expansion of the spatial network and sampling density of high alpine ice cores to balance potential biasing effects arising from transport, deposition, and snow conservation in individual ice-core records.

19th century glacier retreat in the Alps preceded the emergence of industrial black carbon deposition on high-alpine glaciers  
Sigl et al. The Cryosphere, 12, 3311–3331, 2018

# Retroceso de glaciares y temperatura $^{\circ}\text{C}$

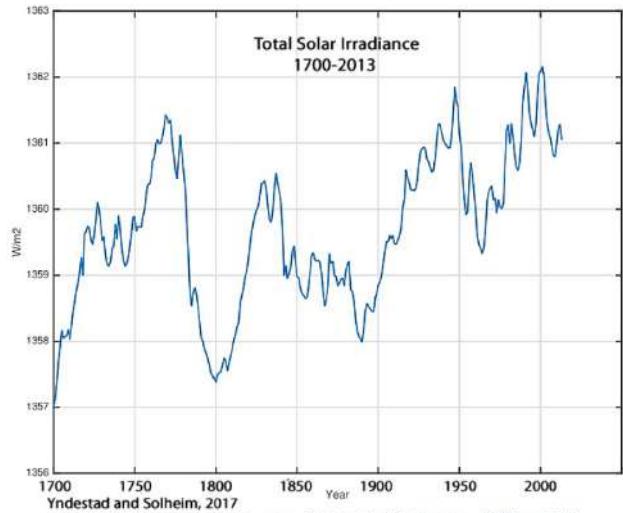
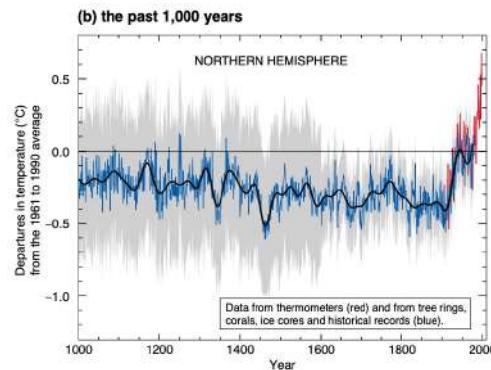
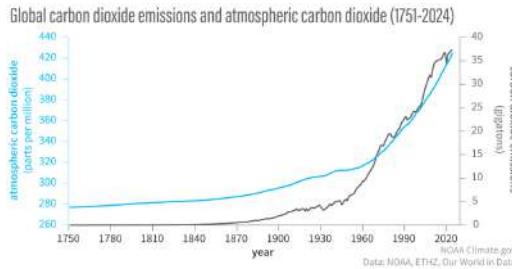


Fig. 3. TSI-HS total solar irradiance from 1700 to 2013 A.D. (Scafetta and Willson, 2014).

No fue el hollín, no pudo ser el CO<sub>2</sub> ni la temperatura.

Un candidato ideal es la radiación solar, pero la versión oficial es que ésta ha permanecido estable y constante, al contrario de lo que indican Scafetta *et al.*

Al día de hoy el IPCC no ha vuelto a mencionar este tema.

# Otras fluctuaciones glaciares asociadas al clima



Este árbol fue cubierto por el glaciar Mendenhall en Alaska. Los restos han aparecido después de unos 1000 años.

Este árbol estaba vivo cuando los vikingos cultivaban cebada y hacían cerveza en Groenlandia.

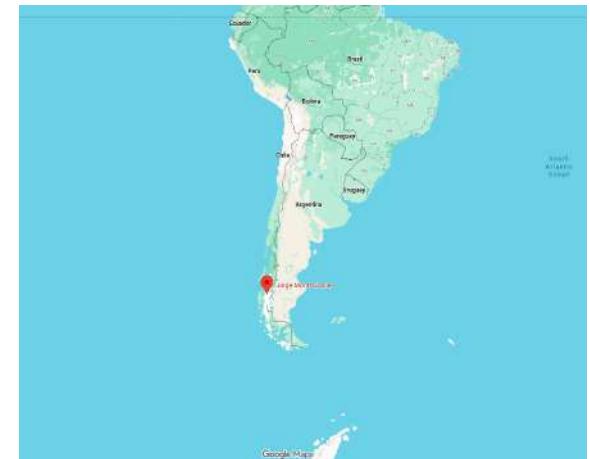


# Otras fluctuaciones glaciares asociadas al clima



Troncos dejados al descubierto por el Glaciar Jorge Montt, Patagonia chilena. Se estima que el bosque que cubría la zona fue arrasado por el glaciar hace unos 400 años.

