

Glaciares Chilenos

Reservas Estratégicas de Agua Dulce
para la sociedad, los ecosistemas y la economía



*Roxana Bórquez
Sara Larraín
Rodrigo Polanco
Juan Carlos Urquidi*

Grupo de Trabajo Conservación de Glaciares

*Sara Larraín, directora Chile Sustentable - Roxana Bórquez, investigadora Chile Sustentable
Eduardo Riesco, fiscal Sociedad Nacional de Agricultura SNA - Javier Carvallo, presidente Comisión Riego SNA
Juan Carlos Urquidi, presidente Comisión Medio Ambiente SNA
Cnl. Roberto Bravo, subdirector Instituto Geográfico Militar IGM - Herman Manríquez, geógrafo IGM
Cnl. Luis Olivares, Departamento Medio Ambiente del Ejército DMA
M. Angélica Mardones, profesional DMA - Leopoldo Sánchez, Ministerio de Agricultura*

PROGRAMA
CHILE SUSTENTABLE
Propuesta Ciudadana para el Cambio

Glaciares Chilenos

Reservas Estratégicas de Agua Dulce
para la sociedad, los ecosistemas y la economía

I.S.B.N.: 956-310-501-X

Registro de Propiedad Intelectual N°160056

Primera Edición Noviembre 2006

Se imprimieron 1000 ejemplares

Autor:

Roxana Bórquez

Sara Larraín

Rodrigo Polanco

Juan Carlos Urquidí

Edición:

Sara Larraín

Ingrid Schauenburg

Diseño de Portada y Diagramación:

Emiliano Méndez

Fotografías:

Andrés Rivera (Presentación)

Pablo Valenzuela

Roxana Bórquez

Ingrid Schauenburg

Instituto Geográfico Militar

CONAMA III Región

Fotografías de Portada:

Donación de Pablo Valenzuela

Impresión:

LOM Ediciones

<i>Presentación</i>	5
<i>Introducción</i>	9
1- La Importancia estratégica de los Glaciares	21
1.1- Los glaciares: reservas de agua dulce	21
1.2- Proyecciones de demanda de agua dulce a nivel mundial	22
1.3- Proyecciones de demanda de agua dulce a nivel nacional	25
2- Glaciares: definición y estado del conocimiento científico en Chile	33
2.1- Definición y caracterización	33
2.2- Origen de los glaciares chilenos	34
2.3- Función de los glaciares	40
2.4- Amenazas globales para la conservación de los glaciares	43
2.5- Amenazas locales que impactan a los glaciares	46
3- Situación de los glaciares en Chile	55
3.1- Inventario de los glaciares chilenos	55
3.2- Estado de los glaciares a nivel nacional	62
3.3- La importancia de los glaciares en Chile	66
3.4- Riesgos y amenazas actuales para los glaciares en Chile	68
3.5- Desafíos para la conservación de los glaciares en Chile	74
4- Contexto Internacional y Marcos jurídicos para la protección de los glaciares	81
4.1- Valoración de los glaciares en la institucionalidad internacional	81
4.2- Marcos jurídicos para la protección de glaciares	83
5- Propuesta de Ley para la protección de los glaciares en Chile	89
5.1- Fuentes legales y reglamentarias consideradas	90
5.2- Contenidos del Proyecto de Ley para la Protección de Glaciares	92
5.3- Texto del Proyecto de Ley para la protección de Glaciares	95
Anexo 1: Modelos Legales de Protección de Glaciares a Nivel Internacional	105
Anexo 2: Mociones Parlamentarias para la Conservación de Glaciares	111
Bibliografía	121

Los glaciares y los casquetes polares son las principales reservas de agua dulce en el planeta y por ello el principal seguro que poseen los ecosistemas y las comunidades humanas para su subsistencia. Los glaciares son reservas estratégicas pues no sólo aportan agua a las cuencas hídricas en verano, sino que son la única fuente de recarga de ríos, lagos y napas subterráneas en las zonas áridas y en períodos de sequía.

Actualmente existe suficiente información científica sobre la importancia estratégica de los glaciares y los impactos de las actividades humanas y del calentamiento global sobre ellos. Sin embargo, en los últimos años no ha existido conciencia pública sobre su importancia, y tampoco acuerdos vinculantes que obliguen a su protección. Aunque desde la Cumbre de Naciones Unidas sobre Medioambiente y Desarrollo en 1992, los científicos del Panel Intergubernamental de Cambios Climáticos han informado a los gobiernos sobre las consecuencias del calentamiento global sobre sus territorios, incluidos los glaciares, solo algunos países los han incluido como objetos de protección en su legislación sobre recursos hídricos y sobre áreas silvestres protegidas: o bien generado leyes específicas para su conservación como fuentes y reservas estratégicas de agua dulce.

Recientemente la atención pública sobre los glaciares se ha intensificado globalmente. A nivel nacional la preocupación se ha centrado en la contaminación y destrucción de glaciares por algunos emprendimientos extractivos; alcanzando gran visibilidad e interés ciudadano a partir del proyecto Pascua Lama en la III Región del país, que proponía la remoción de los glaciares del área para la extracción de oro a tajo abierto. A nivel internacional la preocupación se ha concentrado en los impactos del calentamiento global sobre los glaciares, que conlleva su derretimiento, provocando un elevamiento en el nivel del mar; además de las amenazas para la agricultura, la industria, la minería, la generación hidroeléctrica y la provisión de agua notable para los asentamientos humanos, en especial las ciudades.

A partir de la publicación del «Informe Stern», encargado por el primer ministro británico Tony Blair y coordinado por el ex economista jefe del Banco Mundial, Nicolás Stern, y de la presentación del film «Una Verdad Incómoda» del ex vicepresidente de Estados Unidos, Al Gore, ambos en 2006; este fenómeno se ha tornado más visible para el público mundial y ha generado gran impacto sobre el sector político.

El informe Stern, además de presentar los impactos del calentamiento global sobre los glaciares, el medioambiente y las poblaciones humanas, muestra los impactos sobre la economía mundial, entre los que destaca una posible reducción del PIB mundial, si no se aceleran las estrategias de mitigación de este fenómeno.

Chile es un país montañoso, donde el 70% de la población se abastece de recursos hídricos provenientes de las zonas alto-andinas. La Cordillera de los Andes, debido a su altura, posee gran cantidad de glaciares, fuentes de agua congelada que, gracias a su proceso estacional de acumulación y derretimiento, permiten la regulación hídrica de las cuencas y el abastecimiento de los ecosistemas, la población y las actividades productivas en gran parte del país.

Un estudio sobre el avance y retroceso de los glaciares a nivel nacional, realizado por el Departamento de Geografía de la Universidad de Chile, el Instituto de la Patagonia y el Centro de Estudios Científicos de Valdivia concluyó, en base a una muestra de 100 glaciares ubicados entre la III y la XII Región, que solo 6% de ellos presentaba avances, y 7% de ellos se encontraban estables; mientras que el 87% de ellos presentaba evidentes retrocesos.

Las proyecciones futuras sobre los recursos hídricos en Chile muestran una situación muy restrictiva. La Dirección General de Agua estima que para el año 2017 las diversas actividades mineras e industriales y el consumo humano aumentarán su demanda al doble, y en un 20% el uso para riego agrícola. Esta situación además de exigir mayor conciencia sobre la escasez del agua, implica el desafío de lograr mayor eficiencia en la gestión y uso del recurso; mejorar las tecnologías de riego y de producción industrial. También señala la urgencia de proteger las fuentes naturales y las reservas de agua dulce, para asegurar la estabilidad en el abastecimiento futuro de los ecosistemas, de las actividades económicas y las necesidades humanas básicas.

