

Atlas de glaciares de la Argentina



Atlas de glaciares de la Argentina

Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación
Atlas de Glaciares de la Argentina / compilado por Leandro García Silva ... [et al.].
1^{ra} edición. Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2019.
224 páginas ; 28 x 23 cm.

ISBN 978-987-46796-9-7

1. Glaciares. I. García Silva, Leandro, comp. II. Título. CDD 551.312

Equipo de realización

REDACTORES

Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable

Leandro García Silva
María Laila Jover
Alexis Nahas

Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales

Lidia Ferri Hidalgo
Ricardo Villalba
Laura Zalazar

Instituto Antártico Argentino

Rodolfo Sánchez
Sebastián Marinsek

COLABORADORES

Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable

Santiago D'Alessio
Pablo Martín
Nicolás Pacífico
Liliana Sande

Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales

Mariano Castro
Ernesto Corvalán
Gustavo Costa
Rodolfo Crimi
Hernán Gargantini
Melisa Giménez
Mariano Masiokas
Pierre Pitte
Lucas Ruiz
Juan Pablo Scarpa
Darío Trombotto

CARTOGRAFÍA

Laura Zalazar

DISEÑO Y EDICIÓN

Valeria Dulitzky
Julieta Ulanovsky
Belén Quirós
Camila Macca
Paola Estomba
Rocío Pimentel
Matías Lynch
Fernando Curas
Eleonora Lanfranco
María Laura Spina

Índice

Prólogo	9
Presentación	11
Introducción	12
Conceptos básicos de glaciología	14
Inventario Nacional de Glaciares	19
Resultados del Inventario Nacional de Glaciares	22
Cuencas hídricas que reciben agua de glaciares	26
Glaciares en las provincias argentinas	29
¿Cómo leer este Atlas?	30
Región de los Andes desérticos	33
Región de los Andes centrales	83
Región de los Andes del norte de la Patagonia	115
Región de los Andes del sur de la Patagonia	151
Región de los Andes de Tierra del Fuego e Islas del Atlántico Sur	183
Glaciares del Sector Antártico Argentino	195
Glaciares y cambio climático	200
Glaciares en áreas naturales protegidas	209
Perspectivas	212
Notas metodológicas	217
Glosario	219
Créditos de fotografías	222

Glaciares y cambio climático

Ricardo Villalba
IANIGLA-CONICET,
Mendoza

ESTAMOS VIVIENDO TIEMPOS INUSUALES

Durante el último siglo, pero con mayor intensidad a partir de la década de 1960, la temperatura media del planeta ha aumentado, siendo en la actualidad casi 1°C más cálida que a fines del siglo XIX (figura 7). Las concentraciones de gases de efecto invernadero, particularmente el dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso, se han incrementado como consecuencia de las actividades humanas. En particular, el dióxido de carbono aumentó desde 280 partes por millón (ppm) antes de la revolución industrial a más de 400 ppm en la actualidad. El 3 mayo de 2019 fue el primer día que la humanidad convivió con más de 415 ppm de CO₂ en el aire. La quema de combustibles fósiles y la deforestación a escala global son las causas principales de esta suba en la concentración de gases de efecto invernadero, los cuales actúan reteniendo la radiación de onda larga emitida por la Tierra, y por lo tanto, elevando su temperatura. Estamos viviendo un **cambio climático global**.

