

SECUENCIA DIDÁCTICA.

GLACIARES

> *Agua del futuro*

¿Qué es un glaciar?

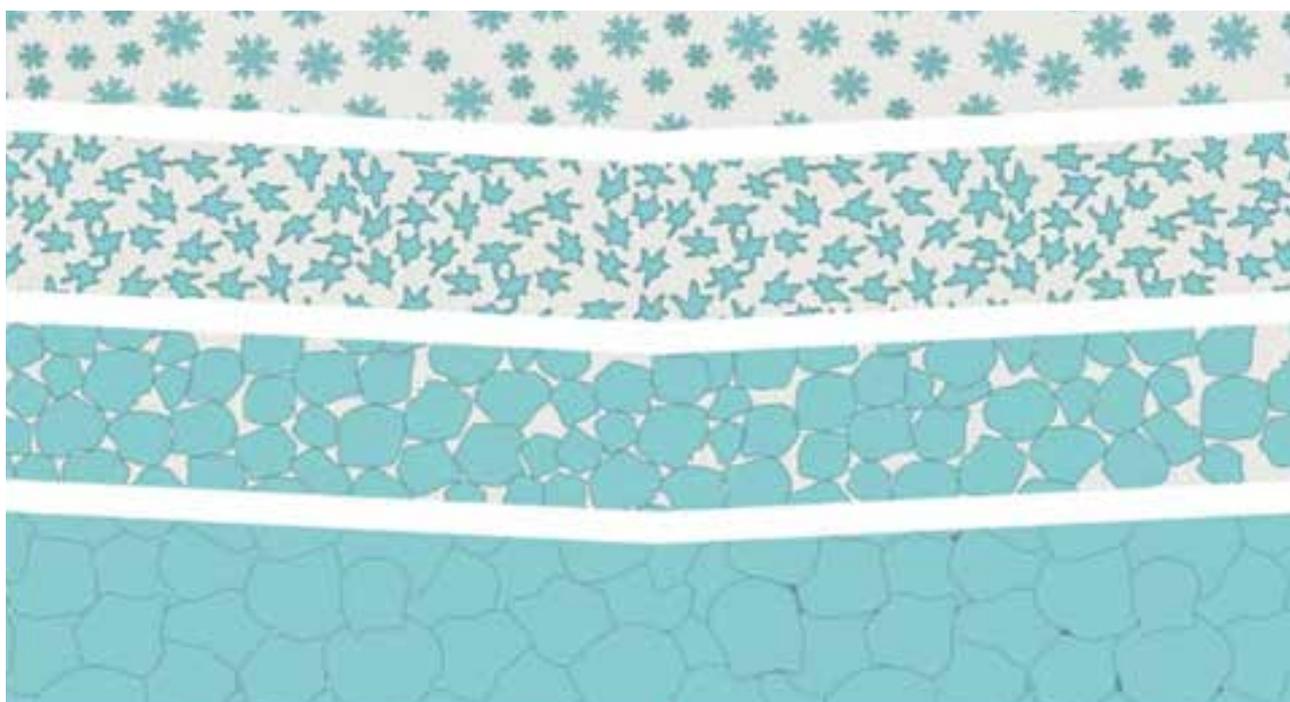
Es un cuerpo permanente de hielo y nieve, que se ha formado por la acumulación, compactación y recristalización de la nieve acumulada en el invierno y que no logra derretirse en el verano siguiente. Una vez que alcanza un espesor determinado puede moverse pendiente abajo por la acción de la gravedad. Debido a que los glaciares dependen de la precipitación y la temperatura son buenos indicadores del cambio climático.



> Transformación de la nieve en hielo

El hielo glaciar se forma a partir de la acumulación de sucesivas nevadas. A medida que aumenta el espesor, la compactación provocada por el propio peso de la nieve, más la fusión y recongelación de los cristales,

van transformado la nieve, que pierde porosidad y gana densidad. El cambio de densidad y espesor es tan grande, que un metro de nieve fresca puede dar lugar a no más de unos centímetros de hielo glaciar.



> Partes de un glaciar

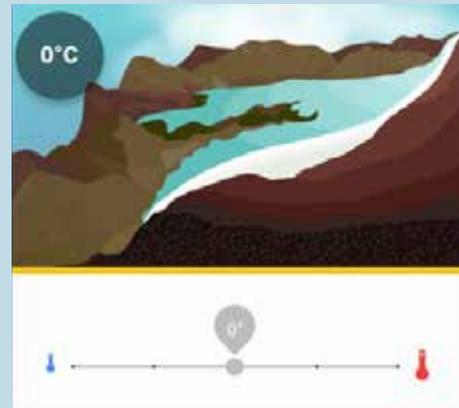
Un glaciar está compuesto por dos zonas: la zona de acumulación, en la parte superior, en donde el glaciar gana masa por la acumulación de la nieve, y la zona de ablación, en la parte inferior, donde el glaciar pierde masa por derretimiento o sublimación de la nieve y el hielo, aportando agua a los ríos. El hielo glaciar fluye en la zona de acumulación hacia la de ablación por deformación interna y deslizamiento basal. Separando estas dos zonas se encuentra la línea a de equilibrio donde el glaciar no gana ni pierde masa.



