



# Conservación de los glaciares

Franco Tavella, Florencia Malzoni,

Emanuel Finozzi

CeRP

Andrea Barissano

2025



## Índice

Introducción .....	3
Antecedentes .....	4
Desarrollo .....	7
Causas y consecuencias .....	8
Causas: .....	8
Consecuencias: .....	10
Posibles soluciones para conservar los glaciares .....	12
Tecnología a utilizar.....	13
Referencias .....	15

### **Introducción**

Los glaciares son fundamentales para regular el clima del planeta y proveer agua dulce, un recurso vital para millones de personas en todo el mundo. No obstante, desde el siglo XIX, el impacto del cambio climático provocado principalmente por actividades humanas como la quema de combustibles fósiles, la deforestación y la industrialización ha acelerado su desaparición a un ritmo alarmante. Frente a esta realidad, la Asamblea General de las Naciones Unidas ha declarado el año 2025 como el Año Internacional de la Conservación de los Glaciares y ha establecido el 21 de marzo como el Día Mundial de los Glaciares, con el objetivo de visibilizar la urgencia de su protección.

En este contexto, surge una problemática que requiere atención inmediata: la continua pérdida de masa glaciar no solo amenaza los ecosistemas de alta montaña, sino también la seguridad hídrica, alimentaria y climática de millones de personas. Esta situación demanda acciones concretas que integren conocimiento científico y desarrollo tecnológico.

Por ello, este informe tiene como finalidad identificar y analizar dicha problemática, para posteriormente diseñar una solución tecnológica que, mediante el uso de programación, placas programables y otros recursos digitales, contribuya a mitigar el proceso de desglaciación y generar conciencia sobre su impacto global.

### Antecedentes

Santillán A (2021) explica que Suyai se creó hace nueve años con la fusión de las empresas Sustentable y IEC Ingenieros y con el apoyo de Chile Global Ventures de Fundación Chile para crear un mecanismo de protección de los glaciares. Suyai desarrolló el proyecto **Glacier Coolers**, en cual utiliza estructuras metálicas de acero galvanizado y geotextil, que se utilizan para cubrir la zona de destrucción del hielo, que se encuentra en la parte más baja y cálida del glaciar, para proteger el resto. La estructura modular se instala en septiembre y octubre y se retira en marzo y abril, transportándose en helicópteros. Esto permite proteger el glaciar en verano produciendo una aislación térmica. Hasta el momento se han instalado dos proyectos de Glacier Coolers en la cuenca del Maipo en los glaciares Bello y Argüelles. Se estima instalar un tercer proyecto en glaciares del Alto Maipo en la Región Metropolitana. Hasta la fecha se ha cubierto una superficie de 900 m<sup>2</sup>, evitando el derretimiento de 2520 m<sup>3</sup> en un período de 5 meses.

Según SWI (2019) Felix Keller el glaciólogo suizo tiene una idea, la cual es **reciclar el agua de deshielo que fluye río abajo durante el verano**. Explica que se podría mantener a gran altura y convertirlo de nuevo en hielo durante el invierno. O utilizarlo para producir nieve artificial. Felix Keller propone instalar un sistema de fabricación de nieve sobre el glaciar independiente de los movimientos del suelo y sin electricidad. Para ser eficaz, el sistema patentado por una empresa suiza debe ser capaz de producir 30 000 toneladas de nieve al día. “Según mis socios, esto es factible”, dice Keller, responsable del proyecto. El sistema de fabricación de nieve patentado por la empresa de Lucerna Bächler Top Track puede funcionar sin electricidad. ©Bartholet Maschinenbau AG. A mediados de agosto se puso en marcha un proyecto piloto de 2,5 millones de francos en el glaciar Morteratsch, en los Grisones, que durará 30 meses. Gracias al apoyo de la Agencia Suiza para la Promoción de la Innovación, de varios institutos de investigación y de socios

industriales, Felix Keller espera encontrar potenciales interesados no solamente en Suiza, sino también en diversas regiones de Europa, del Himalaya y Sudamérica.