AUMENTO DE LA TEMPERATURA GLOBAL

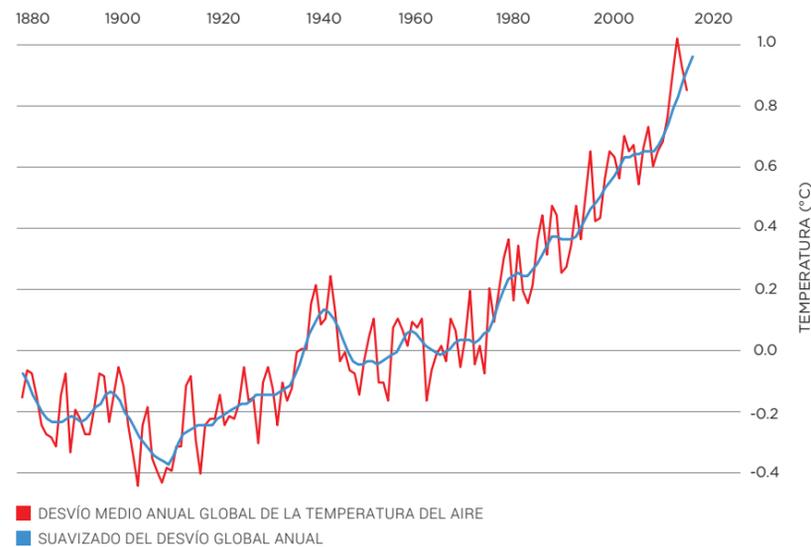


Figura 7. Desvíos de la temperatura media global desde 1880 al presente basadas en una combinación de registros instrumentales continentales y marinos, estimados en relación al período de base 1951-1980. (Fuente NASA-GISS; https://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3/).

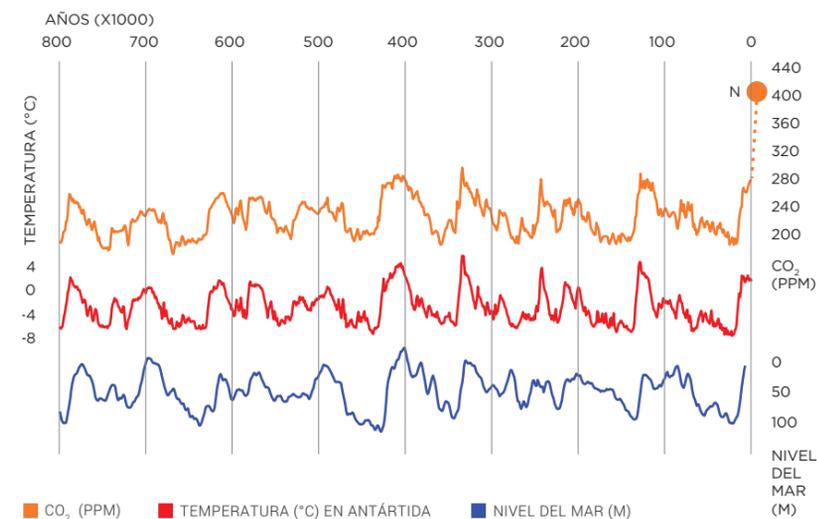
El cambio climático global es un cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición global de la atmósfera y se superpone a la variabilidad climática natural registrada sobre comparables periodos de tiempo.

ACTIVIDADES HUMANAS COMO CAUSA PRINCIPAL

En busca de satisfacer las necesidades y demandas de alimentación, vestimenta, vivienda y energía para más de 7.000 millones de personas que habitan en nuestro planeta, existe una enorme presión sobre los recursos naturales de la Tierra. La sustitución de áreas boscosas con alta biodiversidad por cultivos mono-específicos, las prácticas agrícolas intensivas con pérdidas de fertilidad en los suelos, el acelerado consumo de petróleo y carbón conducente a la liberación de gases tipo invernadero, las actividades industriales con efluentes tóxicos peligrosos, la acidificación de los océanos asociada a la pérdida de su productividad y el uso de aerosoles cloro-flúor-carbonados relacionados a la destrucción del ozono estratosférico son algunos de los procesos que están ocurriendo en nuestro planeta. Las velocidades, escalas, tipos y combinaciones de cambios ambientales que estamos viviendo en el presente son fundamentalmente diferentes de los que ocurrieron en otros momentos en la historia geológica del planeta.

Las concentraciones de gases de efecto invernadero han aumentado en la atmósfera a niveles sin precedentes en los últimos 800 mil años (figura 8). El dióxido de carbono (CO₂) ha fluctuado a lo largo de los periodos glaciales-interglaciales pero nunca excedido las 300 ppm. Las concentraciones de CO₂ han aumentado 40% desde la era preindustrial mayormente en respuesta a la quema de combustibles fósiles y el cambio en el uso del suelo. El océano ha absorbido alrededor del 30% del CO₂ emitido, provocando la acidificación del océano. Posiblemente, los seres humanos estemos cambiando nuestro planeta más rápidamente que aumentando nuestra comprensión de su funcionamiento.