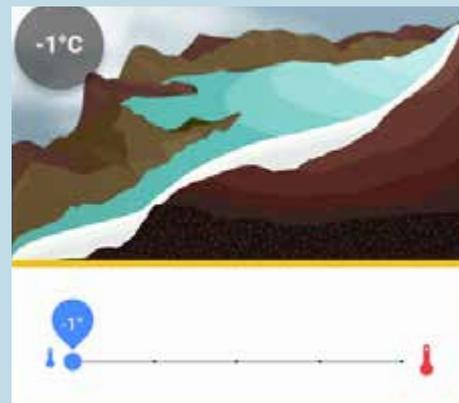
¿Qué pasaría si...?

El estado de los glaciares depende del clima. En años de calor y pocas nevadas, el glaciar tiene un balance negativo, es decir que pierde masa. En años fríos y de abundantes precipitaciones, el glaciar tiene un balance positivo y gana masa. Una sucesión de años de balance positivo hace crecer al glaciar y la posición de su frente avanza, mientras que en una sucesión de años negativos produce un retroceso. Antiguas posiciones del glaciar quedan registradas en las morenas y rocas estriadas o erosionadas por el hielo: el estudio de fluctuaciones pasadas nos permite estimar su comportamiento en el futuro en base a proyecciones climáticas.

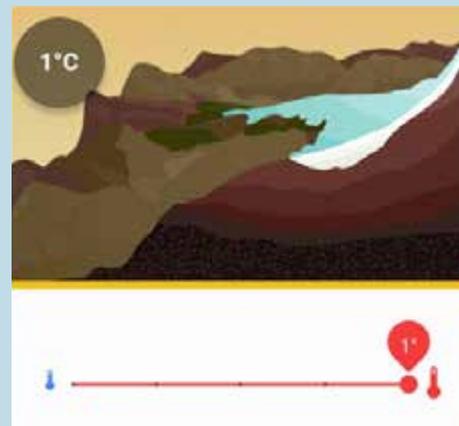
Si la temperatura se mantiene
(0°C de cambio)



Si hace más frío
(la temperatura baja 1°C)



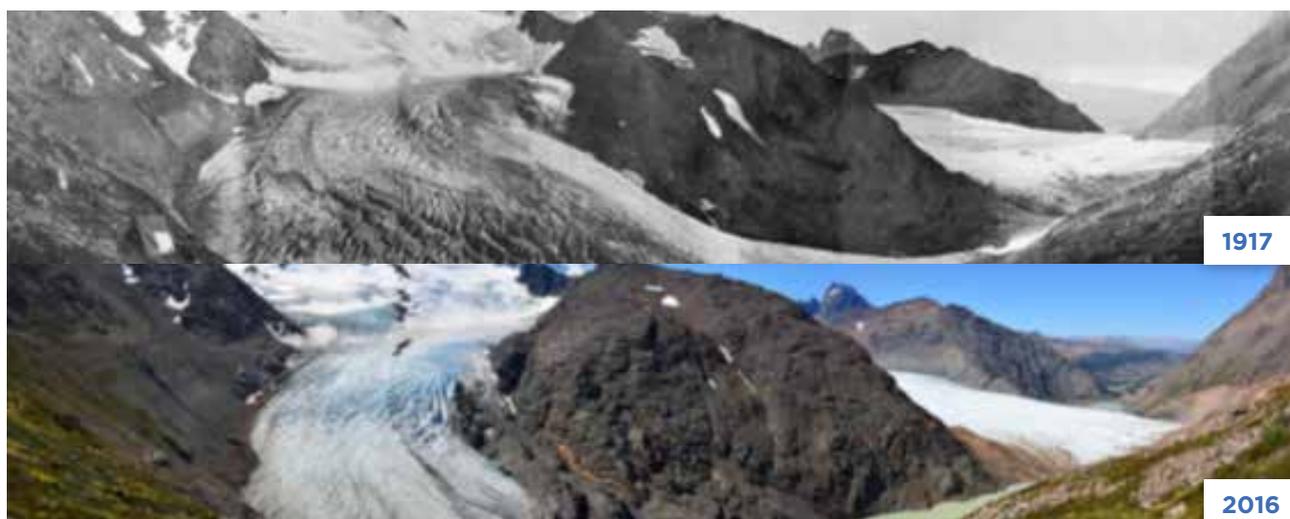
Si hace más calor
(la temperatura aumenta 1°C)