Rivera et al, 2011 Little ice age advance and retreat of Glaciar Jorge Montt, Chilean Patagonia, recorded in maps, air photographs and dendrochronology



# Otras fluctuaciones glaciares asociadas al clima

Espeleotemas, sedimentos, isótopos cosmogénicos, turberas, restos de troncos, ...

34

B.M. Goehring et al. / Earth and Planetary Science Letters 351–352 (2012) 27–35

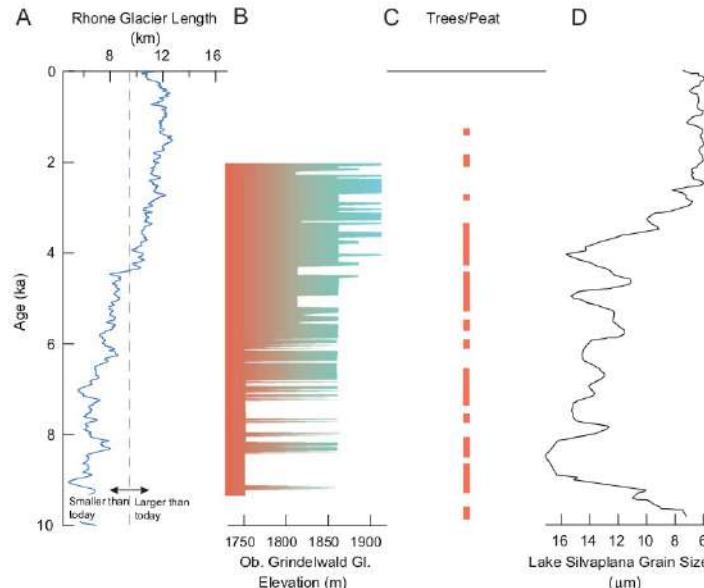
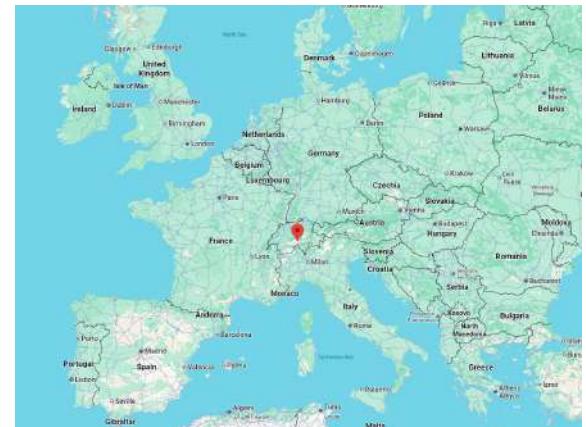


Fig. 5. Simulated Rhone Glacier length based on Dongee Cave record compared to other glacier length/activity reconstructions for the Swiss Alps. (A) Simulated Rhone Glacier length; (B) Ober Grindelwald glacier surface elevation inferred from observed speleothem mineralogy variation (Luetscher et al., 2011); (C) periods of time with tree growth based on glacially overrun trees, periods of tree growth indicate periods glaciers were smaller than at present (Jorin et al., 2008); and (D) Lake Silvaplana grain size, smaller grain size indicates more glacier activity and production of glacial flour (Leemann and Niessen, 1994). Our simulation and observations suggest generally increasing glacier size/activity during the late Holocene and relatively small/inactive glaciers during the early Holocene.

Glaciar del Ródano más pequeño que en la actualidad durante la mayor parte del Holoceno

B.M. Goehring et al. / Earth and Planetary Science Letters 351–352 (2012) 27–35

B.M. Goehring et al. Geology 2011;39:679–682



## Otras fluctuaciones glaciares asociadas al clima

## Evidencia arqueológica



Aut. Dr. Lukas Schleicher 2014. Prinzipielle Lieder mit zeitlichen Markierungen aus der Frühzeit (ca. 16. Jahrhundert).