En este contexto, y considerando que la disminución de las precipitaciones y el calentamiento global seguirá afectando a los glaciares de los Andes, y con ello las reservas de agua dulce, se hace evidente la necesidad de mantener un inventario de los glaciares existentes en el territorio nacional, diseñar un sistema para su monitoreo y prevenir los impactos de origen antropogénico sobre ellos. Adicionalmente es fundamental priorizar programas de investigación sobre los glaciares y avanzar en políticas para su conservación.

Este desafío; junto a la creciente preocupación ciudadana, de la comunidad científica, líderes políticos, agricultores, generadores hidroeléctricos y del sector turismo por la disminución de los glaciares; un conjunto de organizaciones gremiales y ambientales con insumos de instituciones académicas y de gobierno, realizaron a partir del año 2005 la compilación y análisis de la información existente sobre los glaciares chilenos; su estado de conservación y los impactos que los afectan. También se revisó el estado de la normativa internacional vigente sobre la protección de glaciares. A partir de ello se elaboró una propuesta de Ley para la Protección de los Glaciares Chilenos, motivando al gobierno a asumir voluntad política para legislar en la materia y apoyar las iniciativas parlamentarias en la materia.

El presente texto da cuenta de dicho proceso; el primer capítulo contiene información que fundamenta la importancia de los glaciares como reservas de agua dulce, en el marco de las proyecciones de demanda de agua a nivel nacional e internacional. El segundo capítulo presenta la definición y caracterización de los glaciares, su función y las amenazas globales y locales para su conservación. En el tercero, se entrega información sobre la situación de

los glaciares en Chile, el inventario de ellos realizado por la comunidad científica; la importancia de los glaciares para los ecosistemas, las actividades económicas, las poblaciones humanas, y los riesgos que enfrentan.

El capítulo cuarto presenta la valoración de los glaciares a nivel internacional y los marcos jurídicos de protección actualmente existentes. Finalmente, el capítulo cinco presenta la propuesta de Ley para la Protección de los Glaciares Chilenos, elaborado por el Grupo de Trabajo de Conservación de Glaciares, liderado por la Sociedad Nacional de Agricultura y el Programa Chile Sustentable; y la cooperación del Instituto Geográfico Militar. Se anexa al final del texto información técnica y las mociones parlamentarias existentes para la conservación de glaciares.

El objetivo de este libro es compartir con la ciudadanía y los actores políticos la información existente sobre los glaciares chilenos en un formato sintético y asequible. Contribuir a la valoración de este patrimonio ambiental nacional; a la protección de estas reservas estratégicas de agua dulce; y a generar la conciencia y voluntad política necesaria para la pronta creación de políticas, normativas e instituciones que permitan proteger los glaciares en Chile.

*Luis Schmidt.
Presidente
Sociedad Nacional de Agricultura.*

*Sara Larraín.
Directora
Programa Chile Sustentable.*

El agua es un elemento natural que constituye la base fundamental para el mantenimiento y desarrollo de la vida en el planeta. Sin agua no hay vida, y el agua no tiene sustitutos. El agua sustenta los ecosistemas, el abastecimiento humano y es un recurso clave para todos los procesos productivos desarrollados por el hombre. Históricamente, todos los asentamientos humanos en el mundo se han desarrollado donde existen fuentes de abastecimiento de agua.

El agua dulce, corresponde solo a 3% del total de agua en el planeta, pero un 77,06% de ella está congelada en los polos y en los glaciares de latitudes medias en las altas cordilleras (GWP, 2000). Lamentablemente el uso ineficiente del agua a nivel mundial, su heterogénea distribución geográfica y la creciente contaminación, la han situado en una condición de escasez, lo que pone a la población mundial en situación de grave vulnerabilidad y en un escenario potencial de crecientes conflictos sociales, políticos, económicos y ambientales cuyo centro es el agua.

A nivel internacional existe consenso de que los glaciares son sistemas abiertos, con interacciones internas y con el medioambiente; y que su formación obedece a condiciones ambientales únicas y de alta fragilidad. Por ello cualquier acción que se desarrolle sobre los glaciares o en territorios circundantes puede afectarlos, y generar una gran vulnerabilidad para los ecosistemas de montaña, poniendo en riesgo a toda la población que se abastece aguas abajo gracias a los deshielos (PNUMA, 2004). En consecuencia, no sólo debe preocuparnos la amenaza del Cambio Climático sobre los glaciares, sino también se debe prevenir intervenciones antropicas negativas directas, provocadas por actividades extractivas o productivas de alto impacto ambiental.

La información científica compilada recientemente por Nicholas Stern, para el gobierno británico de Tony Blair, además de consignar los impactos del cambio climático sobre los territorios, el medio ambiente, la alimentación, la salud y la economía mundial; proyecta una grave crisis en el abastecimiento de agua, una de cuyas causas principales es el derretimiento de los glaciares. En referencia a América del Sur, el informe establece que: el aumento de solo un 1° en la temperatura a nivel global, (hecho que se prevé para el año 2020) hará desaparecer completamente los glaciares de los Andes, amenazando el suministro de agua de más de 50 millones de personas (Stern, 2006). A ello hay que agregar escasez de agua para la agricultura, el decrecimiento del potencial hidroeléctrico, y graves restricciones al desarrollo.

El informe reconoce que en la zona de los Andes en Sudamérica, el área cubierta de glaciares se ha reducido en un cuarto en los últimos 30 años, y que los glaciares de menor tamaño o

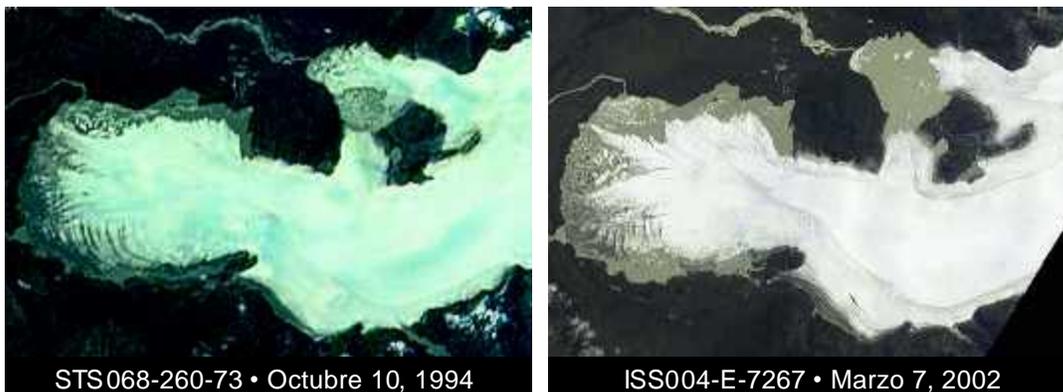
desaparecerán completamente en la próxima década, afectando gravemente a ciudades como La Paz y Lima, y a más del 40% de la agricultura de los valles andinos que dependen del caudal de recarga que proveen los glaciares. Se estima que más de 50 millones de personas en los países andinos se verán afectadas por disminución de agua proveniente del aporte de los glaciares (Stern, 2006).

