



## Glaciares de Chile

El Proyecto de Ley –Primer trámite constitucional (C. Diputados), Comisión de Recursos Naturales, Bienes Nacionales y Medio Ambiente- que establece ley de protección y preservación de glaciares define glaciar como “toda masa de agua terrestre en estado sólido que fluye por deformación de su estructura interna y por deslizamiento de su base, encerrado por los elementos topográficos que lo rodean, formando parte de diferentes ecosistemas, cualquiera sea su forma, ubicación, dimensión y estado de conservación”. Además se agrega que “son partes constituyentes de un glaciar, su material detrítico; el agua líquida, tanto superficial como interna y basal; su parte flotante, siempre que se encuentre unida a su masa, la que se considerará como agua terrestre”. También “aquellas masas de agua en estado sólido que, flotando y separadas del glaciar, por efectos climáticos circunstanciales puedan adherirse a éste, se considerarán parte integrante del mismo”. Asimismo, el Atlas del Agua (marzo 2016) publicado por la Dirección General de Agua (DGA) utiliza esta definición.

El inventario de glaciares –Estrategia Nacional de Glaciares 2009- contabilizó 1.835 glaciares que cubren en conjunto una superficie de 15.490 km<sup>2</sup>. A lo anterior, habría que sumar una superficie no inventariada de 4.700 km<sup>2</sup> y que en total suma una superficie de 20.190 km<sup>2</sup> de hielo. El inventario fue completado por la Dirección General de Aguas el año 2011, concluyendo que Chile posee un área total de superficie glaciar de aproximadamente 23.000 km<sup>2</sup>, siendo la mayor superficie glaciar de Sudamérica. En Chile, la superficie y número de masas glaciares aumentan de norte a sur, ubicándose el 88% de los glaciares en la zona de Campos de Hielo (Patagonia chilena).

El aumento de la temperatura promedio de la superficie terrestre -efecto del Cambio Climático (CC)- genera el derretimiento de los glaciares. Lo anterior se manifiesta en el retroceso y adelgazamiento experimentados por la masa glaciar durante los últimos 30 años. Los procesos de fusión del hielo se han acelerado hasta duplicar su velocidad en los últimos 10 años. Por ejemplo, el 90% de los glaciares cordilleranos está disminuyendo y Campos de Hielo Sur ha retrocedido hasta 30 metros por año. Gran cantidad de glaciares andinos –chilenos y argentinos- experimentaron retroceso y adelgazamiento de las lenguas de hielo durante el siglo XX.

## Tabla de Contenidos

I. Importancia de los Glaciares en Chile .....	2
1. Distribución de los glaciares en Chile .....	3
2. Glaciares por región.....	4
3. Resultados del inventario Nacional de Glaciares año 2011 .....	5
II. Efecto del CC sobre los glaciares de Chile y Argentina .....	6
1. Chile .....	6
2. Argentina.....	7

## Introducción

El documento presenta información sobre distribución y superficie ocupada por los glaciares del país. Dentro de los temas abordados, está el impacto del CC sobre los glaciares andinos de Chile y Argentina.

Para desarrollo del documento se consultó información del Laboratorio de Glaciología de la Universidad de Chile y Centro de Estudios Científicos (CECS), documentos del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Estrategia Nacional de Glaciares, entre otros.

### I. Importancia de los Glaciares en Chile

Los glaciares son masas de hielo perenne formado por acumulación de nieve sobre la tierra y que usualmente tiene una superficie superior al 10% de un km<sup>2</sup> (100.000 m<sup>2</sup>) Una de las funciones ecológicas cruciales de los glaciares es el aporte en la recarga de los acuíferos naturales, de gran relevancia durante la temporada estival en la zona central de Chile.

Por su parte el Proyecto de Ley que establece ley de protección y preservación de glaciares define glaciar como "toda masa de agua terrestre en estado sólido que fluye por deformación de su estructura interna y por deslizamiento de su base, encerrado por los elementos topográficos que lo rodean, formando parte de diferentes ecosistemas, cualquiera sea su forma, ubicación, dimensión y estado de conservación". Además se agrega que "son partes constituyentes de un glaciar, su material detrítico; el agua líquida, tanto superficial como interna y basal; su parte flotante, siempre que se encuentre unida a su masa, la que se considerará como agua terrestre". También "aquellas masas de agua en estado sólido que, flotando y separadas del glaciar, por efectos climáticos circunstanciales puedan adherirse a éste, se considerarán parte integrante del mismo"<sup>1,2</sup>.