TRES INDICADORES: DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂), TEMPERATURA EN LA ANTÁRTIDA Y NIVEL GLOBAL DEL MAR



Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

Figura 8. Variaciones en la concentración de Dióxido de Carbono (CO₂), la temperatura en la Antártida y los cambios en el nivel global del mar durante los 8 ciclos glaciales-interglaciales más recientes. El punto N indica el nivel actual de CO₂.

CALENTAMIENTO INEQUÍVOCO

En su informe más reciente del año 2013, el Panel Intergubernamental de Cambio Climático de las Naciones Unidas, más conocido como el IPCC, establece que no hay dudas sobre el calentamiento de nuestro planeta (figura 7). Asimismo, resalta que desde la década de 1950, muchos de los cambios observados no tienen precedente en los últimos decenios a milenios. La atmósfera y los océanos se han calentado, las cantidades de nieve y hielo han disminuido, el nivel del mar se ha elevado, y las concentraciones de gases de efecto invernadero han aumentado. El IPCC también destaca que en la superficie de la Tierra, cada una de las últimas tres décadas ha sido sucesivamente más cálida que cualquier década anterior, desde 1850. Comparativamente, el calentamiento en los océanos domina el aumento de la energía almacenada en el sistema terrestre. El mismo representa más del 90% de la energía acumulada en las últimas cuatro décadas, amortiguando en gran medida el calentamiento de la superficie de la Tierra.

LA VOZ DE ALARMA DEL CALENTAMIENTO GLOBAL

La criósfera, sectores del planeta donde el agua se encuentra en estado sólido, desempeña un papel importante en el sistema climático global debido a sus efectos sobre el balance de energía de la superficie de la Tierra, el ciclo del agua, la productividad primaria, el intercambio de gases en la superficie y el nivel del mar, entre otros. La criósfera ejerce, por lo tanto, un control fundamental sobre el entorno físico, biológico y humano en gran parte de la superficie de la Tierra. Dado que todos sus componentes (nieve, hielo, permafrost) son intrínsecamente sensibles a los cambios de la temperatura en una amplia gama de escalas temporales, la criósfera es un integrador natural de la variabilidad climática y proporciona algunas de las señales más visibles del cambio climático. La retracción generalizada de los glaciares que se venía observando en todo el planeta desde mediados del siglo XX, planteó en la comunidad científica grandes interrogantes. ¿Qué forzantes ambientales estaban impactando los cuerpos de

hielo a escala global? Al constatar que la temperatura del aire estaba aumentando en todo el mundo, se comenzó a hablar de un calentamiento global o un cambio climático global. Los glaciares fueron la voz de alarma que alertó a los científicos en todo el mundo sobre los impactos que las actividades humanas, a través de la liberación de gases de tipo invernadero, comenzaban a tener en nuestro planeta.

LOS GLACIARES ESTÁN RETROCEDIENDO

En todas las regiones montañosas donde hoy existen glaciares, el tamaño de los mismos ha disminuido considerablemente en los últimos 100 a 150 años (figuras 9 y 10). Con algunas excepciones locales, el retroceso de los glaciares (reducción del área y longitud) ya se había observado en muchas regiones durante la década de 1940 y generalizado en todo el mundo desde la década de 1980. Sin embargo, también hubo fases de estabilidad relativa durante las décadas de 1890, 1920 y 1970, como lo indican las mediciones a largo plazo de los cambios de longitud y la modelización del balance de masa de algunos glaciares. Si bien el retroceso es generalizado, los glaciares se comportan de maneras muy diferentes y han avanzado en algunas regiones. En general, el avance de los glaciares es el resultado de condiciones topográficas y/o climáticas especiales, tales como periodos decenales o multi-decenales con aumento de las precipitaciones que se produjeron en algunas regiones.