Agrega Stern, que el derretimiento de los glaciares y la disminución de las nieves, además del cambio en los patrones climáticos que trae el calentamiento global, junto a fenómenos como el Niño aumentará el riesgo de inundaciones y provocará una drástica reducción de la provisión de agua para un sexto de la población mundial, especialmente en India, China y los países andinos de Sudamérica, en períodos de sequía. Adicionalmente el derretimiento y destrucción de glaciares elevará el nivel del mar, afectando casi 4 millones de kms² de territorios que hoy albergan a 5% de la población mundial (Stern, 2006).

En Perú, los expertos aseguran que dicho país perdió 20% de sus glaciares durante los últimos 30 años; y en base a ello predicen que todos los glaciares de dicho país, ubicados bajo los 5.500 metros de altura sobre el nivel del mar (es decir la mayoría de los glaciares peruanos) desaparecerán antes del 2015. Los funcionarios del Instituto Nacional de Recursos Naturales peruanos (BBC, 2006) señalan que su país es muy vulnerable al cambio climático debido a que la disminución de estas reservas de agua afectará gravemente a la mayoría de la población peruana que vive entre los Andes y el mar, y recibe el agua desde las montañas.

En el caso de Chile, un estudio del Departamento de Geografía de la Universidad de Chile, el Instituto Patagonia y el Centro de Estudios Científicos de Valdivia sobre el avance y retroceso de los glaciares a nivel nacional, concluyó, en base a una muestra de 100 glaciares (correspondientes a 5,6% de los glaciares chilenos), ubicados entre la III y la XII Región, que solo 6% presenta avances; 7% de ellos se encuentran estables y el 87% de ellos presenta evidentes retrocesos. Ello es coincidente con la tendencia mundial, en donde los estudios muestran que el mayor derretimiento de los glaciares ha sido la tónica de las últimas décadas. En Chile, los glaciares de la zona norte y centro del país son los más afectados por estas variaciones.

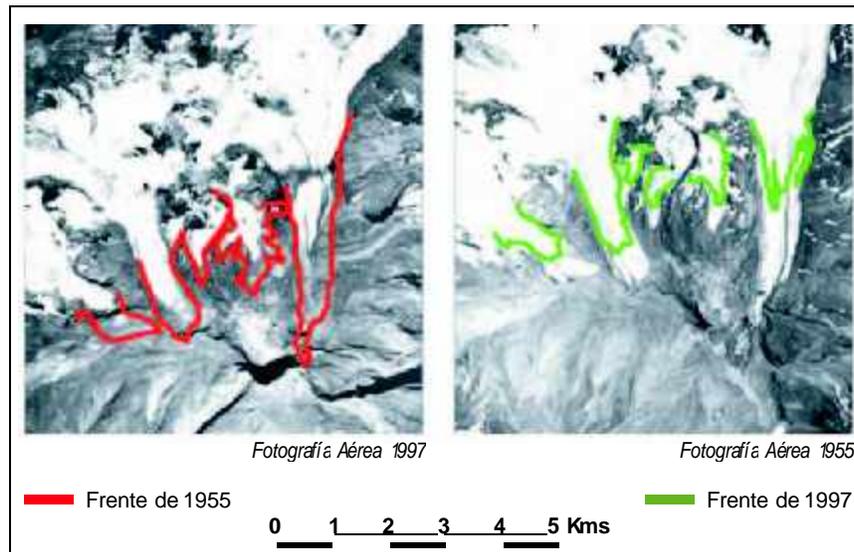
Glaciar San Rafael y San Quintín en el Campo de Hielo Norte, año 1994 y 2002



Fuente: Instituto Geográfico Militar. Presentación Grupo de Trabajo Conservación de Glaciares, 2006.

“Las variaciones recientes de los glaciares indican que hay un proceso de deglaciación en curso, el cual está afectando a todo el país, con mayor énfasis en la Patagonia desde el punto de vista del aporte en volumen equivalente de agua, pero más importante en Chile central por el porcentaje de pérdida de superficie de hielo” (Rivera et al. 2000). Como la disminución de las precipitaciones, seguirá afectando a los glaciares de los Andes, y con ello las reservas de agua dulce, es fundamental mantener un inventario y monitoreo de estos cuerpos de hielo.

Retroceso del Glaciar Juncal Sur entre los años 1955 y 1997



Fuente: Rivera et al. 2002, (en Presentación "Impacto de los Cambios Climáticos sobre los Glaciares y los recursos hídricos de Chile" Dr. Andres Rivera, 2006)

Pero los glaciares, como reservas estratégicas de agua dulce no solo están amenazadas por los cambios climáticos asociados al calentamiento global, sino también por actividades humanas que los afectan indirectamente, o que intervienen directamente los glaciares en las altas cumbres y cabeceras de cuencas. Es por ello que avanzar en su conocimiento y regulaciones específicas para su protección es una prioridad nacional.

Chile es un país montañoso, constituido en un 80% por montañas, debido a lo cual el 70% de la población se abastece de recursos hídricos provenientes de las zonas alto-andinas. La Cordillera de los Andes es el cordón montañoso más importante, y la zona donde se encuentran los glaciares, fuentes de agua congelada que, gracias a su proceso de acumulación y derretimiento, permiten la regulación hídrica del caudal en las diversas cuencas, abasteciendo a los ecosistemas, a la población y a las actividades productivas de gran parte del país.

Los glaciares existen a lo largo de todo el territorio nacional, y alcanzan un enorme tamaño en la zona austral, donde se encuentran los campos de hielo norte y sur. Su existencia tiene estrecha relación con las características de la cordillera de los Andes, y se distribuyen

desde los 6.000 metros de altura en el norte grande, hasta los fiordos y lagos de las regiones australes, donde glaciares como el San Rafael se ubican al nivel del mar. Los glaciares más estudiados por la comunidad científica son los glaciares blancos o de superficie, pues al ser totalmente visibles se facilita su identificación.

A nivel nacional los glaciares de mayor importancia para el abastecimiento de agua son aquellos que se encuentran en zonas que presentan períodos de déficit hídrico, es decir la zona central y norte de Chile. En estas regiones, durante los períodos de verano y de sequía, los glaciares son las principales fuentes de abastecimiento debido a su respuesta inversa al déficit hídrico. En dichos períodos de menor caída de nieve, aflora el hielo más antiguo y sucio, generándose menor reflectancia, y mayor absorción solar por parte del glaciar, y con ello mayor derretimiento. Al contrario, durante los años en que la nieve caída es mayor, la reflectancia aumenta, disminuyendo la fusión y la escorrentía de agua desde los glaciares (Milana, 1998).

En Chile, la comunidad científica ha inventariado parte importante de los glaciares del territorio nacional. Hasta el año 2002, da cuenta de un total de 1.751 glaciares catastrados, con un área de 15.260 kms² y estima que falta por inventariar un área englacada equivalente a 5.315 kms²; lo que representaría aproximadamente un total de 20.575 kms² de superficie glaciar a nivel nacional (glaciologia.cl "Inventario de Glaciares de Chile" 2002, y Rivera et al. 2002).

Aunque la zona norte (Regiones I, II, III y IV) del país posee un área reducida de glaciares; ello se debe a que en las cuencas de dichas regiones aún no se han inventariado los glaciares de roca; (es decir aquellos cubiertos por derrumbes de roca o aluviones), los cuales suelen ser abundantes en zonas áridas. En la zona central del país, entre la V y la VII Región, se ha inventariado 1.500 glaciares, equivalentes a 1.019,26 kms², superficie sólo superada por los Campos de Hielo Norte y Sur, ubicados en la zona austral, y que cubren 13.859 kms². En la zona sur, entre la VIII y X Región, los glaciares catastrados son 87, y corresponden a una superficie de 280.71 kms².