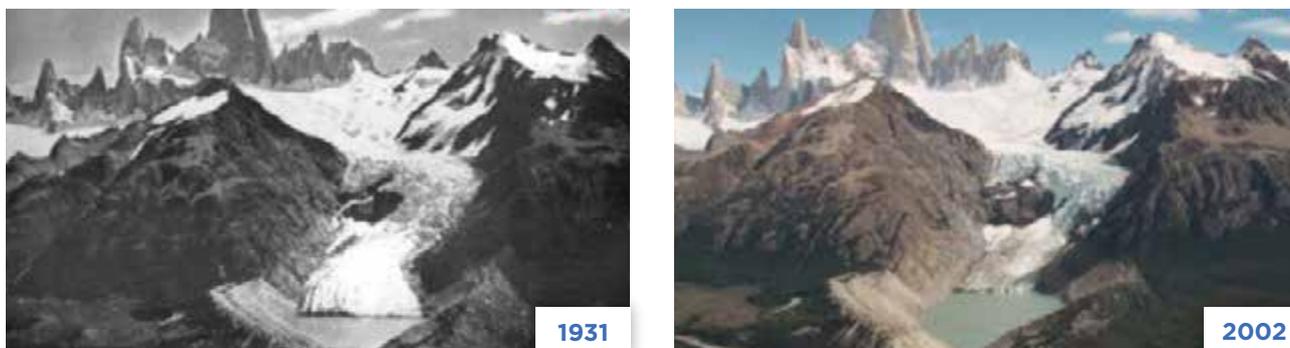
> Glaciares: antes y después



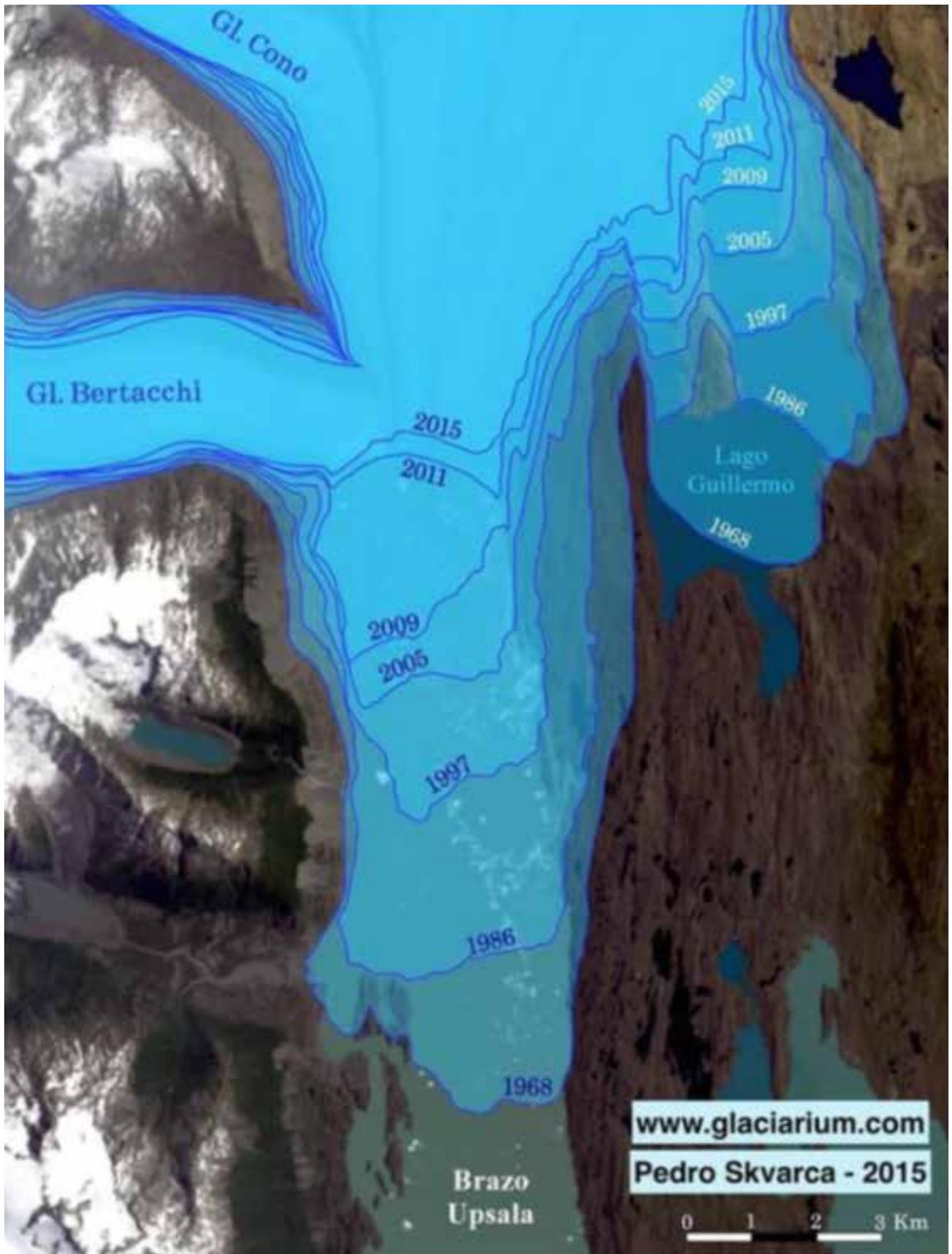
Vista del glaciar Azufre en la zona del volcán Planchón-Peteroa (sur de Mendoza) en 1900 (arriba, Burckhardt 1914), y en 2014 (M. Castro, IANIGLA-CONICET).