Proyecto de **fabricación de nieve artificial** en el glaciar de Morteratsch en los Grisones. El método es interesante, explica Matthias Huss de Glamos, pero los retos tecnológicos, los costos globales y las implicaciones medioambientales son enormes.

Por otro lado, la revista AGU (2016), expone que un método simple para **aumentar el hielo invernal**, sugerido por Flannery, es el bombeo o rociado mecánico de agua de mar a la superficie superior del hielo, lo que permitiría que el calor del océano se irradiara al espacio, evitando los efectos aislantes de la capa de hielo. A diferencia de otros métodos, el engrosamiento del hielo marino es atractivo porque simplemente mejora un proceso natural en curso en el Ártico. La idea se presentó originalmente como una en un gran número de posibles propuestas de geoingeniería, y aunque otras ideas de geoingeniería (CCS y SRM) han visto algún desarrollo, aparentemente ningún estudio dio seguimiento a esta sugerencia.

En cuanto a la idea de la **aspiradora de residuos acuáticos**, la revista de los plásticos y la innovación presenta un proyecto lanzado en 2016 bajo la dirección de Alan d'Alfonso Peral llamado Recyclamer Innovation. El mismo utiliza un robot autónomo que incorpora unos paneles solares flexibles que le otorgan 60 horas de autonomía. También contiene una turbina de aspiración a nivel de la superficie del agua que recoge la basura y filtra el agua, mientras que unos sensores miden la concentración de oxígeno y recopilan datos sobre los residuos presentes en la zona.

Se han registrado dos patentes: el sistema de dirección que permite la inversión de la marcha del dispositivo y el filtro de plantas, una valiosa innovación a escala global, según su creador. El robot puede recoger hasta 200 litros de basura flotante y envía un mensaje cuando está

lleno. Estará disponible en tres tamaños distintos, para adaptarse a la zona acuática que se desee limpiar.

Algunas estaciones de esquí y atracciones turísticas utilizan unas **mantas reflectantes** conocidas como geotextiles para proteger los glaciares del deshielo durante el verano. Es lo que ocurre en los Alpes suizos y el glaciar Presena, situado en el norte de Italia, donde en verano se usan más de 300 láminas (de 70 por cinco metros) para cubrir 110.000 metros cuadrados de hielo. Algunos estudios indican que los geotextiles blancos pueden aumentar la capacidad de un glaciar para reflejar la luz solar más de un 50%.

Desplegar 110.000 metros cuadrados de esta manta en un glaciar azotado por el viento, a 3.000 m sobre el nivel del mar, requiere una gran operación logística cada verano. “Debería requerir un equipo de 11 personas, con dos tractores de nieve, trabajando durante un mes y medio”, explica a la revista Wired Alessandro Daldoss, vicepresidente de la empresa Carosello-Tonale, que gestiona las pistas y los remontes de Passo Tonale. Pero es algo que, en realidad, depende del clima. En alguna ocasión el proceso se ha demorado tres meses “porque cada tres días llovía y cuando hay una tormenta, no puedes trabajar”.

### Desarrollo

Según el Departamento de Salud del Estado de Washington (2025) los glaciares son masas de hielo que se crean producto de la nieve acumulada. Éstos cubren el 10 % de la superficie terrestre y junto a las capas de hielo, suman casi el 70 % del agua dulce del planeta. Por otro lado, Ambientum Portal Ambiental (2024) explica que el deshielo hace alusión al proceso por el cual el hielo en las regiones polares y en las montañas se derrite. Mientras la cantidad de hielo que se derrite cada año sea igual o menor que la nueva cantidad de nieve acumulada, el glaciar permanecerá intacto. Pero se ha evidenciado que los glaciares de todo el mundo se están derritiendo demasiado rápido.

En los últimos cinco años los glaciares han experimentado el mayor retroceso observado. Entre el año 2022 y el año 2024 se produjo la mayor pérdida trienal de masa glaciar de la que se tiene constancia. Se estima que para el año 2100 la humanidad habría perdido entre el 26% y 41% de la totalidad de la masa glaciar.