Los glaciares de mayor importancia para el abastecimiento humano, debido a la escasez de recursos hídricos, son aquellos ubicados entre la I Región y la Región Metropolitana. Por ello, independientemente del número y superficie de los glaciares de la zona norte, estos son fundamentales para sus cuencas. La actual información sobre los glaciares en Chile, identifica pocos glaciares en la zona norte y sur, y mayor cantidad en la zona central del país. Ello responde a que en las regiones del centro se han desarrollado mayor cantidad de estudios sobre los glaciares andinos, incluyendo los glaciares de roca en algunas cuencas.

Los científicos estiman que en la zona norte y parte del centro del país predominarían los glaciares cubiertos y de roca, sin embargo, la ausencia de un inventario completo de glaciares de roca limita bastante el diagnóstico nacional. El aporte de estos glaciares es fundamental en las cuencas de las regiones norte y centro del país que presentan períodos de déficit hídrico, pues aportan agua a los ríos en verano y otoño, época crítica para el riego agrícola, el abastecimiento humano y la generación hidroeléctrica. Sin glaciares Chile no podría sostener las hectáreas de riego existentes, no podría continuar su desarrollo minero e industrial, y vería muy disminuida su generación hidroeléctrica.

Inventario de Glaciares de Chile

Región administrativa	Cuenca hidrográfica	Número de glaciares	Área en kms ²	% de superficie con glaciares rocosos	Fuente
I	Norte Grande*	14	29,70	s/i	Garín (1987)
II	Norte Grande*	14	12,13	s/i	Garín (1987)
III	Norte Chico*	49	66,83	s/i	Garín (1987)
IV	Norte Chico *	11	7,02**	s/i	Garín (1987)
V	Aconcagua	267	151,25	s/i	Valdivia (1984)
Metropolitana	Maipo	647	421,9	39 %***	Marangunic (1979)
VI	Cachapoal	146	222,42	21 %	Caviedes (1979)
VI	Tinguiririca	261	106,46	3%	Valdivia (1984)
VII	Mataquito	81	81,91	s/i	Noveroy (1987)
VII	Maule	98	35,32	20 %	Comunicación personal G. Tapia (DGA)
VIII	Itata	s/i	15	s/i	Estimado Rivera et al. 2000
VIII-IX	Bío Bío	29	52,37	2 %	Rivera (1989)
IX	Imperial	13	18,72	26 %	Rivera (1989)
IX-X	Toltén	14	68,48	21 %	Rivera (1989)
IX-X	Valdivia	6	42,33	25 %	Rivera (1989)
X	Bueno	11	19,35	2 %	Rivera (1989)
X	Petrohué	12	60,57	11 %	Rivera (1989)
X	Mautín	1	2,84	0 %	Rivera (1989)
X	Chamiza	1	1,05	0 %	Rivera (1989)
XI	Campo de Hielo Norte	28	4.200	s/i	Aniya (1988)
XI-XII	Campo de Hielo Sur	48	9.659****	s/i	Aniya et al. (1996)
Inventariados	Total		15.260		
No inventariados	Área estimada		5.315		Rivera et al. (2002)
	Total	1.751	20.575		

Fuente: www.glaciologia.cl "Inventario de Glaciares de Chile" 2002, y Rivera et al. 2002 "Use of remotely sensed and field data to estimate the contribution of Chilean glaciers to eustatic sea level rise".

* Notas: Se trata de un inventario preliminar, donde los glaciares no están asociados a cuencas hidrográficas

** No incluye superficie de nieve semipermanente de 31kms² definida por GARIN (1987).

*** Denota glaciares de roca y cubiertos por detritos.

**** Incluye todos los glaciares del Campo de Hielo Sur CHS, menos aquellos cuyas superficies se encuentran principalmente en Argentina (Upsala, Agassiz, Onelli, Spegazzini, Mayo, Ameghino, Moreno y Frías).

Se estima que los glaciares de roca poseen un 50% de hielo en su estructura interna (Marangunic, 1979,a), sin embargo el hielo puede llegar a superar 80% de la masa glaciar, si el derrumbe rocoso solo cubre la superficie del hielo. Los glaciares de roca, aunque desde la superficie no son claramente identificables por estar cubiertos de material rocoso, al igual que los glaciares blancos o descubiertos aportan agua a las cuencas en verano, en otoño y en periodos de sequía (Croce y Milana 2002). Por ello muchas veces son los más importantes en las cuencas hídricas de zonas áridas, como el norte y centro de Chile; pues aunque su porcentaje de agua puede ser menor que los glaciares blancos, actúan como reservas hídricas fundamentales (Milana y Guell 2005).

La falta de un completo catastro nacional de glaciares dificulta el conocimiento y protección de los glaciares de roca pues no son fácilmente identificables por sistemas aéreos o satelitales. Sin embargo en regiones donde estos se han inventariado, tales como en la cuenca del Río Maipo en la Región Metropolitana, estos constituyen el 50% (326 glaciares) del total de 647 glaciares existentes en las hovas hidrográficas de los ríos Mancho, Colorado, Yeso.

Volcán y estero San José (Marangunic 1979^a). Los catastros existentes que incluyen registro de algunos glaciares cubiertos y de roca, presentan una disminución de estos a solo 17% en la cuenca del Cachapoal y a solo 3% en las cuencas más al sur.

El modelo de simulación de deshielos en la zona central de Chile, realizado por la Dirección General de Aguas-DGA en el Río Maipo, (donde 50% de los glaciares son de roca), establece que los glaciares de dicha cuenca en años de sequía, tales como 1968, 1969 y 1981, 1982 aportaron entre 30% de los recursos hídricos en años secos, y 67% del agua en años de extrema sequía (Peña y Nazarala, 1987), permitiendo de esta manera la mantención de los caudales y con ello el abastecimiento humano, el riego agrícola y la mantención de las actividades productivas. Estudios en la Cuenca del Río Colorado en la provincia de San Juan, Argentina en 1997, confirman también que en años secos, cuando la producción de agua disminuye por la escasez de nieve, el río Colorado mantuvo y aumentó la producción hídrica gracias a los glaciares de su cuenca.

Ambos ejemplos evidencian la urgencia de proteger los glaciares como fuentes y reservas estratégicas de agua dulce para la estabilidad de los ecosistemas; la seguridad del suministro para los asentamientos humanos, la generación eléctrica y el riego agrícola. Sin embargo aún no existe legislación nacional que permita proteger los glaciares; ellos no están considerados ni en el Código de Aguas, ni en la legislación sobre Parques Nacionales o instrumentos de ordenamiento territorial como ocurre en países como España, Francia, Canadá, Perú, Ecuador o Colombia. Mas aún, en Chile los glaciares ni siquiera existen en el marco jurídico vigente. es decir son un patrimonio ambiental fuera de la Ley.

Chile debe avanzar tanto en el conocimiento, como en el diseño de políticas públicas y legislación para la conservación de sus glaciares; debe revisar y regular las actividades realizadas en la alta cordillera que pudiese estar causando daños sobre los glaciares y debe protegerlos de los impactos causados por las actividades humanas, y mitigar aquellos impactos que genera el calentamiento global.