<sup>1</sup> Proyecto de Ley que Establece Ley de Protección y Preservación de Glaciares (Boletín N° 9364-12). Primer trámite constitucional (C. Diputados), Comisión de Recursos Naturales, Bienes Nacionales y Medio Ambiente. Disponible en: <http://bcn.cl/17mj6> (mayo 2016).

<sup>2</sup> La definición de glaciar del Proyecto de Ley fue incorporada en el Atlas del Agua (publicado el 17 de marzo del 2016 por DGA). Capítulo II Nuestra agua, pp.52. Disponible en: <http://bcn.cl/1vkhe> (mayo 2016).

En términos generales glaciares y nieves eternas aportan 24,4 millones de km<sup>3</sup> de agua dulce, correspondientes al 69,6% del total presente en el planeta. La importancia de los glaciares y nieves eternas como reservorios de agua dulce queda en evidencia al comparar el aporte de ríos, lagos y lagunas, que sólo alcanza un volumen inferior al 0,4% o 0,14 millones de km<sup>3</sup> de toda el agua dulce del planeta<sup>3</sup>.

## 1. Distribución de los glaciares en Chile

El inventario de glaciares del año 2007 contabiliza 1.835 glaciares, cubriendo en conjunto una superficie de 15.490 km<sup>2</sup>. A lo anterior, se agrega una superficie no inventariada de 4.700 km<sup>2</sup> alcanzando un total de 20.190 km<sup>2</sup> de hielo<sup>4</sup>. Actualmente el último registro proporcionado por "Glaciares de Chile 2014" indica una superficie glaciar de aproximadamente 23.000 km<sup>2</sup>.<sup>5</sup>

La superficie ocupada por los glaciares del territorio nacional se distribuye -de norte a sur- de la siguiente forma<sup>6</sup>:

- **Glaciares del Norte Grande:** masas de hielo ubicadas en altitudes superiores a los 6.000 metros. Estos glaciares se ven favorecidos por las precipitaciones de verano que alcanzan una magnitud moderada.
- **Glaciares del Norte Chico:** esta zona casi no presenta formaciones de glaciares de gran magnitud, debido a la baja altura de las cumbres andinas que no entrega las mejores condiciones - temperaturas de congelación- para la acumulación de agua en forma de nieve o hielo.
- **Glaciares de la zona central:** gran número de glaciares debido a la mayor altura de las cumbres cordilleranas e incremento de precipitaciones. Los glaciares se concentran en las cuencas de los ríos Aconcagua, Maipo y Rapel cuya superficie suma 900 km<sup>2</sup>, repartidos en más de 1.300 glaciares.
- **Glaciares zona centro-sur:** desde el río Maule hasta Valdivia la superficie ocupada por los glaciares corresponde a unos 400 km<sup>2</sup> de hielo distribuido en cerca de 300 glaciares. La reducción en el número, comparado con la zona central, se debe a la disminución en altura de la cordillera, interrumpida por la presencia de volcanes que superan los 2.000 metros de altura. La presencia de glaciares se registra sobre montañas de origen volcánico sin actividad.

<sup>3</sup> Los Recursos Hídricos. El rol de los embalses para su regulación y mejor aprovechamiento, 2011. Instituto de Ingenieros. Comisión de Recursos Hídricos. San Martín N° 352, Santiago de Chile, pp.54.

<sup>4</sup> Estrategia Nacional de Glaciares. Centro de Estudios Científicos (CECS) y Ministerio de Obras Públicas. Diciembre 2009. Disponible en: <http://bcn.cl/1k7ev> (mayo 2016).

<sup>5</sup> Glaciares de Chile 2014. Dirección Nacional de Aguas (DGA). Ministerio de Obras Públicas. Disponible en: <http://bcn.cl/1rj5b> (mayo 2016).

<sup>6</sup> Op.cit. Estrategia Nacional de Glaciares.

- **Glaciares zona sur:** se registran pocos glaciares de magnitud importante entre Valdivia y Aysén debido a baja altura de los Andes, la excepción serían los glaciares en los conos volcánicos de mayor altitud.