### *Causas y consecuencias*

#### **Causas:**

A lo largo de la historia se han identificado diversas causas que contribuyen al derretimiento de los glaciares, sin embargo, la principal responsable es el calentamiento global, que a su vez impulsa el cambio climático. Entre sus principales causas se encuentran:



**Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).** Nunez (2023) explica que la concentración atmosférica de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y otros gases de efecto invernadero ha aumentado drásticamente por actividades humanas como la industria, el transporte y la agricultura. Más de la mitad de las emisiones globales de GEI provienen de la producción y uso de combustibles fósiles, especialmente en centrales eléctricas. Estos gases atrapan el calor en la atmósfera, elevando la temperatura global y acelerando el derretimiento de los glaciares.

**Los cambios en el uso del suelo y pérdida de cobertura vegetal.** Greenpeace (2022) expone que la deforestación, la destrucción de humedales y la alteración del albedo (reflectividad) de la superficie terrestre también generan emisiones significativas de GEI. Estos cambios reducen la capacidad del planeta para reflejar la radiación solar, alteran el balance energético y aumentan la absorción de calor, contribuyendo al calentamiento global.

**El depósito de carbono negro (hollín).** El Instituto Nacional de Investigación sobre Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM) (2019) manifiesta que el carbono negro, proveniente de incendios forestales, quema de pastos, residuos agrícolas y emisiones del transporte, oscurece el hielo y reduce su capacidad de reflejar la luz solar. Como resultado, se incrementa la absorción de calor y se acelera el derretimiento.

**Deforestación y pérdida de sumideros de carbono.** Greenpeace (2022) explica que los bosques almacenan más carbono que cualquier otro ecosistema terrestre. Cuando permanecen intactos, actúan como desagüe de carbono, ayudando a mitigar el cambio climático. No obstante, la deforestación libera grandes cantidades de carbono a la atmósfera, ya sea por la quema directa de la vegetación o por la degradación de los suelos. Esto transforma a los bosques, que dejan de actuar como desagüe de carbono para convertirse en fuentes emisoras, lo que agrava aún más el problema climático

**La explotación y deterioro de los océanos.** Según Greenpeace (2022) los océanos desempeñan un papel fundamental en la regulación climática ya que absorben entre el 20% y 30% del CO<sub>2</sub> emitido a la atmósfera y generan hasta el 80% del oxígeno que respiramos. Sin su influencia, la temperatura media global sería aproximadamente 36 °C más alta. Sin embargo, la contaminación y la sobreexplotación están alterando su capacidad de absorción de carbono. Según reportes de las Naciones Unidas (2025) este deterioro podría convertir a los océanos en fuentes de calentamiento global, en lugar de ser reguladores climáticos.

**La contaminación causada por la humanidad.** La contaminación consiste en la alteración del estado natural de un medio por la presencia de agentes externos. El Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC) (2010) manifiesta que existen contaminantes ambientales procedentes de diversas fuentes que contaminan el agua, el aire y la tierra ocasionando desequilibrios en los ecosistemas, el entorno físico y los seres vivos. Según el Boletín Antártico Chileno (2008), esta disrupción también contribuye indirectamente al deterioro de los glaciares, al afectar los procesos naturales que regulan el clima.

### **Consecuencias:**

Las consecuencias del descongelamiento de los glaciares son muchas para el bienestar humano y el medio ambiente. Aquae fundación (2023) advierte que entre sus efectos más notorios se encuentran:

**El incremento del nivel del mar.** Esta acción amenaza con inundar grandes zonas costeras y ocasionar el movimiento de millones de personas al afectar infraestructuras y tierras de cultivo en muchos partes del planeta. Se estima que el 10% de la población mundial podría verse afectada, ya que reside en zonas costeras de baja altitud.

**Reducción de la cantidad de agua dulce disponible para uso humano.** Esto impacta negativamente a la agricultura y el suministro de alimentos, así como también a la producción de energía hidroeléctrica.

