

Los Glaciares como Indicadores del Cambio Climático



Glaciar del Aletsch, Suiza.



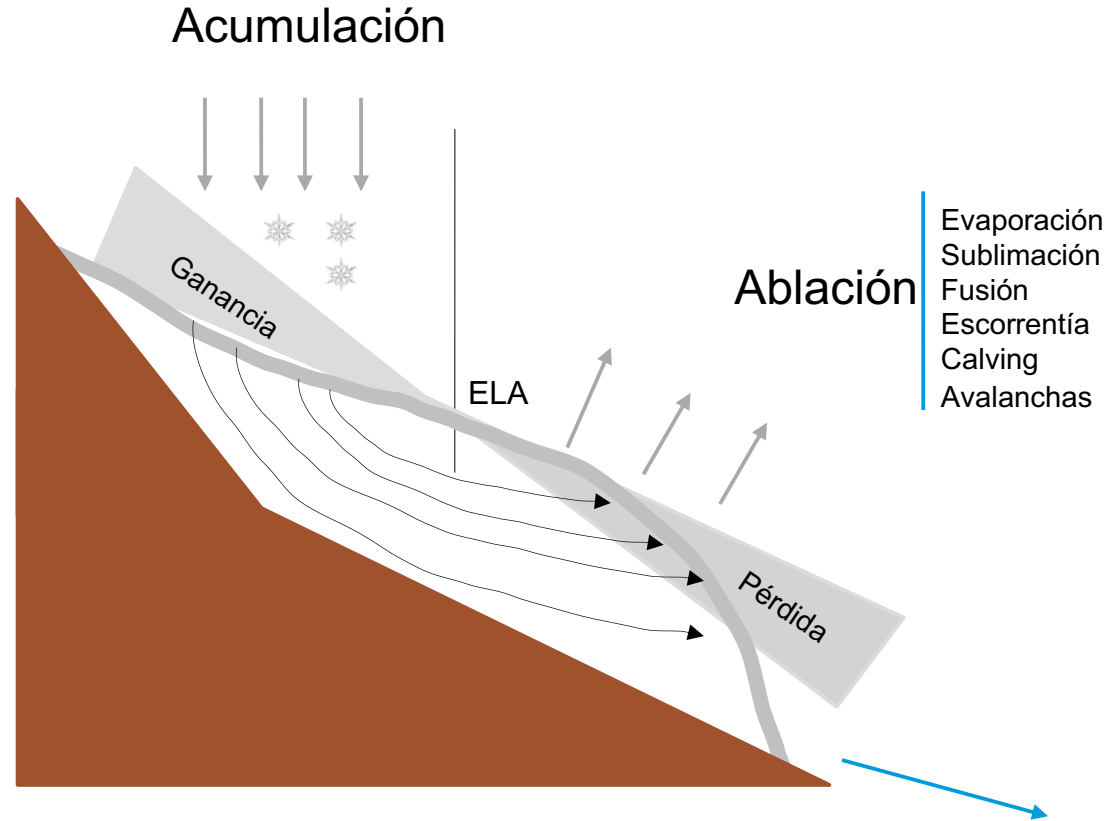
I Jornadas Clima y Sociedad ARC
Madrid 15 de Noviembre, 2025

Javier G. Corripio
meteoexploration.com

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

2 min read

[Add Yahoo on Google](#) [Share](#) 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