EL RETROCESO SE HA ACELERADO

Con pocas excepciones, la mayoría de los glaciares del mundo están disminuyendo en extensión y volumen, como lo revelan las series temporales de cambios medidos en la longitud, el área y la masa de los mismos. Esta reducción en área y volumen se ha acelerado en las últimas décadas (figura 11).

Figura 10. Comparación fotográfica del frente del glaciar Viedma entre 1930 (foto tomada por Alberto de Agostini) y 2008 (R. Villalba, IANIGLA), que evidencia el drástico retroceso del frente del glaciar, proceso que se ha acelerado más aún durante los últimos años.

Figura 9. Comparación fotográfica que muestra los cambios ocurridos en el glaciar Lanín Norte entre 1896 (foto tomada por R. Hauthal) y 2017 (M. Castro, ING-IANIGLA). Estas imágenes permiten evaluar la extensiva retracción de algo más de 2 km del frente del glaciar, así como la marcada reducción en el espesor del hielo de los glaciares en la parte superior del Volcán Lanín, Parque Nacional Lanín, Neuquén, Argentina.



Según estimaciones del grupo de expertos del IPCC (2013), la pérdida total de masa de todos los glaciares del mundo, excluidos los situados en la periferia de los casquetes polares, fue muy probablemente de 226 ± 135 gigatoneladas por año (Gt/año) (equivalente a un aumento del nivel del mar, $0,62 \pm 0,37$ mm/año) en el período 1971-2009, 275 ± 135 Gt/año ($0,76 \pm 0,37$ mm/año) en el período 1993-2009, y 301 ± 135 Gt/año ($0,83 \pm 0,37$ mm/año) entre 2005 y 2009.

La pérdida de masa entre 2000 y 2012 del Campo de Hielo Patagónico Sur, que representa la masa de hielo más grande del hemisferio sur con excepción de la Antártida, equivale a un aumento del nivel del mar de 0,3 mm aproximadamente. Aun cuando existen glaciares o regiones con comportamiento muy diferente, podemos indicar que el acelerado incremento de las temperaturas a escala planetaria durante las últimas décadas ha sido acompañada por un aumento en la velocidad de retracción de los cuerpos de hielo a escala global (figura 11).

FLUCTUACIÓN DE GLACIARES EN PATAGONIA NORTE

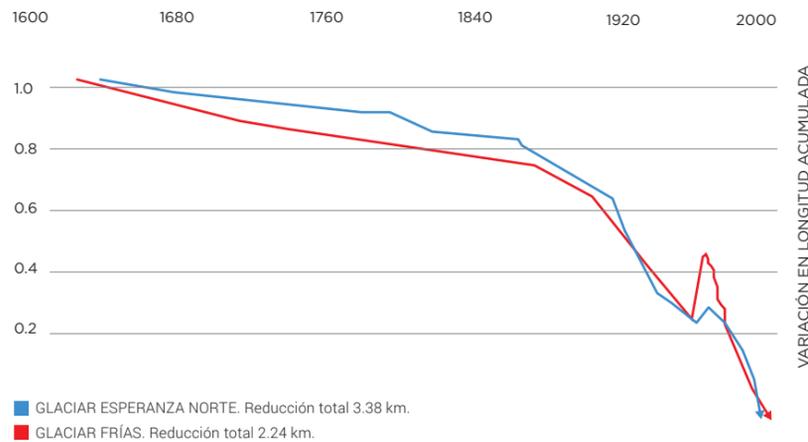


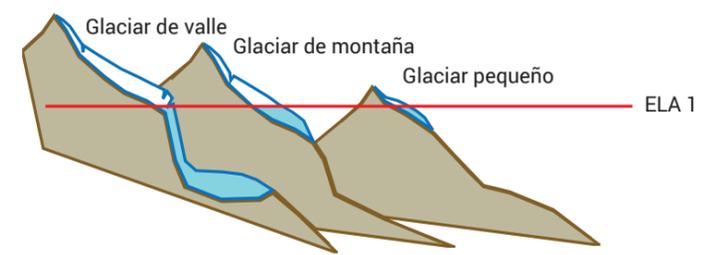
Figura 11. Comparación de las variaciones de los frentes del glaciar Esperanza Norte (línea celeste) y del glaciar Frías (línea roja) desde su máxima extensión durante el siglo XVII y 2007. Ambos registros han sido normalizados para facilitar la comparación.