En cuanto al conocimiento sobre los glaciares, si bien es cierto la comunidad científica avanzó en catastrar parte importante de los glaciares blancos, y en algunas cuencas los de roca; es necesario reconocer que existen importantes vacíos que limitan el conocimiento sobre estas fuentes perennes de agua dulce, principalmente en las zonas norte y centro del país, situación que Chile debe resolver, para adoptar decididamente políticas de protección para todos los glaciares existentes en el territorio nacional.

Entre las prioridades de investigación el país requiere inventariar la totalidad de los glaciares de la zona norte, incluyendo glaciares blancos, cubiertos y de roca por cada cuenca hidrográfica, y completar las cuencas faltantes en la zona sur tales como la del río Itata; realizar mediciones de recarga de caudales proveniente de aporte glaciar en las cuencas hidrográficas, al menos en la zona norte y centro del país. Chile debe ampliar el estudio y monitoreo de los glaciares, ya que actualmente solo cuenta con los registros de balance de masa (a través de varias décadas) del glaciar Echaurren Norte, ubicado en la cuenca del Maipo a 3.750 m.s.n.m. que realiza la DGA. y del glaciar del Volcán Mocha. X Reación en

la cuenca del río Bueno, que realiza el Centro de Estudios Científicos de Valdivia. También el país debe iniciar estudios sobre la dinámica de los glaciares de roca y el permafrost, ya que la cantidad de agua almacenada en este último es completamente desconocida en Chile. Avanzar en información y conocimiento en estas áreas constituiría un aporte esencial a las estrategias de mitigación y adaptación del país frente a los impactos del cambio climático.

En cuanto al conocimiento actualmente existente sobre glaciares, es importante que la comunidad científica y las universidades accedan a la investigación que han realizado las empresas públicas y privadas, principalmente las mineras, sobre los glaciares de roca, ya que ese sector es el que posee mayor información sobre los glaciares de roca en algunas regiones.

Además de los desafíos vinculados a la necesidad de mayor conocimiento sobre los glaciares, Chile requiere un cambio en el enfoque de las políticas sectoriales y en los instrumentos de gestión de los recursos hídricos, hacia estrategias integradas, con criterios ecosistémicos, y que consideren las reservas de agua dulce en las cabeceras de las cuencas.

En su Política Nacional de Recursos Hídricos (DGA, 1999), la DGA expresa la necesidad de elaborar estrategias para enfrentar la disminución de los caudales, la contaminación de los ríos, la sobreexplotación de los acuíferos subterráneos y el acceso para los usuarios. Sin embargo no existe análisis suficiente ni medidas para proteger reservas estratégicas para el abastecimiento de agua dulce como son los glaciares. Tampoco considera los impactos que a mediano y largo plazo puede tener la intervención de los glaciares, por actividades extractivas o industriales, y sus consecuencias para el consumo humano, la economía y el abastecimiento de los ecosistemas naturales que proveen alimentos y energía para la población.

El sistema normativo chileno entrega a los poseedores de derechos de aprovechamiento de aguas libertades y facilidades para su obtención y uso, pero no les asegura que ese abastecimiento tendrá certeza en el futuro. La DGA sólo lo enfoca su análisis prospectivo en el aumento del consumo poblacional y de los diversos sectores productivos, pero no considera con profundidad eventuales escenarios restrictivos, ni el alto grado de vulnerabilidad que provoca la disminución de agua dulce por destrucción de la fuente.

Las perspectivas futuras muestran una situación muy restrictiva con respecto al agua en nuestro país, ya que se estima que para el 2017 las diversas actividades mineras e industriales y el consumo humano aumentarán la demanda al doble, y en un 20% el uso para riego (DGA, 1999). Esta situación evidencia que los patrones de gestión y consumo actual deben cambiar, en base a una mayor conciencia sobre la escasez del recurso, debiendo hacerse más eficiente el consumo por habitante; y mejorar las tecnologías de riego y de utilización industrial. También es perentorio proteger las fuentes y reservas naturales de agua como los glaciares, para asegurar que las perspectivas de abastecimiento futuro no pondrán en riesgo el requerimiento de los ecosistemas, de las actividades económicas y las necesidades humanas básicas.

El principal cuerpo legal en torno al agua en Chile, el Código de Aguas, no considera a los glaciares como parte de su área de regulación, pues sólo lo norma las aguas líquidas, no incluyendo las sólidas. Esta situación aunque poco comprensible debe considerarse una ventaja, ya que dado el sentido mercantil que da a la gestión del agua el Código chileno, su inclusión significaría más bien una amenaza. Sin embargo, como los glaciares tampoco se incluyen en ninguna otra Ley, se encuentran en un grave vacío legal, que ha llevado a su intervención indiscriminada en ciertas regiones del país.

Hasta ahora el único reglamento que ha regulado actividades en altas cumbres donde existen glaciares es el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), y lo ha hecho proyecto por proyecto, estableciendo medidas de mitigación incapaces de protegerlos. Lamentablemente debido al limitado conocimiento que los tomadores de decisiones tienen sobre el tema, y la ausencia de una institucionalidad responsable de estas reservas estratégicas, se carga de una nueva responsabilidad al SEIA, a expensas de tener que resolver el tema de los glaciares proyecto por proyecto, y arriesgándose a cometer errores como en el reciente caso Pascua Lama, poniendo en alto riesgo a los glaciares.

Impactos antrópicos sobre los Glaciares Toro 1 y Toro 2 en el valle del Huasco
(fotos aéreas años 1955, 1981 a 2000)



Fuente: Golder Associates, 2005.

La iniciativa del actual gobierno de desarrollar una Estrategia Nacional de Cuencas, cuyo gran objetivo es el manejo integrado de cuencas, implica una reforma positiva y sustantiva que cambia totalmente el enfoque sectorial que ha dominado la gestión del agua y del territorio en Chile. De implementarse, permitirá una gestión integral de todos los componentes ambientales y socio-económicos que se encuentran en una cuenca, considerando a esta última como «la unidad de manejo ambiental» (Uriarte, 2006), para un nuevo ordenamiento; y adicionalmente haría más eficiente, democrática y transparente la gobernabilidad territorial. La Estrategia Nacional de Cuencas al considerar la cuenca como unidad fundamental de la gestión integrada de los recursos naturales, y la planificación ecológica, sin duda facilitará la protección de las cabeceras de cuenca, en donde se originan los caudales y se encuentran los glaciares, bases fundamentales que asegurará la sustentabilidad de los recursos hídricos y naturales de toda la cuenca.

La Estrategia Nacional de Cambio Climático, aprobada en 2006 por el Consejo de Ministros de CONAMA, también evidencia la enorme vulnerabilidad que tiene Chile respecto a la disponibilidad de recursos hídricos, especialmente en la zona norte y central del país, y reconoce que el país enfrentará una intensificación de la aridez y un avance del desierto hacia el sur (Comité Nacional Asesor sobre Cambio Global, 2006). Este hecho agrega mayor urgencia a abordar con celeridad el resguardo y protección de los glaciares como reservas estratégicas de agua dulce.