[01045278.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

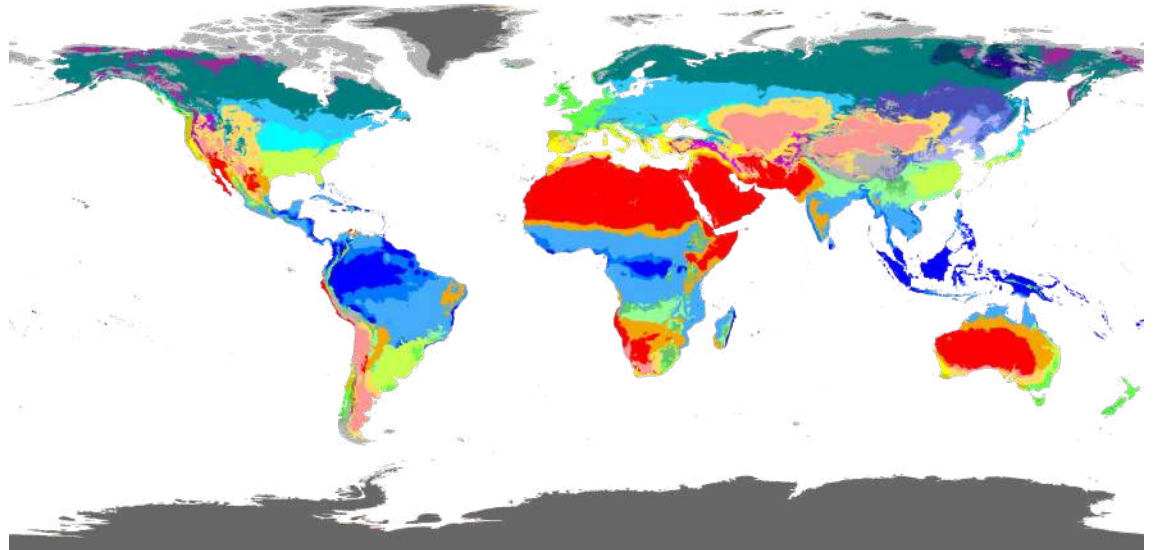
Definiciones: Clima

Clima:

La variación lenta de las características del sistema atmosfera-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 acumulativo 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