**Cambio climático.** La pérdida de hielo aporta al calentamiento global, ya que las zonas heladas, que se encuentran en el Polo Sur y en el Polo Norte reflejan la luz solar y atenúan la subida de temperaturas. La reducción de hielo produce que el mar y la tierra absorban más calor, provocando una aceleración del fenómeno del cambio climático. Esta inestabilidad climática origina un mayor riesgo de desastres naturales asociados al cambio en las lluvias o la temperatura. Las inundaciones, las sequías, las olas de calor y el frío serán más extremas y frecuentes a medida que aumente el calentamiento global.

**Permafrost.** El hielo y el permafrost del Ártico (suelo que permanece congelado de forma permanente) almacenan grandes cantidades de metano, un potente gas de efecto invernadero que contribuye significativamente al cambio climático. Cuando el permafrost se descongela, este metano es liberado a la atmósfera, lo que incrementa la tasa de calentamiento global explica HancockS, L. (2025).

**Alteraciones en la biodiversidad marina.** Las modificaciones en la circulación de las corrientes oceánicas también pueden afectar patrones climáticos y dañan a la biodiversidad marina. Los animales más desfavorecidos de este proceso son las especies que habitan en estos hábitats debido a que dependen del hielo para sobrevivir encontrándose la mayoría en peligro de extinción. Algunas de estas especies son: osos polares, pingüinos, morsas, zorros árticos, búhos de las nieves, renos entre otros.

**Tabla1**

*Posibles soluciones para conservar los glaciares*

Posibles soluciones	Metas
<p>Sistema de enfriamiento artificial de glaciares utilizando energía renovable. Impide el descongelamiento de glaciares.</p>	<p>Desarrollar un sistema de enfriamiento artificial alimentado por energía renovable, con el objetivo de reducir el ritmo de derretimiento de los glaciares.</p> <p>La idea consiste en colocar espejos en la parte más alta de los glaciares, lo cual cumple dos funciones principales: la primera es evitar que la luz solar incida directamente sobre el hielo y la segunda permite reflejar la luz solar entre los distintos espejos, aprovechando incluso la radiación más débil. La luz reflejada por los espejos se concentra en paneles solares que generan la energía necesaria para alimentar ventiladores encargados de enfriar la superficie del glaciar.</p>
<p>Sistema de cobertura de geotextiles blancos, protegen los hielos de los efectos de la radiación solar y polvo en suspensión, factores que afectan su conservación.</p>	<p>Implementar un sistema de cobertura con geotextiles en las zonas más vulnerables de los glaciares, con el objetivo de proteger el hielo de la radiación solar y así reducir la velocidad de su derretimiento.</p>

	<p>La estrategia consiste en cubrir los glaciares con mantas geotextiles, elaboradas a partir de materiales como polipropileno y poliéster. Estas mantas son permeables y de color blanco, lo que les permite reflejar la luz solar y conservar el frío del hielo. Gracias a estas propiedades las mantas ayudan a desacelerar el proceso de fusión del glaciar e incluso pueden favorecer la regeneración de masa de hielo en determinadas condiciones.</p>
--	--

### Tecnología a utilizar

**Sistema de enfriamiento artificial de glaciares:** Se emplea una Micro:Bit como unidad central encargada de controlar diversos componentes del sistema, tales como sensores, servomotores y ventiladores. Para la detección de variables ambientales se integrarán sensores de luz (incorporado en la Micro:Bit), temperatura y humedad (ambos externos). Asimismo, espejos reflectores con el objetivo de redirigir la luz solar y concentrarla en los paneles solares, optimizando la captación de energía. Finalmente, el sistema contará con ventiladores de gran tamaño, cuya función será mantener las superficies de los glaciares a temperaturas más bajas para reducir el derretimiento.

**Sistema de cobertura de geotextiles blancos:** Esta propuesta contempla el uso de una placa Micro:Bit como componente principal de control. Se aprovechará su sensor de luz incorporado para detectar niveles elevados de radiación; si se supera un umbral predefinido, el sistema podrá activar alertas o actuar en consecuencia. Se incluirán sensores de temperatura

externos para obtener datos precisos del entorno. Además, se utilizarán servomotores que permitirán el despliegue automatizado de geotextiles sobre las superficies glaciares.