La Estrategia de Biodiversidad y las regulaciones del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), que tienen como objetivo mantener áreas representativas de la diversidad ecológica, paisajes o formaciones geológicas naturales; mantener y mejorar los sistemas hidrológicos naturales y preservar y mejorar los recursos escénicos, también constituye un sistema normativo sinérgico con la protección de los glaciares. Sin embargo hay que reconocer que hoy no existe información sobre los glaciares presentes en el SNASPE, por lo que es perentorio georeferenciar aquellas superficies indicadas en el Inventario de Glaciares con respecto a la superficie del SNASPE, por cuanto al menos los glaciares de dichas áreas estarían más protegidos.

El desafío y la urgencia de proteger los glaciares es un requerimiento transversal a muchas políticas, estrategias y planes de la política pública; siendo también transversal a varias instituciones públicas, privadas y científicas. Por ello el gran desafío al momento de proteger los glaciares, es lograr una legislación específica que inserte simultáneamente mecanismos y atribuciones en las políticas sectoriales para el logro de este objetivo.

Ante la importancia de los glaciares tanto para el abastecimiento ecosistémico, humano y de las actividades productivas; y el desconocimiento que los tomadores de decisión a nivel regional tienen sobre estos cuerpos de hielo y su vulnerabilidad, es perentorio que se genere una normativa específica que los proteja como reservas de agua dulce, y como sistemas naturales de regulación hídrica. Dado el carácter transversal de la relevancia y servicios que proveen los glaciares y las atribuciones diferenciadas de los servicios públicos sobre estos, se hace necesaria la creación de una institución independiente, con atribuciones propias y que integre a todos los órganos competentes en el tema, tanto del ámbito público, como académico, privado y no gubernamental; incluyendo atribuciones que le permita tener un registro actualizado de glaciares, supervisar su monitoreo y fiscalización; además de proponer normativas e instrumentos para mejorar su conocimiento y protección.

Hoy existe gran preocupación en la comunidad científica, los líderes políticos y la ciudadanía por la disminución de los glaciares. A ello se suma la preocupación de los agricultores, los generadores eléctricos, la minería y el turismo, que dependen de los valores paisajísticos y los recursos hídricos que proveen los glaciares para sus actividades productivas. Adicionalmente el país, dado sus niveles de vulnerabilidad, y sus compromisos internacionales, debe diseñar a la brevedad una Estrategia de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático. Es por ello que es hoy cuando Chile enfrenta una oportunidad histórica de avanzar en el conocimiento, la legislación y la institucionalidad para la protección de los glaciares que existen en su territorio.



CAPITULO

7.

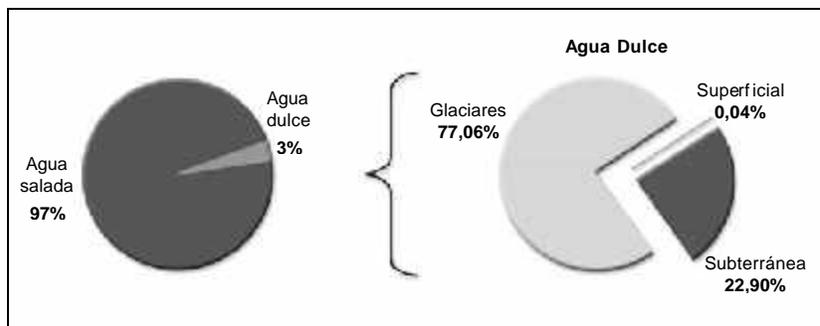
LA IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DE LOS GLACIARES¹

1.1- Los glaciares: reservas de agua dulce

El agua dulce corresponde sólo al 3% del total de agua existente en el planeta; es el elemento esencial para la sobrevivencia y el desarrollo de los seres humanos y de los ecosistemas continentales. De ese 3% de agua dulce, un 77,06% está congelada (Global Water Partnership-GWP, 2000), en los polos o en los glaciares de latitudes medias, llamados glaciares de montaña. Estos glaciares presentes en zonas montañosas juegan un rol fundamental en la regulación hídrica de las cuencas, y son un factor importante en el abastecimiento humano en regiones que presentan grandes densidades poblacionales, y que frecuentemente se ven enfrentadas a períodos de escasez de agua.

Más del 97% de los recursos hídricos mundiales (ver Figura 1) corresponden a agua salada. El 3% restante corresponde a agua dulce, su volumen se estima en aproximadamente 37 millones de km³; un 77,06% de ella está congelada, ya sea en polos o glaciares de latitudes medias (28,51 millones de km³), un 22,9% se encuentran subterráneamente (8,47 millones de km³) y solamente el 0,04%, equivalente a 15.000 km³, aparece superficialmente en ríos y lagos (Diez-Cascón, 2003). Se estima que un volumen de 42.750 km³ se renuevan anualmente (Global Water Partnership-GWP, 2000). Es así como el agua disponible para el abastecimiento humano es mínima en comparación con el volumen total del recurso, situación que se prevé será crítica si se considera que la demanda por agua en el futuro aumentará a tasas de 2% al 3% anual.

Figura 1
Total de Recursos Hídricos Mundiales



¹ Los capítulos 1, 2 y 3 de este libro han sido editados en base al texto elaborado por Roxana Bórquez González, investigadora asociada al Instituto de Ecología Política.

Chile es un país montañoso donde el 70% de la población se abastece del agua proveniente de las zonas alto-andinas. La Cordillera de los Andes, el cordón montañoso más importante del país, posee gran cantidad de glaciares, fuentes de agua congelada que, gracias a su proceso de acumulación y derretimiento, abastecen a los ecosistemas, a la población y a las actividades productivas del país.

En Chile es posible encontrar glaciares en toda la zona cordillerana, desde las regiones del extremo norte hasta el extremo sur del territorio nacional. La zona norte y centro, por sus condiciones climáticas, presentan períodos estivales muy secos o épocas de sequía prolongada en las cuales los glaciares son fundamentales para el mantenimiento del caudal de los ríos, debido a que justamente en estos períodos generan las mayores tasas de derretimiento². En la zona sur y austral del país, donde existen abundantes precipitaciones durante gran parte del año, y donde en general no existen grandes problemas en el abastecimiento de agua, los glaciares no son determinantes para el abastecimiento poblacional y las actividades productivas, pero sí para los ecosistemas locales y para el análisis y generación de conocimientos sobre el cambio climático y el aumento del nivel de los océanos.

A nivel mundial el aumento de conflictos en torno al acceso al agua, producto de su escasez o contaminación, ha creado una conciencia sobre la importancia del cuidado y mantenimiento de las diversas fuentes naturales de este recurso, entre ellas los glaciares. Los cuales además sufren efectos adversos producto del calentamiento global. La preocupación por la situación futura de los glaciares en Chile se genera por la reciente amenaza de que han sido objeto por proyectos mineros y debido a los altos grados de vulnerabilidad de las reservas de agua dulce en zonas andinas a los que se han visto enfrentadas estas fuentes de agua dulce debido al retroceso de los glaciares, particularmente en latitudes medias, los posibles efectos del cambio climático y a las intervenciones directas e indirectas de los proyectos productivos, principalmente mineros, que se desarrollan en zonas alto andinas. En nuestro país no existe una normativa que proteja los glaciares y regule las actividades desarrolladas en las zonas donde estos se encuentran cercanos.