Comparación fotográfica entre un panorama de los glaciares de Quervain y Túnel, Santa Cruz, tomado por la histórica expedición alemana al sur de la Patagonia (Kölliker et al. 1917) y fotografías recientes tomadas por Villalba (IANIGLA-CONICET).



Glaciar Piedras Blancas, Santa Cruz, visto en 1931 (De Agostini) y en 2002 (M. Masiokas).



Retroceso del glaciar Upsala, Santa Cruz, entre 1968 y 2015. Fuente: Ing. Pedro Skvarca, director Científico de GLACIARIUM, El Calafate, Santa Cruz.



El retroceso del glaciar Upsala, Santa Cruz durante las últimas décadas es uno de los más llamativos del CHPS. Foto 1931 De Agostini, foto 2016 F. Ventura.



Vista del frente del glaciar Viedma, Santa Cruz en la década de 1930 (arriba, foto De Agostini) y en 2010 (abajo, foto R. Villalba IANIGLA-CONICET).



El glaciar Torrecillas, en el Parque Nacional Los Alerces, Chubut, también ha sufrido una importante pérdida de hielo entre 1937 (Koutche y Ladvoat 1937) y 2007 (R. Villalba, IANIGLA-CONICET).

Inventario Nacional de Glaciares

El siguiente texto es un resumen de las regiones de glaciares de Argentina, así como una breve explicación de los cuerpos de hielo incluidos en el Inventario Nacional de Glaciares.

> Distribución y características de los glaciares argentinos

Los glaciares en Argentina se encuentran al oeste del país y se distribuyen a lo largo de aproximadamente 4.000 km en la Cordillera de los Andes. Están presentes en 12 provincias y 39 cuencas hídricas desde los 21° S hasta los 60,5° S.

Esta importante extensión latitudinal determina variaciones en el clima y la topografía que originan diferentes ambientes y dan lugar a la formación de glaciares con características particulares según la región en donde se ubican.

/ Andes desérticos

Incluye todo el Noroeste Argentino hasta el sector norte de la provincia de San Juan (cuenca del río Jachal).

En esta región, las condiciones de aridez limitan la formación del hielo y nieve a pequeños parches en los picos más altos. Al norte de los 28° S los glaciares sólo aparecen en volcanes aislados, muchos de los cuales alcanzan más de 6.000 metros de altitud, como el Monte Pissis 6.882 msnm. Los glaciares de escombros se encuentran sobre los 4.600 msnm. Las precipitaciones provienen mayormente del océano Atlántico.



/ Andes centrales

Se extiende desde el sector sur de la provincia de San Juan (cuenca del río San Juan) hasta la cuenca del río Colorado en la provincia de Neuquén.

En los Andes centrales, la Cordillera presenta sus alturas máximas, como el Aconcagua con 6.960,8 msnm. Las precipitaciones aumentan a unos 400 mm anuales y son mayormente de origen pacífico. Aparecen glaciares de mayor tamaño y son muy frecuentes los glaciares cubiertos por detritos. Esta es una de las zonas con mayor densidad de glaciares de escombros del mundo. En general se encuentran por encima de los 3.000 metros de altura.

/ Andes del norte de la Patagonia

Se extiende desde la cuenca del río Neuquén hasta las cuencas de los ríos Simpson, Senguerr y Chico en la provincia de Santa Cruz.

En esta región aumentan las precipitaciones (1.000-5.000 mm anuales) y disminuye la altura de la cordillera. Solo volcanes aislados, como Lanín y Tronador, tienen altura suficiente para mantener glaciares de cráter. Los glaciares de escombros son menos frecuentes.