Complementariamente, se integrará una segunda Micro:Bit, que servirá como nodo de comunicación por radiofrecuencia, emitiendo señales de advertencia en caso de detectarse condiciones críticas de riesgo de descongelamiento.

## Referencias

- Global Carbon Project. (2023). Global Carbon Budget 2023. <https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/>
- NASA Earth Observatory. (2020). Deforestation and Climate Change. <https://earthobservatory.nasa.gov/features/Deforestation>
- IPCC (2019). Climate Change and Land: Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems. <https://www.ipcc.ch/srccl/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- Global Carbon Project. (2023). *Global Carbon Budget 2023*. <https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/>
- Revistas de la AGU (2016). Gestión del hielo del Ártico <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2016EF000410>
- SWI (2019). Nieve artificial para salvar los glaciares de los Alpes. [https://www.swissinfo.ch/spa/ciencia/serie-sobre-los-glaciares-suizos-3-000-4-500-metros\\_nieve-artificial-para-salvar-los-glaciares-de-los-alpes/45172134](https://www.swissinfo.ch/spa/ciencia/serie-sobre-los-glaciares-suizos-3-000-4-500-metros_nieve-artificial-para-salvar-los-glaciares-de-los-alpes/45172134)
- La revista de los plásticos y la innovación (2020). Recyclamer, la aspiradora acuática. <https://plasticlemag.es/Recyclamer-la-aspiradora-acuatica>
- Departamento de Salud del Estado de Washington (2025). Salvemos nuestros glaciares: lo que podemos hacer para celebrar el Día Mundial del Agua 2025 . <https://medium.com/bienestarwa/salvemos-nuestros-glaciares-lo-que-podemos-hacer-para-celebrar-el-d%C3%ADa-mundial-del-agua-2025-e51d53984523>

Ambientum Portal Ambiental (2024). Deshielo: causas y consecuencias.

<https://www.ambientum.com/ambientum/cambio-climatico/deshielo-causas-y-consecuencias.asp>

Greenpeace (2022). ¿Por qué nos tiene que importar muchísimo el cambio climático y qué hay que hacer para que no avance?.

<https://www.greenpeace.org/argentina/blog/problemas/climayenergia/por-que-nos-tiene-que-importar-muchisimo-el-cambio-climatico-y-que-hay-que-hacer-para-que-no-avance/>

Nunez, C. (2023). ¿Qué son los gases de efecto invernadero y cuáles son sus efectos?

<https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/gases-efecto-invernadero-que-son-hacen>

Instituto Nacional de Investigación sobre Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)

(2019). Los glaciares se están derritiendo y la contaminación del aire es una de las causas.

<https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/los-glaciares-se-estan-derritiendo-y-la-contaminacion-del-aire-es>

El Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC) (2010). Contaminación ambiental. <https://idrc-crdi.ca/es/historias/contaminacion-ambiental>

Aquae fundación (2023). Las consecuencias del deshielo glacial.

<https://www.fundacionaquae.org/consecuencias-del-deshielo-glacial/>

HancockS, L. (2025). Seis maneras en que la pérdida del hielo del Ártico nos afecta a todos.

[https://www.worldwildlife.org/descubre-wwf/historias/seis-maneras-en-que-la-perdida-del-hielo-del-artico-nos-afecta-a-todos#:~:text=El%20derretimiento%20de%20los%20glaciares,20%20pies%20\(6%20m\).](https://www.worldwildlife.org/descubre-wwf/historias/seis-maneras-en-que-la-perdida-del-hielo-del-artico-nos-afecta-a-todos#:~:text=El%20derretimiento%20de%20los%20glaciares,20%20pies%20(6%20m).)



Santillán A (2021). Las tecnologías que buscan mitigar en forma acotada el retroceso de los glaciares (Diario Financiero). <https://www.cr2.cl/las-tecnologias-que-buscan-mitigar-en-forma-acotada-el-retroceso-de-los-glaciares-diario-financiero/>

Nota. Adaptado de [El ciclo de vida de un glaciar]. 2025. Iberdrola. <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/derretimiento-glaciares-causas-efectos-soluciones>. Todos los derechos reservados ©.