1.2- Proyecciones de demanda de agua dulce a nivel mundial

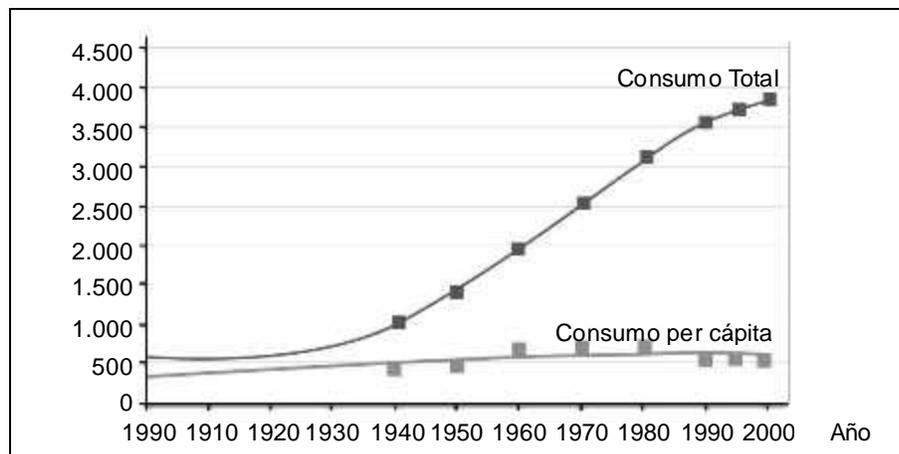
El aumento demográfico, los patrones de consumo, el incremento de la producción y la insuficiente protección de este recurso a nivel mundial han provocado un aumento de la contaminación de las aguas, una mayor competencia por estas y una degradación progresiva del medio ambiente.

² Los glaciares presentan respuesta inversa al déficit hídrico, ya que en períodos secos y con menor caída de nieve aflora el hielo más antiguo y sucio, provocando menor reflectancia, con lo cual el glaciar absorbe más energía solar, ocasionando un mayor derretimiento. Al contrario, los años en que la nieve caída es mayor, la reflectancia aumenta, disminuyendo la fusión y la escorrentía de agua (Milana, 1998).

Al analizar la distribución mundial del agua, las cifras muestran que ésta se reparte desigualmente en las diversas regiones del planeta. Asia cuenta con el 32% del total de agua disponible, América del Sur con el 28%, América del Norte con un 18%, y la suma de África, Europa y Oceanía, en conjunto, sólo lo un 22% (Global Water Partnership-GWP, 2000). El que Asia y América del Sur posean el 60% del total de agua dulce disponible mundialmente, podría hacer pensar que los problemas y grados de conflictividad en ambas regiones son mínimos; sin embargo su desigual distribución territorial provoca situaciones críticas. Un análisis por países en América del Sur muestra que Paraguay cuenta con 57.720 m³/hab/año, unas 37 veces más agua que Perú, país que cuenta con sólo un promedio de 1.548 m³/hab/año, lo cual corresponde a una situación crítica, acercándose a los umbrales mínimos que ha establecido Naciones Unidas y muy por debajo de las cantidades mínimas presentadas por otras instituciones. Las cifras que conocemos a nivel país también muestran el promedio de la realidad nacional, por tanto la situación interna local de cada nación puede ser mucho más crítica en algunas zonas y más holgada en otras.

Como muestra el Cuadro 1, en la primera treintena del siglo XX el consumo de agua a nivel mundial se mantuvo con pocas variaciones, semejante al consumo per cápita, pero desde 1930 se ha provocado un aumento progresivo, generado entre otros motivos, por la diversificación masiva de actividades productivas que necesitan altos volúmenes de agua para su desarrollo. Al analizar las tendencias del incremento del consumo humano de agua versus el aumento demográfico de la población, queda latente que el crecimiento de ambos ha sido dispar, ya que si bien la población mundial se cuadruplicó durante el siglo XX³, el consumo de agua se ha sextuplicado⁴ (Gleick, 1998; Global Water Partnership (GWP) y Technical Advisory committee (TAC), 2000).

Cuadro 1
Consumo de agua total y per cápita a nivel mundial



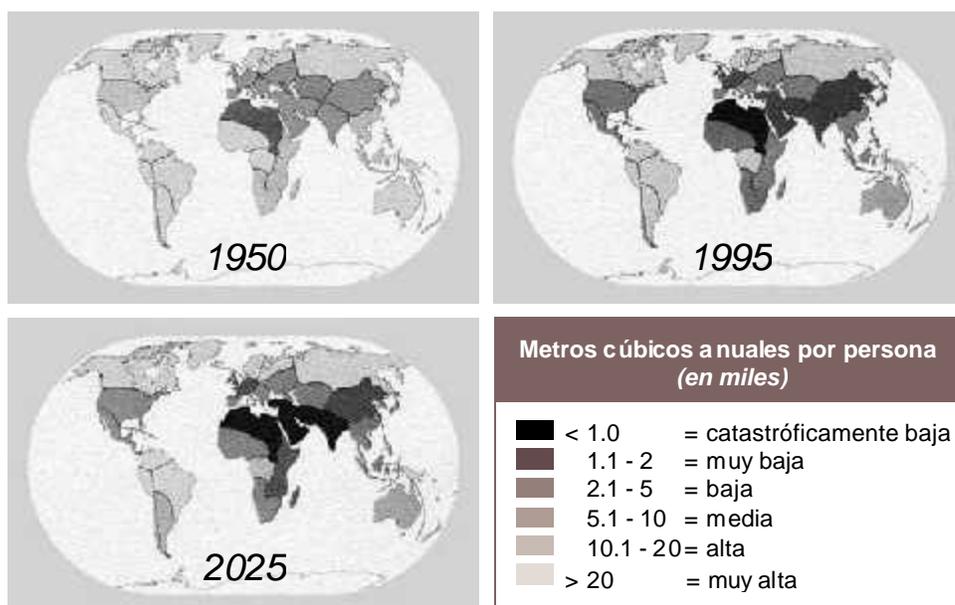
Fuente: gráfico extraído de Gleick (1998).

³ En 1900 la población mundial era aproximadamente 1.600 millones habitantes y en 1995 se incrementó a alrededor de 6.000 millones de habitantes.

⁴ Sólo en los 40 últimos años del siglo XX el consumo de agua aumentó aproximadamente 2.000 kms³.

El recurso agua no tiene sustitutos de ningún tipo. Esto ha provocado una creciente preocupación pues actualmente 31 países, ubicados principalmente en África y cercano oriente, se encuentran en condición de estrés o tensión hídrica⁵. Adicionalmente, por lo menos un tercio de la población mundial ya ha presentado conflictos sociales, políticos, económicos o ambientales cuya causa principal es la cantidad o calidad de los recursos hídricos disponibles. Para el año 2025 se estima que el 35% de la población mundial, correspondiente a 48 países con un total aproximado de 2.800 millones de habitantes, estará en la categoría países con "escasez de agua"⁶, y aproximadamente el 70% de la población mundial presentará diversos grados de conflictividad (Hinrichsen, Robey y Upadhyay, 1998). La Figura 2 exhibe una secuencia del cambio en el escenario mundial de disponibilidad de agua per cápita entre los años 1950 a 1995, y sus proyecciones para el año 2025. En las imágenes es posible notar que las regiones y las zonas gris claro muestran buena disponibilidad de agua, pero a medida que el color gris se oscurece presentan mayores problemas de escasez hasta llegar al color negro, que corresponde a una disponibilidad catastróficamente baja. La secuencia de imágenes refleja el progresivo problema de escasez hídrica que ha sufrido el planeta a través del tiempo, siendo alarmantes las proyecciones para el año 2025.

