

# **El rápido retroceso de los glaciares en los Andes tropicales: Un desafío para el estudio de la dinámica de los ecosistemas de alta montaña**

Rapid retreat of glaciers in the Tropical Andes:  
a challenge for studying the dynamics of high mountain ecosystems

**Bernard Francou**

Directeur de Recherche, Glaciólogo en el Laboratorio Mixto Internacional Great Ice, IRD,  
Av. Hernando Siles N°5290 Esq. calle 7 – Obrajes, La Paz, Bolivia  
Email: [bernard.francou@ird.fr](mailto:bernard.francou@ird.fr)

Como componentes de la criósfera planetaria, los glaciares de montaña son conocidos por su alta sensibilidad a los cambios climáticos. Dada su rapidez de respuesta a estos cambios, se los podría calificar como los “centinelas del clima”. La primera razón proviene del origen de volúmenes de hielo que forman y que son el resultado de las precipitaciones sólidas: los glaciares registran sus variaciones de un año para el otro. La segunda razón viene de la ablación, proceso por lo cual los glaciares pierden su masa de nieve y hielo, y la convierten en agua y vapor. La ablación depende directamente del balance de energía en la superficie. Por lo tanto, los procesos de acumulación y de ablación son el vínculo físico existente entre los glaciares y el clima, lo que explica que esos cuerpos de hielo sean trazadores de la variabilidad climática a escala decenal/secular. Por sus propiedades mecánicas visco-plásticas, el hielo formado fluye por gravedad a lo largo de las pendientes; por este mecanismo, el excedente de masa acumulado en la parte superior y sus variaciones se transmiten hacia la parte inferior. Esta transferencia de hielo se traduce en movimientos del frente, avances o retrocesos, aunque se requieran años o décadas para que se produzcan estas fluctuaciones, el plazo depende de varios factores intrínsecos. En consecuencia, los movimientos del frente incorporan y traducen con cierto retraso la evolución de la masa (el “balance de masa”) del glaciar.

A inicios de 2000, los glaciares tropicales abarcaban un total de ~1.920 km<sup>2</sup> y casi todos se encontraban en los Andes entre Colombia y Bolivia, con una predominancia en Perú (70%) y en Bolivia (20%) (Francou & Vincent 2007). A pesar de su pequeño tamaño en términos de volumen - equivalente a menos de 0.3 mm de aumento del nivel del mar - estos glaciares son importantes por dos razones: 1) Son excelentes indicadores de la tendencia climática, evolución y fluctuaciones en varias décadas, siendo sin duda los mejores de la zona tropical, y 2) desempeñan un papel notable en la hidrología de las cuencas altas y contribuyen en los recursos hídricos.

Los glaciares tropicales han experimentado un retroceso en las últimas décadas, esto lo constatan todos los observadores. Sin embargo, remontándonos a varios siglos atrás y reconstruyendo todo el proceso de desglaciación desde la “Pequeña Edad de Hielo” - el último máximo glaciar que se produjo en esta parte de los Andes entre los siglos 17 y 18 - el retroceso de los glaciares andinos comenzó alrededor de 1730–1750 (AD). Por lo tanto fue antes que la humanidad pudiera tener una influencia significativa sobre el clima (Rabatel *et al.* 2013). No obstante, la disminución de los glaciares se ha acentuado en la segunda mitad del siglo 20, especialmente después de 1976. Se puede decir que en las últimas décadas, la desglaciación tomó un ritmo sin precedentes desde los últimos tres siglos, ya que los glaciares han perdido en treinta años entre el 35% y el 50% de

su superficie y volumen. Los más vulnerables, como el glaciar de Chacaltaya en Bolivia, han desaparecido. La coherencia de esta señal de retroceso entre Colombia y Bolivia, demuestra la homogeneidad del cambio ocurrido en esas cordilleras tropicales. La evolución de la temperatura atmosférica es el factor que mejor puede explicar esta coherencia, con una subida de  $\sim 0.7^{\circ}\text{C}$  desde 1950 y más marcada a partir de 1976, mientras que la tendencia de la precipitación es mucho menos homogénea sobre esta zona y es afectada por una variabilidad importante a escala decenal (Vuille *et al.* 2008). A nivel regional, el Pacífico tropical - a través de sus modos ENSO (sigla en inglés: El Niño Southern Oscillation) y PDO (Pacific Decadal Oscillation) - controla la mayor parte de la variabilidad y el significativo aumento de la frecuencia y de la intensidad de los eventos El Niño entre 1976 y 2006 ha sido en parte responsable del proceso de desglaciación, combinado con el calentamiento a nivel planetario (Francou *et al.* 2003).