LOS GLACIARES SEGUIRÁN EN RETROCESO

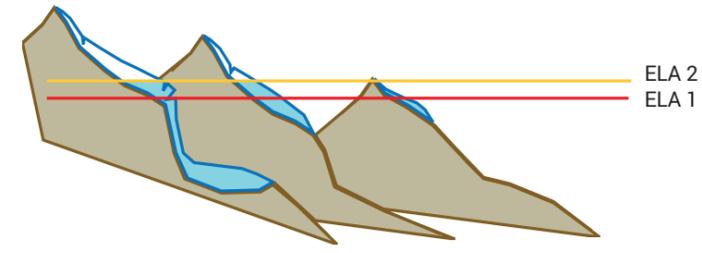
La extensión actual que ocupan los glaciares sobre la Tierra está en desequilibrio con las condiciones climáticas actuales, lo que indica que continuarán reduciéndose en el futuro, incluso sin un aumento muy marcado de la temperatura. Puede tomar varias décadas para que un glaciar se ajuste a un cambio instantáneo en el clima, por lo que la mayoría es actualmente más grande de lo que sería si estuviera en equilibrio con el clima actual (figura 12).

En general, el tiempo que se necesita para el ajuste aumenta con el tamaño de los glaciares; así los más grandes continuarán reduciéndose en las próximas décadas incluso si las temperaturas se estabilizan. En tanto, los más pequeños también continuarán reduciéndose, pero ajustarán su extensión más rápidamente. En última instancia, muchos de los glaciares más pequeños desaparecerán por completo. Se estima que un aumento de la temperatura media del aire, sin que se produzcan cambios en la precipitación, causará un desplazamiento ascendente de la elevación de la línea de equilibrio (conocida como ELA por sus siglas en inglés). En un glaciar, la ELA separa la zona de acumulación de la zona de ablación o derretimiento por lo que un cambio en la ELA tendrá consecuencias diferentes dependiendo del tamaño, rango de elevación, forma y dinámica del glaciar (figura 12).

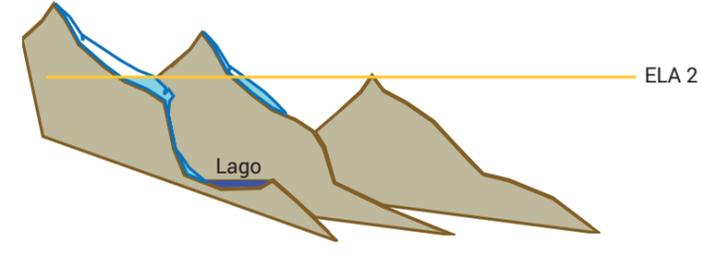
a) Antes del cambio climático



b) Después del cambio climático pero antes del reajuste glaciar



c) Después del reajuste al cambio climático



MUCHOS GLACIARES YA DESAPARECIERON O DESAPARECERÁN

En muchas cadenas montañosas, los glaciares están desapareciendo en respuesta al aumento de la temperatura atmosférica durante las últimas décadas. En base a la información compilada por el IPCC (2013), más de 600 glaciares han desaparecido en ese lapso. Es probable que algunas cadenas montañosas pierdan la mayoría e incluso la totalidad de sus glaciares. Muchos factores influyen en la evolución futura de cada glaciar y en su desaparición: su tamaño, pendiente, rango de elevación, distribución del área con respecto a la elevación y sus características de superficie (por ejemplo, la cantidad de detritos que los cubre). Estos factores varían sustancialmente de una región a otra y también entre glaciares vecinos. En períodos mayores a 50 años, la respuesta de los glaciares es más coherente y menos dependiente de las condiciones ambientales locales. Entre 1979 y 2005, los glaciares ubicados en la cuenca del Río de las Vueltas (Santa Cruz, Argentina) perdieron el 15,2% de su superficie. La magnitud de la recesión fue, sin embargo, bastante variable y dependiente del tamaño y la ubicación de las unidades. Mientras los glaciares más pequeños muestran un rango bastante amplio de reducción (0-100%, es decir, sin cambios a desaparición total), los glaciares más grandes presentaron un patrón de retracción más consistente que varió entre 10 y 20% de su área en 1979.