60 pixels



30 pixels



15 pixels



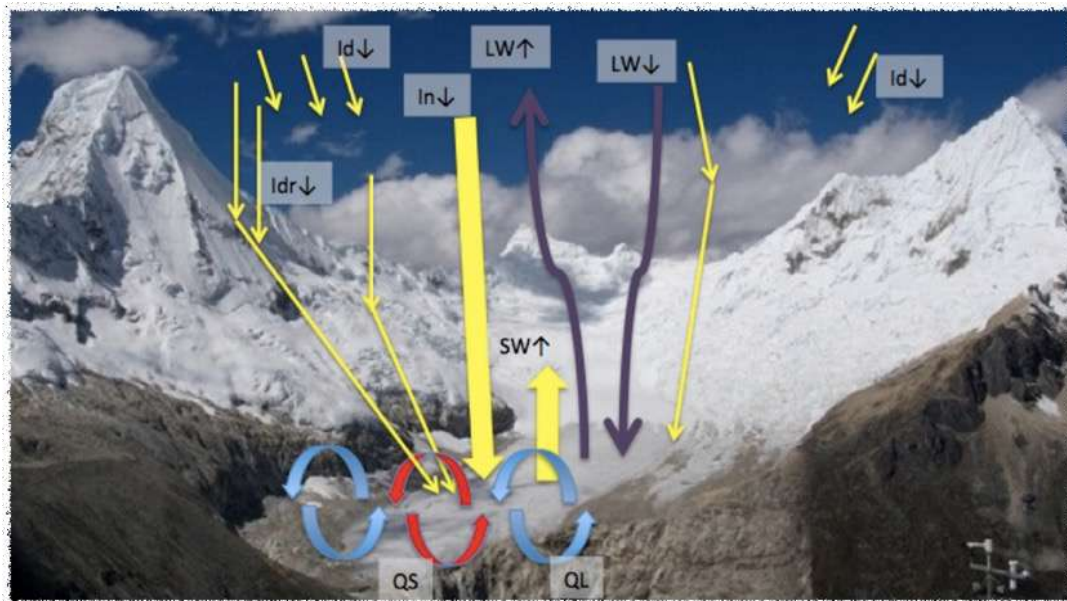
10 pixels



5 pixels

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



$$Q = I_i (1 - \alpha) + L_{Wt} + L_{Wt} + Q_s + Q_L + Q_p + Q_R$$

donde

I_i es la radiación solar de onda corta incidente,

α es el albedo,

L_{Wt} es la radiación de onda larga incidente,

L_{Wt} 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

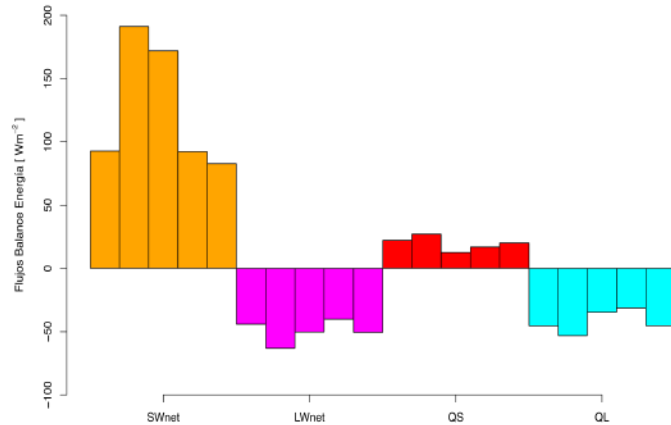


Englacial



Balance de energía

Simulación puntual



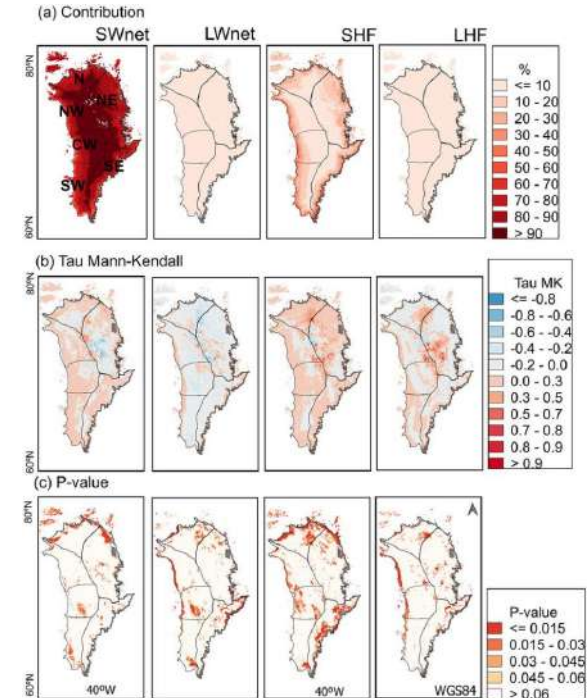
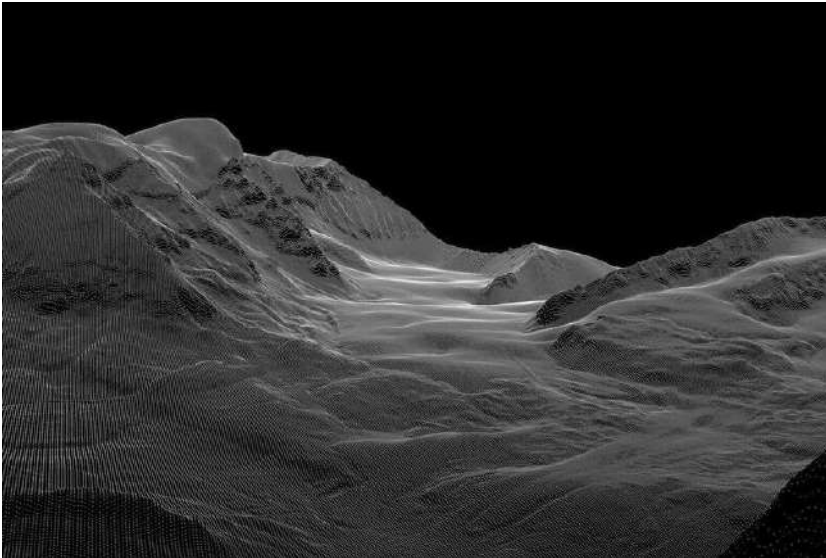
Componentes principales de los flujos de energía mensual de noviembre del 2015 a marzo del 2016 en Olivares Alfa según el modelo de balance de energía puntual. Corripio, J., 2003

$$LW = \epsilon \sigma T^4 \quad \epsilon_{\text{nieve}} > \epsilon_{\text{aire}} \implies \text{enfriamiento radiativo}$$