- **Glaciares zona austral:** al sur de Aysén se encuentran Campo de Hielo Norte (CHN) y Campo de Hielo Sur (CHS) que corresponden a las mayores áreas glaciares de América del Sur. El CHN tiene una superficie de 4.000 km<sup>2</sup> y 70 glaciares principales. El CHS presenta una superficie de 13.000 km<sup>2</sup>, la mayor de Sudamérica, a lo largo de 350 km en dirección Norte-Sur desde los 48°20' de latitud sur hasta los 51°30'. En el extremo austral los ríos se alimentan de los Hielos Patagónicos (Norte y Sur).

- **Glaciares del extremo sur:** en Tierra del Fuego se ubica una alta concentración de glaciares en la Cordillera de Darwin con una superficie de hielo de 2.000 km<sup>2</sup>.

## 2. Glaciares por región

Parte del trabajo de la Estrategia Nacional de Glaciares consistió en realizar un inventario de glaciares dividido en 4 zonas. (Tabla 1).

Tabla 1. Inventario de glaciares Zona Norte, Centro, Sur y Austral.

<b>Zona Norte</b>		
<b>Región, área glaciar o cuencas</b>	<b>Número de glaciares</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>
I y XV regiones	14	29,70
II región	14	12,13
III	31	25,13
IV	10	7,01
Río Copiapó	92	23,04
Río Huasco	112	16,86
Glaciar Cerro Volcán	1	0,1
<b>Zona Centro</b>		
<b>Región, área glaciar o cuencas</b>	<b>Número de glaciares</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>
Río Aconcagua	101	59,89
Río Maipo	647	421,90
Río Cachapoal	146	222,42
Río Tinguiririca	261	106,46
Río Mataquito	81	31,91
Río Maule	98	35,32
<b>Zona Sur</b>		
<b>Región, área glaciar o cuencas</b>	<b>Número de glaciares</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>
Río Itata	21	7,60
Río BíoBío	29	52,37
Río Imperial	13	18,72
Río Tolén	14	68,48
Río Valdivia	6	42,33
Río Bueno	11	19,35
Río Petrohué	12	60,57
Río Maullín	1	2,84
Río Chamiza	1	1,05
Volcán Michimahuida	9	81,40

<b>Zona Austral</b>		
<b>Región, área glaciar o cuencas</b>	<b>Número de glaciares</b>	<b>Area (km<sup>2</sup>)</b>
Campo de Hielo Norte	70	3.953
Campo de Hielo Sur	40	9.659
Península Muñoz Gomero y Gran Campo Nevado	75	252,50
Isla Riesco	45	215
Monte Sarmiento	165	273,06
Isla Santa Inés	258	273,76
Cordillera de Darwin	627	2.333,14
Isla Hoste	631	409,46

Fuente: elaboración propia a partir de la Estrategia Nacional de Glaciares<sup>7</sup>.

La Tabla 2 muestra la estimación de superficie glaciar no inventariada, incluida en la Estrategia Nacional de Glaciares.

Tabla 2. Superficie de glaciares para zonas no inventariadas.

<b>Áreas glaciares o cuencas</b>		<b>Número</b>	<b>Área estimada (km<sup>2</sup>)</b>
Aysén	Chiloé Continental	Sin información	800
	Melimoyo		
	Volcán Hudson		
	Cerro Erasmo		
	Cerro San Lorenzo		
	Cerro Blanco		
	Alto número de glaciares pequeños		
Alrededores de Campos de Hielo	Alto número de glaciares pequeños	Sin información	1.400
Magallanes	Volcán Burney	Sin información	80

Fuente: elaboración propia a partir de la Estrategia Nacional de Glaciares<sup>8</sup>.

### 3. Resultados del inventario Nacional de Glaciares año 2011

El Inventario Nacional de Glaciares<sup>9</sup> fue completado por la Dirección Nacional de Aguas (DGA) el año 2011. Entre sus resultados destacan<sup>10</sup>:

- En total Chile posee la mayor superficie de glaciares de Sudamérica (23.000 km<sup>2</sup>, antes indicado)<sup>11</sup>.
- El 88% de los glaciares de Chile se encuentran en la zona de Campos de Hielo. Estos glaciares no aportan gran cantidad de agua a las cuencas, pues, su aporte hídrico va directamente al mar. (Figura 1).

<sup>7</sup> Ibíd.