Sin embargo, los balances de energía medidos en la superficie de los glaciares demuestran que los flujos radiativos son los que aportan la mayor energía para la fusión del hielo. El aumento de la temperatura atmosférica a través del flujo de calor sensible no puede aportar la energía suficiente para la fusión, razón por la cual el calentamiento actúa sobre todo a través del cambio de fase de la precipitación. En efecto, la elevación del límite entre nieve/y lluvia en las zonas de ablación de los glaciares, asociado a la subida del nivel promedio de la isoterma  $0^{\circ}\text{C}$ , tiende a dificultar que el manto de nieve se instale de manera duradera y en consecuencia queden al descubierto partes importantes de la superficie de los glaciares con un albedo degradado, lo que aumenta la absorción de la energía radiativa y la intensidad de la fusión del hielo. En Bolivia, la fusión se concentra en verano, entre octubre y enero, es decir al principio de la temporada de lluvias y alcanza tasas muy elevadas cuando la superficie del glaciar se queda sin nieve hasta

enero. Este tipo de situación muchas veces es consecutiva a una anomalía positiva de la temperatura superficial del mar en el centro del Pacífico tropical (fenómeno de El Niño).

Es indiscutible que el retroceso de los glaciares ha empezado a afectar al recurso agua. Sin embargo, el tema es complejo. Por un lado, la disminución de la reserva de hielo aumenta la disponibilidad del recurso, pero por otro, las reservas disminuyen cuando las masas de hielo se reducen demasiado para mantenerlas, en particular durante la estación seca. Sin embargo, el continuo deterioro de los glaciares tendrá consecuencias inevitables en las altas cuencas glaciares y no solamente en el recurso hídrico, sino también sin duda en los ecosistemas vinculados con las masas de hielo.

En este contexto, todavía no se sabe cómo van a responder los ecosistemas en las altas cuencas si los glaciares en el transcurso de este siglo siguen reduciéndose de manera drástica, hasta desaparecer por completo en muchas zonas. La cuestión es relevante para los ecólogos que estudian la colonización de la vegetación en los alrededores de los glaciares, así como también para quienes evalúan aguas abajo, los humedales que se han desarrollado, aprovechando la constante disponibilidad de agua incluso durante la temporada seca. Esta cuestión científica está en relación con otra que preocupa a los hidrólogos: En caso de la desaparición de los glaciares, ¿cómo van a responder los humedales y los importantes acuíferos que contienen? La cuestión es más relevante todavía cuando notamos que, antes de finalizar este siglo, con la desaparición de los glaciares en muchas cuencas, los humedales podrían convertirse en los principales factores de regularización de los hidrosistemas de alta montaña. En consecuencia, conocer su dinámica actual, para prever su futuro, es un tema de estudio de primera importancia.

Para avanzar en estos campos de investigación, es necesario que se unan los esfuerzos de los glaciólogos, ecólogos e hidrólogos, disponiendo de zonas de estudio

experimentales instrumentadas, que sean manejadas como observatorios permanentes. Algunas de esas redes ya existen, pero sería muy útil darles un enfoque multidisciplinario para que los resultados sean directamente aplicables y se traduzcan luego en medidas de adaptación.

## Referencias

- Francou, B. & C. Vincent. 2007. Les glaciers à l'épreuve du climat. IRD Editions, Paris. 274 p
- Francou, B., M. Vuille, P. Wagnon, J. Mendoza, J. & J.E. Sicart. 2003. Tropical climate change recorded by a glacier of the central Andes during the last decades of the 20<sup>th</sup> century: Chacaltaya, Bolivia, 16°S. *Journal of Geophysical Research*, 108, D5, 4154, doi: 10.1029/2002JD002959.
- Rabatel, A., B. Francou, A. Soruco, J. Gomez, B. Cáceres, J.L. Ceballos, R. Basantes, M. Vuille, J.E. Sicart, C. Huggel, M. Scheel, J. Lejeune, Y. Arnaud, M. Collet, T. Condom, G. Consoli, V. Favier, V. Jomelli, R. Galárraga, P. Ginot, L. Maisincho, J. Mendoza, M. Ménégoz, E. Ramirez, P. Ribstein, W. Suarez, M. Villacis & P. Wagnon. 2013. Current state of glaciers in the tropical Andes: a multi-century perspective on glacier evolution and climate change. *The Cryosphere* 7: 81-102.
- Vuille, M., B. Francou, P. Wagnon, I. Juen, G. Kaser, B.G., Mark & R.S. Bradley. 2008. Climate change and tropical Andean glaciers – Past, present, future. *Earth Science Reviews* 89: 79-96.