Balance de masa y energía

Simulación distribuida

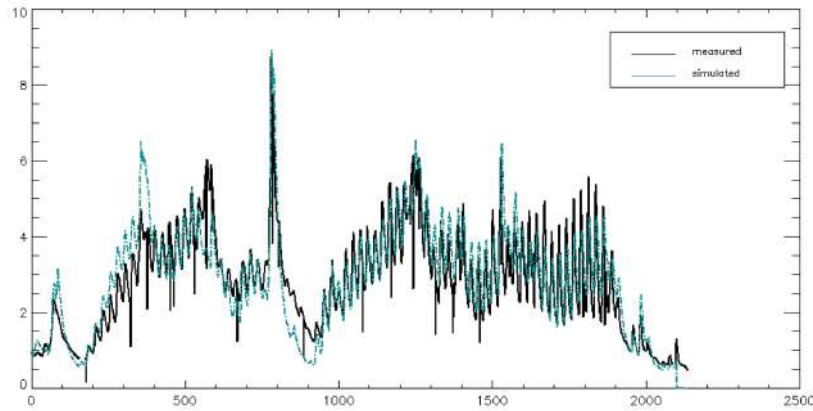


SEB component contribution (%) to the energy available for melting during extreme melting events.

Bonsoms et al, Journal of Climate2024

Balance de masa y energía

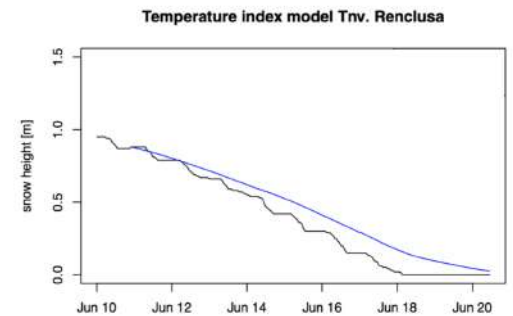
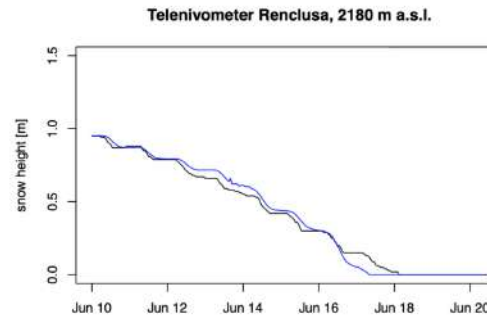
Modelización



Escorrentía medida y simulada en el Haut Glacier d'Arolla, Alpes suizos.
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, retroceso

- Balance de masa en equilibrio (ablación 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.

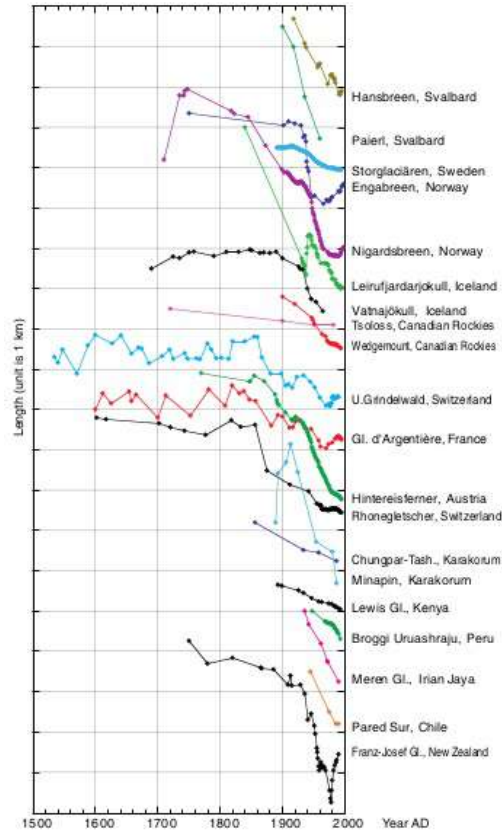


Figure 2.18 are in the 10 to 70 year range. Therefore the timing of the onset of glacier retreat implies that a significant global warming is likely to have started not later than the mid-19th century. This conflicts with the Jones *et al.* (2001) global land instrumental temperature data (Figure 2.1), 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 ^b