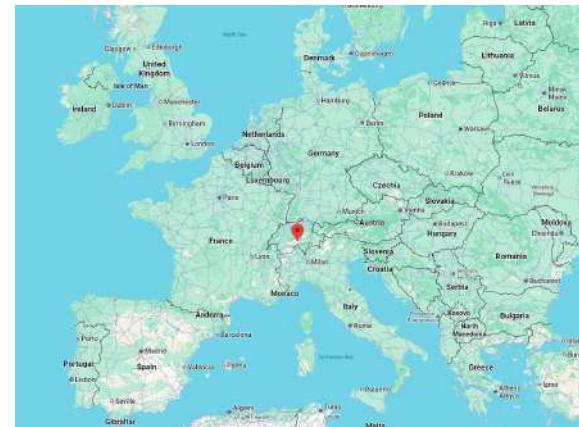
math. auf dem Fischer-Haus zugeschnitten und direkt am Fuß befestigt. Das Material ist ein langer, unverzweigter Lederstrick, Ab. 90 cm. Das Hosenbein weist neben einer Länge, auch eine Quarnheit sowie Rückfalten auf. Am unteren Ende des Hosenbeins ist ein langer, unverzweigter Lederstrick verhakt und sich selbst wiehten mehrfach kastenförmig behandelt. Das Einsatz weist mehrfache Untersuchungen auf (Herkunft, Alter und verwendete Ledersorten).

17 Bei der etwas älteren Geschlechtsreife von Tjiasmjach (11 wurde diese Untersuchung vorgenommen) ist das normale europäische Muster (rechts) und das bei der hyperthyreotischen und unterthyreotischen Ganglion (links) nicht mehr möglich.



Restos neolíticos y Romanos en Lenk - Schnidejoch  
al quedar sin hielo en 2003.

Suter et al., 2005. Lenk-Schnidejoch. Funde aus dem Eis - ein vor- und frühgeschichtlicher Passübergang. Archäologie Im Kanton Bern. 6. 499-522.



# Fluctuaciones glaciares asociadas al clima

## Recapitulación breve

- Gran variabilidad.
- Influencia de otras variables además de la temperatura.
- Periodos históricos con mayor y menor cobertura glaciar.
- Periodos con variaciones más lentas y más rápidas que la actualidad.

(Al final del Younger Dryas ~10000 años calentamiento muy rápido “this 5-10°C warming was abrupt, with much of the change in a few decades or less (Severinghaus et al., 1998)”, Alley, R. B. 2000)

- No estamos en un periodo excepcional.

# Glaciares y sociedad

Blatten, Suiza, antes y después del desprendimiento rocoso del Kleines Nesthorn que arrastró al glaciar de Birch. Pueblo sepultado, un desaparecido



A combo of a picture (top) taken on May 18, 2025, of the village of Blatten, and a picture (bottom) taken on May 29, 2025, one day after a massive avalanche triggered by the collapse of the Birch Glacier demolished the village of Blatten, Switzerland.

Cyril Zingaro/Keystone-Christophe Blatt via EPA Shutterstock

# Glaciares y sociedad

La arista del Kleines Nesthorn colapsó sobre el glaciar de Birch.



Hace 60 años  
Avalancha del Allalingletscher



Para disminuir daños, como en Blatten, lo mejor es la prevención

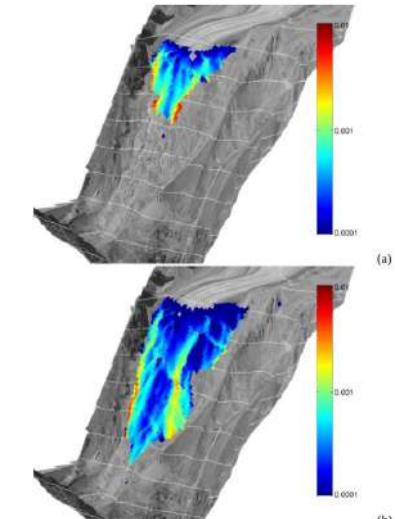
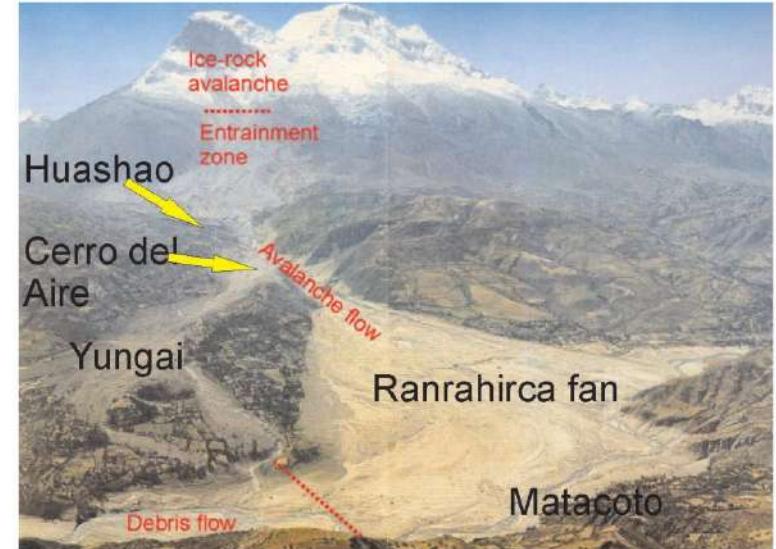