/ Andes del sur de la Patagonia

Incluye las cuencas del río Deseado y los lagos Buenos Aires y Pueyrredón, hasta las cuencas del río Gallegos y río Chico en la provincia de Santa Cruz.

Las altas precipitaciones (5.000-10.000 mm anuales) permiten el desarrollo del Campo de Hielo Patagónico Sur (12.100km², de los cuales 2.662 km² están en Argentina). Esta región incluye varios glaciares de descarga, que desprenden témpanos de hielo en los grandes lagos patagónicos, incluyendo el famoso glaciar Perito Moreno. Además son muy frecuentes los glaciares de valle, campos de hielo y glaciares de montaña.

/ Andes de Tierra del Fuego e Islas del Atlántico Sur

Incluye cuencas varias de Tierra del Fuego, lago Fagnano, Islas Malvinas, Islas Georgias del Sur, Islas Orcadas del Sur, Islas Sandwich del Sur y Sector Antártico Argentino.

En los andes fueguinos cambia la orientación de la Cordillera en sentido oeste-este y disminuye considerablemente su altura. Las precipitaciones provenientes del Pacífico disminuyen de oeste a este por lo que en esta región encontraremos glaciares de pequeño tamaño, como el Martial Este (0,1 km²), traídos a los niveles superiores de los circos.

Actividades económicas y glaciares

Entre otros atributos, los cuerpos de hielo constituyen componentes cruciales del sistema hidrológico de montaña y son reconocidos como “reservas estratégicas” de agua para las zonas bajas adyacentes y gran parte de la diagonal árida del país. Si bien la nieve que se acumula cada invierno en la Cordillera de los Andes constituye la principal fuente de agua para los ríos del oeste argentino, en años secos o con baja precipitación nival, los glaciares y partes que se descongelan de las crioformas tienen una contribución muy importante al caudal de los ríos andinos ya que aportan volúmenes significativos de agua de deshielo a la escorrentía ayudando a minimizar los impactos de las sequías en las actividades socioeconómicas de los oasis de regadío. Por ello, la información detallada sobre el número, área y distribución espacial de los cuerpos de hielo no solo brinda una estimación de las reservas hídricas en estado sólido existentes en las diferentes cuencas andinas, sino también información básica para conocer la capacidad reguladora de dichos cuerpos sobre los caudales de nuestros ríos en condiciones climáticas extremas.

Los cuerpos de hielo cordilleranos también constituyen excelentes laboratorios naturales para estudios científicos. Además de muchos estudios de índole hidrológica y geológica que pueden desarrollarse utilizando estos laboratorios naturales, los glaciares ocupan un lugar destacado a nivel mundial como indicadores de cambios climáticos pasados y presentes. En efecto, el rápido retroceso de los glaciares en los Andes y otras regiones montañosas del mundo es generalmente considerado como uno de los signos más claros del calentamiento que ha experimentado el planeta en las últimas décadas.

Además, los glaciares de Argentina constituyen elementos emblemáticos del paisaje andino, realzando la belleza de los principales atractivos turísticos y generando ingresos significativos para la economía nacional. El ejemplo más claro lo constituye el glaciar Perito Moreno, en el Parque Nacional Los Glaciares, provincia de Santa Cruz, que atrae a cientos de miles de turistas cada año. Los glaciares que rodean a la localidad de El Chaltén (glaciar Torre, Piedras Blancas, y de los Tres, entre otros) también constituyen importantes atractivos turísticos dentro del mismo Parque Nacional, y realzan las imponentes vistas del cerro Torre y Monte Fitz Roy o Chaltén.

Otros glaciares muy visitados son los glaciares del Monte Tronador en el Parque Nacional Nahuel Huapi, provincia de Río Negro. El más conocido es tal vez el Ventisquero Negro, un glaciar cubierto por detritos al cual se puede acceder en vehículo durante todo el año. En la provincia de Mendoza, los glaciares colgantes de la pared sur del cerro Aconcagua y los glaciares Horcones Superior, Horcones Inferior, y de los Polacos son los glaciares más conocidos. Miles de visitantes llegan cada año al Parque Provincial Aconcagua para escalar o simplemente admirar estas imponentes moles de roca y hielo.

Considerando los servicios ambientales que nos brindan, su alto grado de vulnerabilidad y los riesgos asociados a sus variaciones, los glaciares y geoformas periglaciales son generalmente concebidos como elementos muy valiosos del paisaje que deben ser estudiados, monitoreados y protegidos para poder conocerlos y preservarlos.