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 c

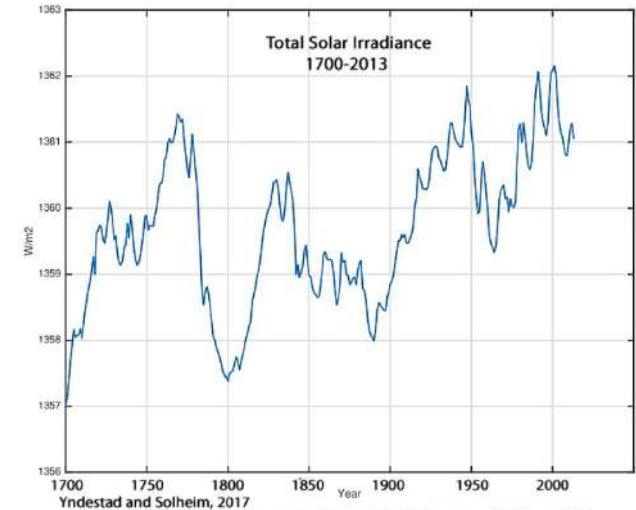
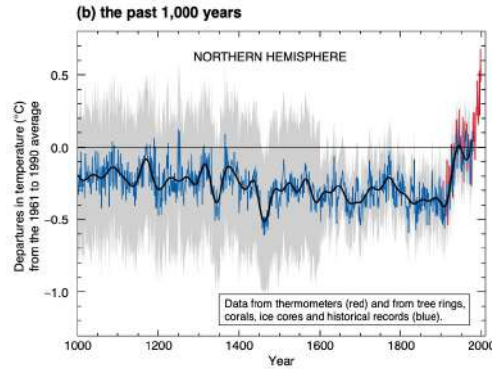
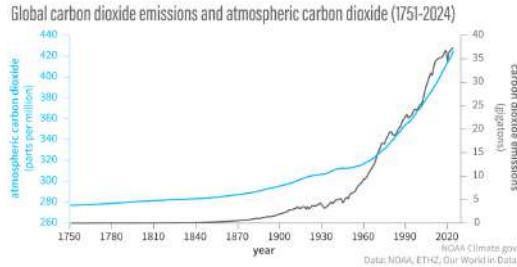


Fig. 3. TSI-HS total solar irradiance from 1700 to 2013 A.D. (Scafetta and Willson, 2014).

No fue el hollín, no pudo ser el CO₂ 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



Ancient tree stump - Mendenhall Glacier - Near Juneau, Alaska.
Photo: Abby Lowell - July 2013 - Juneau Empire

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.