Fig. 8. Relative contribution of each block to the total subglacial water discharge ( $Z_{ev}$ ) for 1999 (a) and 1982 (b). Red zones indicate where discharge of subglacial water is larger.

# Glaciares y sociedad

Avalanchas del Huascarán 6778 m, CB, Perú

- 1962, 10 millones m<sup>3</sup>, 4000 muertos, causa: ?
- 1970, 50 a 100 millones m<sup>3</sup>, 18000 muertos, causa: terremoto 7.7 magnitud



**Fig. 3.** Huascaran glacier disaster of 31 May 1970: typical case of a glacial multi-phase mass movement. Photo by W. Welsch (from Patzelt, 1983).

# Glaciares y sociedad

## GLOFS: Glacial Lake Outburst FloodS

europapress / cienciaplus / cambio climático

Quince millones de personas amenazadas por inundaciones glaciares



Lago glaciar en el Parque Nacional Huascarán (Perú)  
-FLICKR

Europa Press Ciencia  
Actualizado marzo, 7 febrero 2023 10:05



[nature](#) > [nature communications](#) > [articles](#) > [article](#)

Article | [Open access](#) | Published: 07 February 2023

### Glacial lake outburst floods threaten millions globally

[Caroline Taylor](#), [Tom R. Robinson](#)✉, [Stuart Dunning](#), [J. Rachel Carr](#) & [Matthew Westoby](#)

[Nature Communications](#) 14, Article number: 487 (2023) | [Cite this article](#)



As mountain glaciers melt, risk of catastrophic flash floods rises for millions

March 19 2025, by Suzanne O'Connell and Alton C. Byers

Paradoja del riesgo creciente en un sistema menguante

# Glaciares y sociedad

## GLOFS



Inundación de St Gervais Mt Blanc, 1892, 175 muertos.  
Lago subglaciar en el glaciar de Tête Rousse



Fig. 2. The lower cavity at the terminus of the glacier. A part of the snout has been torn from the glacier. Photograph by H. Pelloux, September 1892.

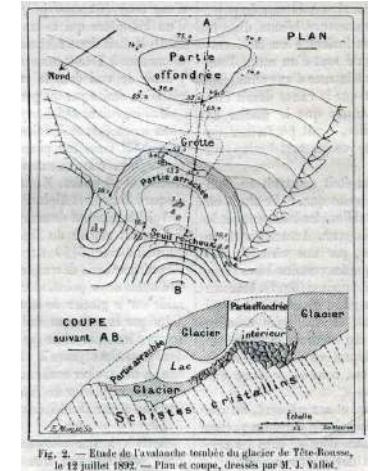


Fig. 2. — Étude de l'avalanche tombée du glacier de Tête-Rousse, le 12 juillet 1892. — Plan et coupe, dressés par M. J. Vallet.

Y otros como los glaciares de la cuenca del Río Plomo, Mendoza, S XIX, 1930's y 1980

# Glaciares como indicadores del cambio climático

## Conclusiones

- Los glaciares han avanzado y retrocedido durante el Holoceno múltiples veces e indican una gran variabilidad climática.
- El retroceso actual no tiene nada de extraordinario.
- Exigen mayor investigación en otras variables climáticas
- Hay múltiples riesgos asociados a glaciares, pero es dudoso que vayan en aumento.
- La mejor prevención es la monitorización continua.

Gracias por su atención.

[jgc@meteoexploration.com](mailto:jgc@meteoexploration.com)

# Retroalimentaciones



Cascada glaciar Juncal Norte,  
Andes Centrales Chile



Why do the dark and light ogives of Forbes bands have similar surface mass balances?  
Vincent et al. Journal of Glaciology (2018), 12

Retroalimentación negativa.

Bandas oscuras => mayor absorción radiación solar => mayor derretimiento

Rugosidad superficial equilibra ablación bandas oscuras y claras

A corto plazo alguna retroalimentación positiva

A largo plazo retroalimentaciones negativas => equilibrio