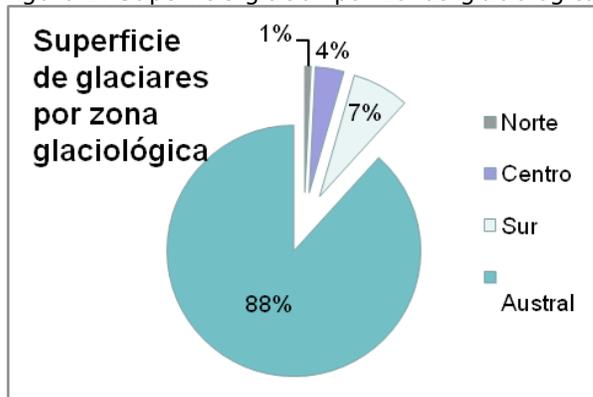
<sup>8</sup> Ibíd.

<sup>9</sup> Hasta la fecha el Inventario Nacional de Glaciares no ha sido publicado.

<sup>10</sup> Presentación DGA sobre Proyecto de Ley Valoración y Protección de Glaciares. Comisión Medio Ambiente y Bienes Nacionales Senado. 9 de JUNIO 2013. Disponible en: <http://bcn.cl/1kbea> (mayo 2016).

<sup>11</sup> Sudamérica tiene una superficie glaciar de 28.000 km<sup>2</sup>.

Figura 1. Superficie glaciar por zonas glaciológicas en Chile.



Fuente: Presentación DGA Senado Comisión Medio Ambiente y Bienes Nacionales<sup>12</sup>.

## II. Efecto del CC sobre los glaciares de Chile y Argentina

El Programa de las Naciones Unidas para Medio Ambiente (PNUMA) señala que el CC representa uno de los mayores desafíos ambientales actuales y que representa una significativa amenaza sobre nuestra sociedad y el medioambiente<sup>13</sup>. Dentro de los principales peligros se advierte, por una parte, el desplazamiento de los patrones climáticos que amenazan la producción de alimentos y -por otra- transformaciones de ecosistemas, tal como el derretimiento de las masas de hielo continentales (glaciares) y los casquetes polares que producirán el aumento del nivel de los océanos, incrementando el riesgo de inundaciones catastróficas y destrucción en zonas costeras, islas y tierras continentales<sup>14</sup>.

### 1. Chile

Los patrones de retroceso y adelgazamiento detectados en Chile durante los últimos 30 años, se han acelerado y hasta duplicado en los últimos 10 años<sup>15</sup>. Por ejemplo, en la zona central, cuenca del río Maipo, en el año 1979 se registraron más de 637 glaciares con una superficie de 421 km<sup>2</sup>, en tanto que en la actualidad la superficie de hielo se ha reducido en 263 km<sup>2</sup><sup>16</sup>.

Las investigaciones realizadas por Centro de Estudios Científicos (CECS) de Valdivia demuestran que los glaciares están retrocediendo. Por ejemplo, el 90% de los glaciares cordilleranos se ha reducido. En tanto que Campos de Hielo Sur registra

<sup>12</sup> Presentación DGA sobre Programa de Glaciología de la DGA y Proyecto Andina 244. Comisión Medio Ambiente y Bienes Nacionales Senado. Mayo de 2013.

<sup>13</sup> *Climate change. United Nations Environment Programme, UNEP, Factsheet*. Disponible en: <http://bcn.cl/2o23> (mayo 2016).

<sup>14</sup> Cambio Climático 2007: Las bases científicas. Disponible en: <http://bcn.cl/15nan> (mayo 2016).

<sup>15</sup> Política para la Protección y Conservación de Glaciares, 2010. Disponible en: <http://bcn.cl/15naz> (mayo 2016).