Es por ello, que gracias al Inventario Nacional de Glaciares hoy sabemos que Argentina cuenta con 8.484 km² cubiertos de hielo, distribuidos en 12 provincias: Catamarca, Chubut, Jujuy, La Rioja, Mendoza, Neuquén, Río Negro, Salta, San Juan, Santa Cruz, Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur y Tucumán. Esto representa tanto un privilegio como una gran responsabilidad

ya que ubica a la Argentina entre los países con mayor superficie englazada del mundo. Este primer Inventario Nacional de Glaciares ha permitido contestar preguntas básicas pero fundamentales tales como: ¿cuántos glaciares hay en el país?, ¿qué superficie ocupan?, y ¿dónde están ubicados?

> Tipos de cuerpos de hielo incluidos en el Inventario Nacional de Glaciares

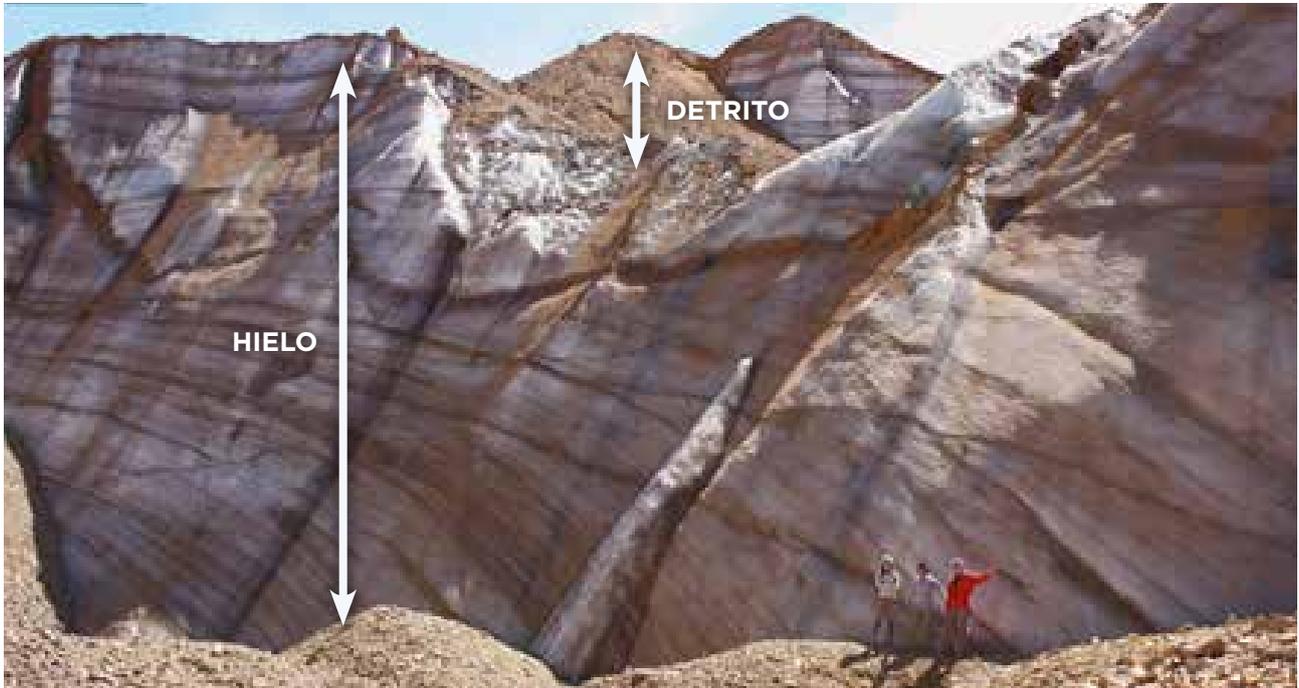
/ Glaciar descubierto

Es un cuerpo permanente de hielo y nieve, que se ha formado por la acumulación, compactación y recristalización de la nieve acumulada.



/ Glaciar cubierto

Es un glaciar, con la diferencia de tener una importante cobertura de material detrítico que lo tapa.



Glaciar Tunuyán. Mendoza. 2013. Foto: M. Castro

/ Glaciar de escombros

una mezcla de hielo y material rocoso. A diferencia de un glaciar cubierto, que tiene una masa de hielo cubierta por una capa de detritos, un glaciar de escombros es una mezcla de hielo y detrito.



/ Manchón de nieve

Cuerpo de hielo pequeño que, a diferencia de un glaciar, no se mueve pendiente abajo.