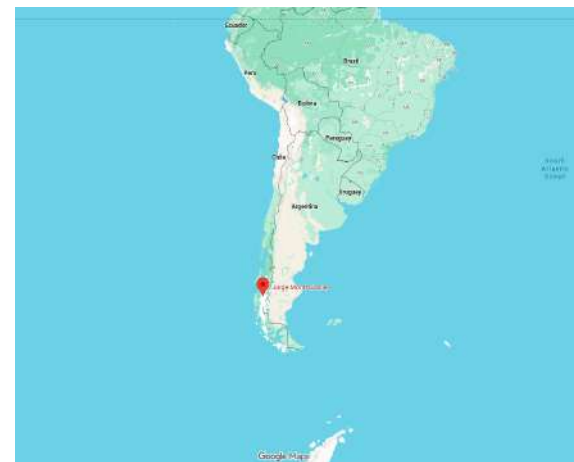


Otras fluctuaciones glaciares asociadas al clima



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

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

34

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

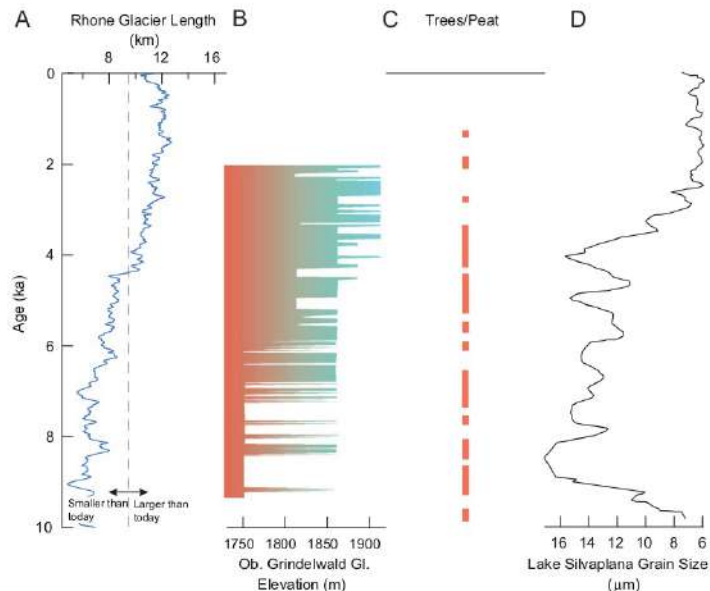
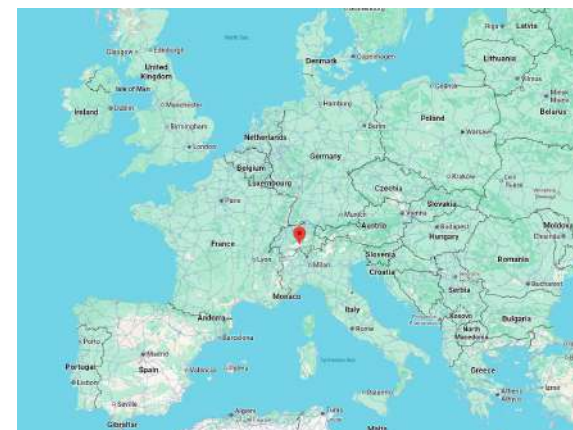


Fig. 5. Simulated Rhone Glacier length based on Dongee Cave record compared to other glacier length/activity reconstructions for the Swiss Alps. (A) Simulated Rhone Glacier length; (B) Ober Grindelwald glacier surface elevation inferred from observed speleothem mineralogy variation (Luetscher et al., 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 (Joerin 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

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.



Abb. 28 Lenk - Schnidejoch 2004. Pelz-Leder von wilden Rindern aus der Frühbronzezeit. M. etwa 23.

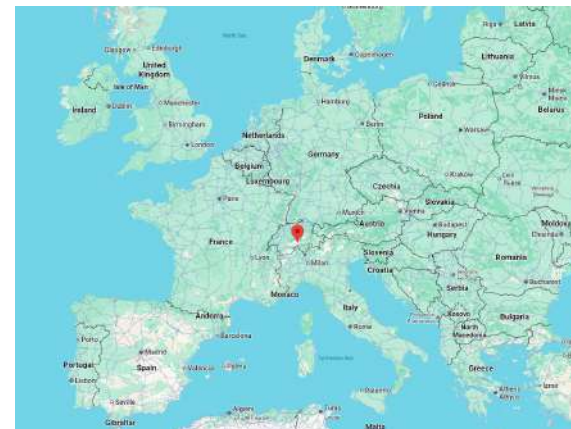


Abb. 29 Lenk - Schnidejoch 2004. Fragment eines wilden Rindens (Lederstück) und daraus abgeleitete Lederarbeiten (Schneeschuh). Die Lederarbeiten sind aus dem Eis und aus dem Lenk-Schnidejoch. M. etwa 45.



mutlich aus frischer Haut zugefertigt und direkt am Fess gefertigt. Das grosse, ursprünglich zerkleinerte Lederstück (Abb. 9) konnte im Labor auseinander gefaltet werden (Abb. 30). Das Hosenbein weist neben einer Längs- auch eine Querrichtung um die Rückenlinie auf. Als Nähfaden wurde Lindenbast verwendet (Abb. 31). Das Lederstück verlor sich nicht und wurde bisher nicht konservatorisch behandelt. Das erlaubt mehrere Untersuchungen zur Herkunft, Tierart und eventuellen Lederarbeiten des etwa 80 x 55 cm grossen Fragments und erstmals auch Abbildungen zur neolithischen Gerberei.¹⁷

¹⁷ Bei der etwa 2000 Jahre alten Lederarbeit vom Lenk-Schnidejoch (Abb. 31) wurden die Lederarbeiten untersucht. Bei der Untersuchung wurde festgestellt, dass die Lederarbeiten aus dem Eis und aus dem Lenk-Schnidejoch. M. etwa 45.