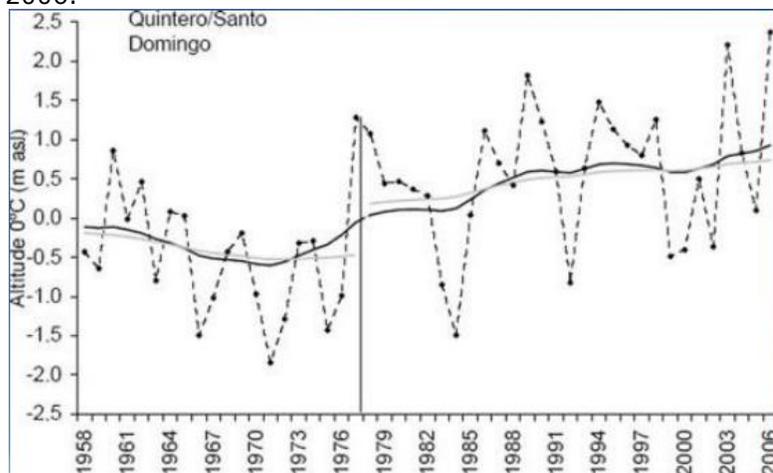
<sup>16</sup> *Ibíd.*

retrocesos de hasta 30 metros por año<sup>17</sup>. Campos de Hielo Norte ha perdido 101 km<sup>2</sup> entre los años 1945 y 2005. El mayor retroceso se registró en la fachada Occidental: San Rafael 12,6 km<sup>2</sup> y San Quintín 28,8 km<sup>2</sup> <sup>18</sup>.

La causa de este fenómeno sería una relación directa entre el calentamiento de la atmósfera durante el siglo XX y lo que va del XXI. En la zona central se ha registrado un desplazamiento de la isoterma 0°C<sup>19</sup> (o línea de nieve de los glaciares) ha desplazado desde los 300 a los 500 metros de altura. Este fenómeno reduce en primera instancia la capacidad de almacenamiento de agua, y además, conduce al retroceso, adelgazamiento y reducción de la masa total de los glaciares de Chile<sup>20</sup>.

La figura 2 describe el desplazamiento –en altitud– de la isoterma 0°C en la zona central de Chile. La línea continua muestra la tendencia que indicaría, en términos simples, que gran parte de la nieve caída anualmente durante el período de invierno se derrite a mayor altitud al momento de caer y no pudiéndose conservar hasta el aumento de temperaturas en el periodo primavera-verano.

Figura 2. Variación en altitud de la isoterma 0°C en los Andes centrales entre los años 1958 y 2006.



Fuente: Política para la Protección y Conservación de Glaciares<sup>21</sup>.

## 2. Argentina

Al otro lado de la Cordillera de los Andes, un estudio presentado en el "Taller de Aplicaciones de tecnología espacial integrada al desarrollo sostenible de altas montañas de países andinos"<sup>22</sup> al año 2009, demuestra -apoyado en tecnología de análisis de imágenes satelitales- que los glaciares del lado argentino de campos de

<sup>17</sup> *Ibíd.*

<sup>18</sup> *Ibíd.*

<sup>19</sup> Isoterma 0°C: Línea que divide la precipitación líquida de la sólida.

<sup>20</sup> Política para la Protección y Conservación de Glaciares, 2010. *Op.cit.*

<sup>21</sup> *Ibíd.*

<sup>22</sup> Realizado por ingenieros argentinos.

hielos, muestran un considerable retroceso de superficie en el período 1987 – 2005. Ello asociado a un aumento de las temperaturas medias de los meses de febrero<sup>23</sup>.

Complementando lo anterior, Masiokas y otros (2009)<sup>24</sup> han presentado el estudio más completo realizado hasta la fecha entre científicos chilenos y argentinos sobre los glaciares del sur del continente, llegando a las siguientes conclusiones:

- Glaciares Andinos de Chile y Argentina han fluctuado en forma relativamente homogénea durante los últimos siglos. Por ejemplo, durante el siglo XX gran cantidad de glaciares andinos han experimentado un retroceso y adelgazamiento de las lenguas de hielo.
- Muchos glaciares experimentaron avances muy importantes concentrados principalmente entre los siglos XVII y XIX durante la llamada "Pequeña Edad de Hielo".
- Tanto a nivel local como regional, la historia reciente de estos glaciares es compleja. Por ejemplo en algunas fluctuaciones se encontraron diferencias significativas en el número y época de ocurrencia de los retrocesos, incluso en sitios relativamente cercanos entre sí.

---

<sup>23</sup> GARI, Jorge; GIRONELLI, Javier; SEDEÑO, Alicia; SÁNCHEZ, Luis. "Estudio multitemporal de glaciares del hielo continental patagónico sur". Disponible en: <http://bcn.cl/19h0j> (mayo 2016).

<sup>24</sup> MASIOKAS, M.H., RIVERA, A., ESPIZUA, L.E., VILLALBA, R., DELGADO S., ARAVENA. J.C. (2009). *Glacier fluctuations in extratropical South America during the past 1000 years*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, Vol. 281 (3-4), p. 242-268. Disponible en: <http://bcn.cl/15r0n> (mayo 2016).