Figura 12. Esquema simplificado de tres tipos de glaciares ubicados a diferentes alturas y sus respuestas a un desplazamiento hacia arriba en la elevación de la línea de equilibrio (ELA). (a) Para un determinado clima, la ELA tiene una elevación específica (ELA1), y todos los glaciares tienen un tamaño estable en equilibrio con ELA1. (b) Como consecuencia de un aumento de la temperatura, la ELA se desplaza hacia arriba a una nueva elevación (ELA2), lo que inicialmente

resulta en áreas de acumulación más reducidas y áreas de ablación más grandes para todos los glaciares. (c) Después de que el tamaño de los glaciares se ajusta a la nueva línea de equilibrio (ELA2), el glaciar de valle (izquierda) ha perdido parte de su lengua, en tanto que el pequeño glaciar (derecha) ha desaparecido por completo dado que la ELA2 se encuentra por encima de la cota de esta montaña (adaptado de IPCC 2013).

EL INCREMENTO DE LA TEMPERATURA AUMENTA CON LA ELEVACIÓN

El análisis de las tendencias de la temperatura en los Andes en función de la elevación indica que las partes más altas de la cordillera han experimentado un calentamiento continuo. En tanto, en las zonas costeras del Pacífico Sur se ha observado, en las últimas décadas, un cambio notable que fue desde un fuerte calentamiento a temperaturas estables o incluso enfriamiento. La retroalimentación positiva, relacionada con la reducción del albedo por una menor cobertura de nieve o la mayor cantidad de radiación de onda larga reflejada por la atmósfera, podría amplificar el calentamiento a mayores elevaciones. Pero, el forzamiento radiativo antropogénico debido al aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero sigue siendo el factor más robusto para explicar el calentamiento continuo y más intenso a mayores alturas. Este proceso es también consistente con las evidencias basadas en modelos climáticos sobre América del Sur. Los aumentos más intensos y sostenidos de las temperaturas a mayores elevaciones favorecerán la elevación de la ELA, y por consiguiente, la retracción de los glaciares (figura 12).

LA CONTRIBUCIÓN DE LOS GLACIARES A LA ESCORRENTÍA REGIONAL

En muchas regiones con una marcada reducción de las precipitaciones, el derretimiento sostenido del hielo por el incremento de la temperatura está aumentando la contribución de los cuerpos de hielo al caudal de ríos y arroyos, los que en áreas de regadío constituyen la fuente principal del desarrollo regional.

Los glaciares son componentes vitales de los sistemas hidrológicos de montaña actuando como valiosas reservas de agua para las zonas bajas adyacentes y, por ello, considerados como “reservas hídricas estratégicas” por la Ley de Glaciares. Así, por ejemplo, en 1968, cuando la cobertura de nieve en los Andes centrales solo alcanzó en promedio el 5% de sus valores medios históricos, el caudal de los ríos en las provincias de Mendoza y San Juan fue aproximadamente del 40% de su media histórica. Los cuerpos de hielo contribuyeron a contrarrestar, a través de un mayor derretimiento, la falta de nieve en la cordillera. Situaciones similares se vivieron en otros años con sequías invernales como en 1996, 1998, 2004 y durante la sequía extendida desde 2010 al presente. Sin embargo, es importante notar que la reducción de los cuerpos de hielo en la cordillera por efecto del cambio climático lleva aparejada una disminución de su capacidad reguladora de los caudales y, por consiguiente, un aumento en la vulnerabilidad de los oasis irrigados ante los cambios ambientales causados por el calentamiento global. A medida que los cuerpos de hielo se retraen o desaparecen, su efecto positivo como regulador de los caudales se verá reducido.