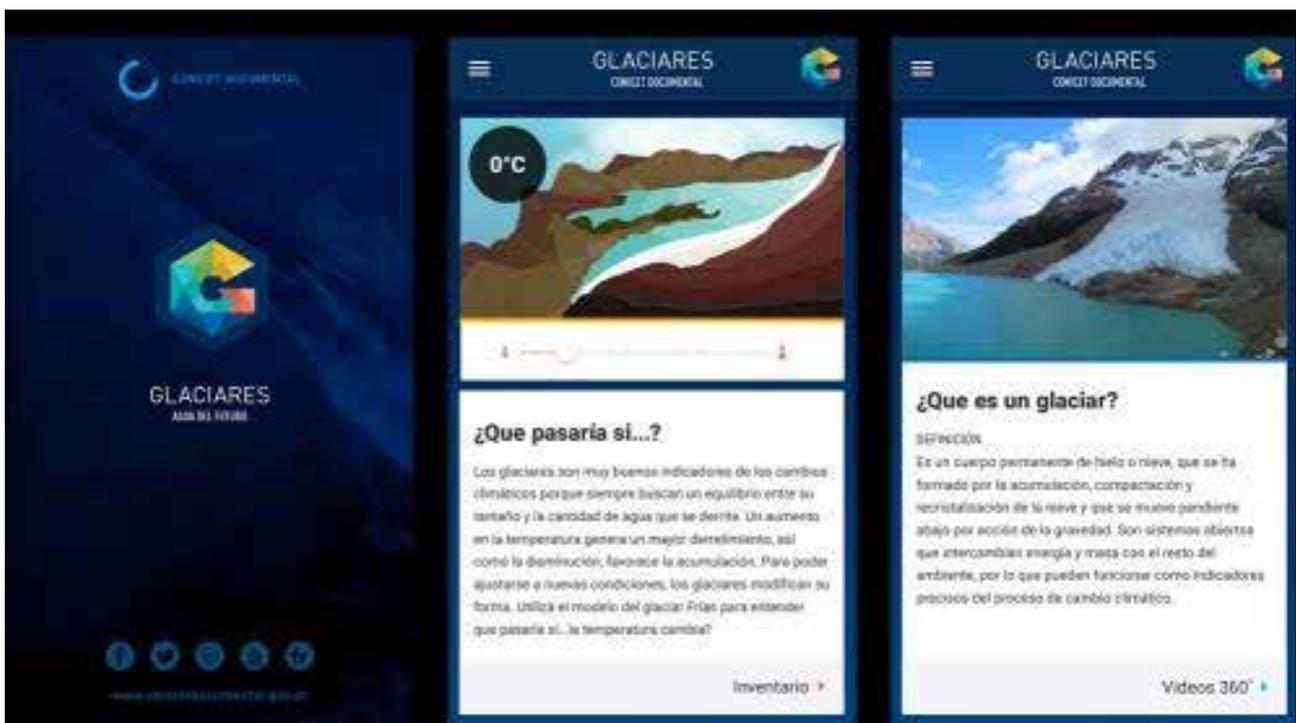
Secuencia didáctica de glaciares y cambio climático

Como vimos en este fascículo, los glaciares constituyen componentes cruciales de muchos sistemas hidrológicos de montaña y son reconocidos a nivel mundial como reservas estratégicas de agua. Son además elementos emblemáticos del paisaje que, por sus funciones como reguladores hídricos, su belleza y atractivo turístico, generan numerosos beneficios e ingresos significativos para las economías regionales y nacionales. Los cuerpos de hielo también constituyen excelentes laboratorios naturales para estudios científicos de diversa índole, y ocupan un lugar destacado a nivel mundial como indicadores de cambios climáticos pasados y presentes. En efecto, el rápido retroceso de los glaciares en los Andes y otras regiones montañosas del mundo es considerado como uno de los signos más claros del calentamiento que ha experimentado el planeta en las últimas décadas. A continuación, se proponen actividades a realizar en las aulas, con los fines de conocer la importancia de los glaciares, su ubicación en el territorio argentino y la relación que guardan estas reservas de agua con el cambio climático.

Actividad 1:

Glaciares y cambio climático

1. En la aplicación *Glaciares, agua del futuro* (disponible en iOS y Android, <http://appdocumental.conicet.gov.ar/>), visitar la sección "Antes y ahora" para observar allí el retroceso de los glaciares. A partir de lo visto proponemos generar un intercambio entre los estudiantes acerca de las causas del retroceso del hielo en las tres fotos comparativas.
2. Realizar una investigación que vincule el aumento de las temperaturas mundiales, el cambio climático y la Revolución Industrial.
3. En la aplicación visitar el simulador "¿Qué pasaría si?" y vincularlo con los compromisos asumidos por los países en la *última cumbre mundial de cambio climático de París 2015 (COP21)* (<https://unfccc.int/es/node/64796>).



Actividad 1:

Glaciares, qué son y su relevancia

A partir del video en *Glaciares y cambio climático - Educ.ar* (<https://www.educ.ar/recursos/132611/glaciares-y-cambio-climatico>), generar un intercambio con los estudiantes en torno a la existencia de distintos tipos de glaciares.