Fluctuaciones glaciares asociadas al clima

Recapitulación breve

- Gran variabilidad.
- Influencia de otras variables además de la temperatura.
- Periodos históricos con mayor y menor cobertura glaciár.
- 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 Ziegler/Joan 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

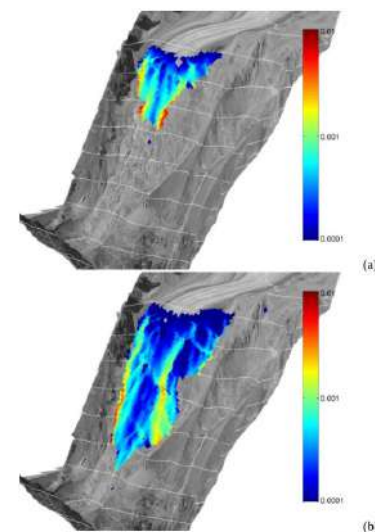


Fig. 8. Relative contribution of each block to the total subglacial water discharge (Z_{ev}) for 1999 (a) and 1982 (b). Red zones indicate where discharge of subglacial water is larger.

Glaciares y sociedad

Avalanchas del Huascarán 6778 m, CB, Perú

- 1962, 10 millones m³, 4000 muertos, causa: ?
- 1970, 50 a 100 millones m³, 18000 muertos, causa: terremoto 7.7 magnitud



Fig. 3. Huascarán 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 glacial en el Parque Nacional Huascarán (Perú)
FICER

Europa Press Ciencia
Actualizado martes, 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 OConnell and Alton C. Byers

Paradoja del riesgo creciente en un sistema menguante

Glaciares y sociedad

GLOFS



Saint-Alban, photo, Alpes, 1892, H. Pelloux

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

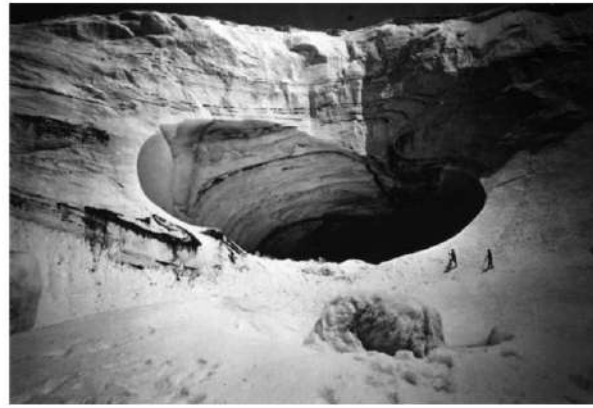


Fig. 2. The lower cavity at the terminus of the glacier. A part of the snout has been torn from the glacier. Photograph by H. Pelloux, September 1892.

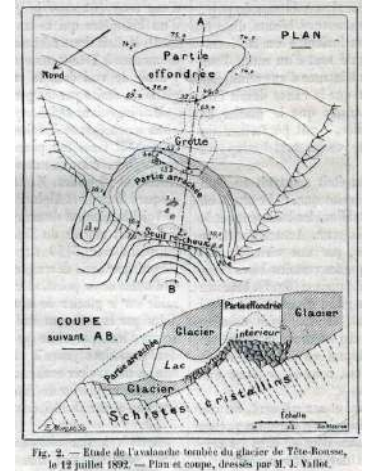


Fig. 2. — Étude de l'avalanche tombée du glacier de Tête-Rousse, le 12 juillet 1892. — Plan et coupe, dressés par M. J. Vallot.

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

Retroalimentaciones



Cascada glaciár 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