LA PÉRDIDA DE CUERPOS DE HIELO DESESTABILIZA EL PAISAJE

En el pasado, durante las eras glaciales, el retroceso y desaparición de las enormes capas de hielo que cubrían gran parte del planeta remodelaron enormes extensiones del paisaje terrestre. Los cambios en el área y volumen de los glaciares inducidos por el cambio climático también están afectando ecosistemas, poblaciones y obras de infraestructura en zonas aledañas.

Los cambios en la estabilidad de las laderas de las montañas inducidos por el retroceso glaciar o el descongelamiento del permafrost andino, sumados a

las rupturas de lagos endicados por morenas o frentes glaciarios representan un factor de riesgo en los valles aguas abajo. Uno de los procesos más estudiado es el de las crecidas catastróficas originadas por la rotura de morenas que cierran los lagos proglaciales generando aluviones con consecuencias potencialmente desastrosas. En mayo de 2009 se produjo la ruptura súbita del lago proglacial correspondiente al Glaciar Ventisquero Negro o Glaciar Río Manso, causada por la desintegración de la morena terminal del glaciar. El volumen del lago de aproximadamente 10.106 m³ fue liberado en aproximadamente 3 horas, produciendo flujos de detritos de alta descarga que afectaron construcciones, caminos e infraestructura aguas abajo, incluyendo la ruptura del puente sobre el Río Manso e imposibilitando el acceso a la localidad turística de Pampa Linda en el Parque Nacional Nahuel Huapí, Río Negro. El derretimiento de los cuerpos de hielo inducidos por el calentamiento global ha aumentado el número y la extensión de los lagos proglaciales en los Andes, un proceso que aún es relativamente poco estudiado en nuestra cordillera.

LOS CUERPOS DE HIELO, PIEZA FUNDAMENTAL

La edad del hielo glaciar puede ir de varias décadas a varios miles de años, lo que lo hace muy valioso para la investigación climática. Para construir un registro climático de largo plazo, los científicos perforan y extraen núcleos o testigos de hielo de los glaciares y de los casquetes polares. Se han tomado muestras de hielo principalmente en la Antártida y Groenlandia, pero también en numerosos sistemas montañosos de todo el mundo, incluyendo los Andes tropicales de Perú y Bolivia, así como los Andes centrales y patagónicos de la Argentina y Chile. Estos núcleos son registros paleoambientales que proporcionan información anual o decenal sobre diversos aspectos del clima pasado. En los testigos de hielo, el espesor de las capas interanuales provee una estimación de los cambios en acumulación de nieve, las burbujas de aire atrapadas revelan la composición atmosférica del pasado, los cambios en la composición isotópica del hielo brindan información sobre las variaciones de la temperatura y la presencia de elementos químicos marca la ocurrencia de erupciones volcánicas del pasado, entre otros indicadores. Esta es una de las formas en que sabemos cómo ha evolucionado el clima de nuestro planeta por cientos de miles de años (figura 8). Las eras pasadas pueden reconstruirse mostrando cómo y por qué cambió el clima y cómo podría modificarse en el futuro.

A MODO DE CONCLUSIÓN

Las respuestas de los cuerpos de hielo al cambio climático involucran una compleja cadena de procesos físicos que interactúan con las características locales de cada glaciar. Los cambios en la temperatura, la radiación solar, la precipitación, el viento y la nubosidad, influyen en el balance de masa y energía de los glaciares. La temperatura tiene un rol predominante al estar directamente relacionada con el balance de energía de onda larga, el intercambio de flujos turbulentos y la relación entre la precipitación líquida y sólida. El calentamiento del planeta es una realidad indiscutible. En escalas de años a décadas, los cambios en el balance de masa por el aumento de las temperaturas están causando reducciones en el volumen de los cuerpos de hielo, las que finalmente conllevan a retrocesos de sus frentes. Por ello, aun cuando la retracción de los glaciares constituye una señal indirecta y temporalmente retrasada, representa una respuesta fácilmente observable de los cuerpos de hielo al cambio climático.