En la aplicación *Glaciares, agua del futuro* (<http://appdocumental.conicet.gov.ar/>) investigar qué es un glaciar, características y funciones, relaciones con las poblaciones locales, las actividades económicas y su evolución histórica. Para ello, recorrer las secciones ¿Qué es un glaciar?, Antes y ahora e Inventario Nacional de Glaciares (video).

1. Después de navegar la aplicación con los estudiantes orientar un debate acerca de por qué son importantes los glaciares, cuál es su función ecosistémica y para los seres humanos.

2. Indagar si conocen la existencia de glaciares en sus provincias y/o localidades. ¿Qué relaciones pueden establecer entre los glaciares y las fuentes de agua potable en esas localidades?



Actividad 3:

Glaciares y su distribución en el país



Se propone ir desde lo intuitivo del sentido común hacia lo documentado.

1. Marcar en un mapa de Argentina dónde creen que hay glaciares. Compartir las producciones entre todos y analizar las razones por las cuales seleccionaron esos sitios.
2. Consultar la *web del Inventario Nacional de Glaciares* (<http://glaciaresargentinos.gob.ar/>) realizada conjuntamente por el Instituto Nacional de Nivología y Ciencias Ambientales; y la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación y observar allí las *zonas de glaciares* (http://www.glaciaresargentinos.gob.ar/wp-content/uploads/resultados_finales/mapa_argentina_APN_11-05-2018.pdf) donde efectivamente están localizados.
3. Seleccionar *alguna imagen* (http://www.glaciaresargentinos.gob.ar/wp-content/uploads/resultados_finales/mapa_argentina_regiones_APN_11-05-2018.pdf) e identificar si hay glaciares en la misma e investigar si los cursos de agua que irrigan los cultivos y/o proveen el consumo de agua potable están vinculados a los mismos.

Actividad 4:

Glaciares y política pública

La *Ley de Régimen de Presupuestos Mínimos para la Preservación de los Glaciares y del Ambiente Periglacial* (Ley N° 26.639) (<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anejos/170000-174999/174117/norma.htm>) fue sancionada por el Congreso de la Nación en el año 2010. Su objetivo es la preservación de los glaciares y al ambiente periglacial como reservas estratégicas de recursos hídricos para el consumo humano; para la agricultura y como proveedores de agua para la recarga de cuencas hidrográficas; además para la protección de la biodiversidad; como fuente de información científica y como atractivo turístico.

Uno de los requerimientos de la Ley fue la creación del Inventario Nacional de Glaciares, tarea que se asignó a científicos del *Instituto Nacional de Glaciología, Nivología y Ciencias Ambientales (IANIGLA)* (<https://www.mendoza-conicet.gob.ar/portal/ianigla/>). Fue así posible el relevamiento de más de 560.000 km² en toda la Cordillera de los Andes y las Islas del Atlántico Sur, lo que permitió conocer la enorme cantidad de cuerpos de hielo existentes en Argentina (16.968), la superficie que ocupan (8.484 km²) y dónde están ubicados. El Inventario constituye una herramienta esencial para la protección y manejo de los recursos hídricos en estado sólido de la República Argentina.

Para dar a conocer esta información, se propone a los estudiantes realizar una campaña audiovisual para redes acerca de los glaciares que existen en el país y cuál es su importancia. Para ello pueden consultar el informe disponible en la web del *Inventario Nacional de Glaciares* (http://www.glaciaresargentinos.gob.ar/wp-content/uploads/resultados_finales/informe_resumen_ejecutivo_APN_11-05-2018.pdf) realizado conjuntamente por el Instituto Nacional de Nivología y Ciencias Ambientales; y la Secretaría de Gobierno Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Podrán elegir diferentes formatos como video, podcast, infografías, etc.

Les ofrecemos algunos recursos del portal *educ.ar* (<https://www.educ.ar/>) que pueden resultar útiles a la hora de confeccionar la campaña:

- **Recursos TIC para compartir los proyectos realizados** - <https://www.educ.ar/recursos/131951>
- **EducApps para imagen y sonido** - <https://www.educ.ar/recursos/131910/educapps?categoria=19153>
- **Cómo hacer una emisión en directo usando YouTube** - <https://www.educ.ar/recursos/132607/como-hacer-una-emision-en-directo-usando-youtube>

> Otros sitios de interés

/ **Inventario Nacional de Glaciares** - glaciaresargentinos.gob.ar

/ **Sitio web del Parque Nacional Los Glaciares** - losglaciares.com/es/parque/

/ **Los glaciares** - astromia.com/tierraluna/glaciares.htm

/ **Conicet Documental** - documental.conicet.gov.ar/contenidos/



Secretaría de Ambiente
y Desarrollo Sustentable
República Argentina