Figura 2
Mapa mundial de la variación de disponibilidad de agua por habitante



Fuente: UNESCO, 1999

⁵ Un país tiene estrés o tensión hídrica cuando el suministro anual de agua dulce renovable está entre los 1.000 y 1.700 m³/hab. Esos países probablemente experimenten condiciones temporales o limitadas de escasez de agua (Hinrichsen, Robey y Upadhyay, 1998; Global Water Partnership-GWP, 2000).

⁶ Si bien existen variadas opiniones, el consenso de los científicos ha llevado a considerar las cifras presentadas por las Naciones Unidas que indican que un país tiene escasez de agua cuando el suministro anual de agua dulce renovable es inferior a 1.000 m³ por persona. Los países con esta condición posiblemente experimenten condiciones crónicas y extendidas de escasez de agua que han de obstruir su desarrollo (Hinrichsen, Robey y Upadhyay, 1998; Global Water Partnership-GWP, 2000).

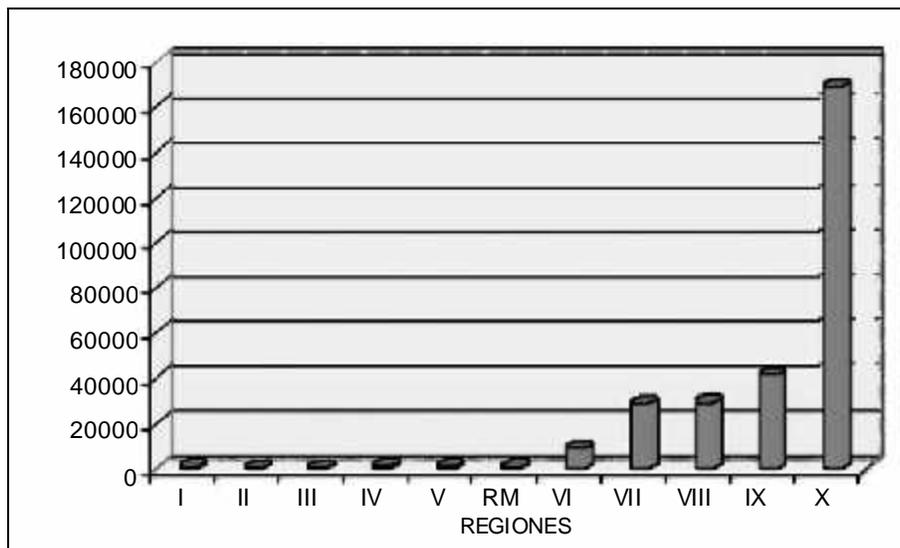
El escenario actual y futuro muestra un consumo de agua que está por sobre los niveles capaces de ser sustentados, ya que se debe tomar en cuenta que el agua disponible en el mundo no es sólo lo necesaria para la población humana, sino que para todas las especies y ecosistemas del planeta.

Además de los altos niveles de consumo es fundamental considerar los altos grados de contaminación que presentan las diversas fuentes de recursos hídricos producto de los desechos que generan las distintas actividades humanas y los conflictos generados por el uso de recursos compartidos entre país.

1.3- Proyecciones de demanda de agua dulce a nivel nacional

Si bien América del Sur cuenta con un 28% del agua disponible a nivel mundial, la distribución de este recurso no es homogénea en los países de la región, ya que existen amplias zonas en Chile, Argentina, Bolivia, Perú y Brasil, con condiciones áridas y semiáridas (Global Water Partnership-GWP, 2000). En Chile estas diferencias son evidentes, como se observa en la Figura 3, ya que mientras en la I y la III Región del país la disponibilidad aproximada de agua es de 500 m³/hab/año, cifra considerada internacionalmente restrictiva; en las regiones del sur del país la disponibilidad puede sobrepasar los 9.000 m³/hab/año, muy por sobre los umbrales internacionales (Brown y Saldivia, 2000; Dirección General de Aguas, 1999).

Figura 3
Disponibilidad de agua por habitante

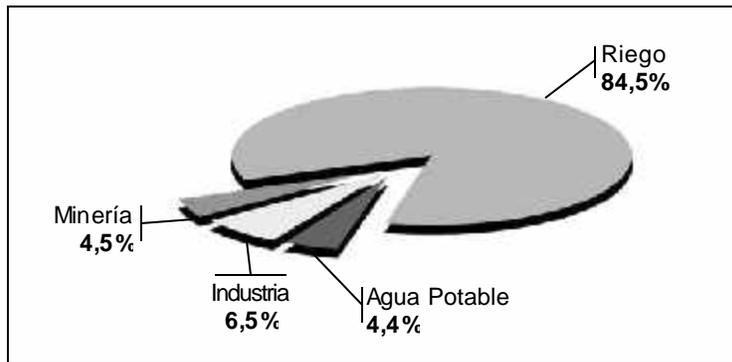


Fuente: Dirección General de Aguas, 1999.

En Chile, el análisis territorial de los tipos de uso que se le da al agua, según el último balance hídrico de la Dirección General de Aguas (1999), muestra que la agricultura ocupaba el 84% de la demanda total del recurso de uso consuntivo (ver Figura 4), sólo disminuyendo

en las zonas extremas del país donde compite en mayor grado con la minería e industria. En el caso del consumo de agua potable los valores son más equilibrados y mucho menores que los correspondientes a las actividades productivas. Si se compara con el consumo en países desarrollados o aquellos con similares niveles de desarrollo, el consumo de Chile está muy por sobre las tasas extranjeras, reconociéndose que las demandas de agua existentes generan una extraordinaria presión sobre los recursos hídricos.

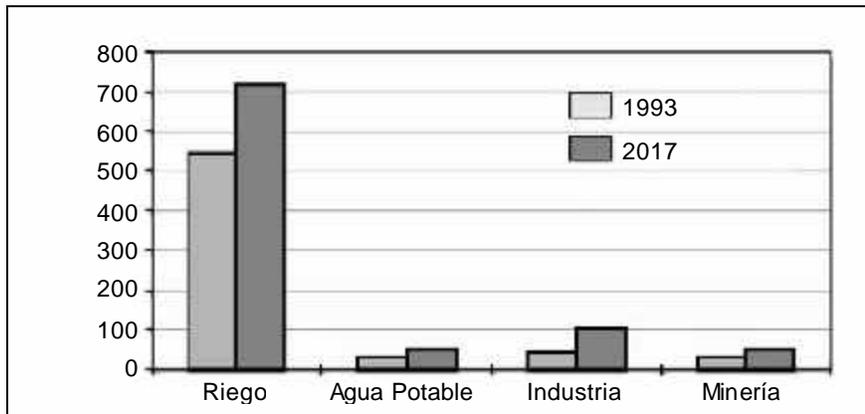
Figura 4
Demanda actual de recursos hídricos en Chile según actividad productiva



Fuente: Dirección General de Aguas, 1999.

Actualmente, en algunas regiones del país se utiliza el total de la disponibilidad natural de agua (Programa Chile Sustentable, 2004), cifra que preocupa al tener en cuenta las proyecciones realizadas en 1999 por la Dirección General de Aguas que estima que para el año 2017 las diversas actividades productivas y el consumo humano aumentarán al doble y en un 20% el uso de agua para riego, esperándose condiciones altamente restrictivas para algunas actividades económicas y para la protección de los ecosistemas.

Figura 5
Proyecciones de la demanda nacional de recursos hídricos al año 2017



Fuente: Dirección General de Aguas, 1999.

Para el 2025 las proyecciones continúan en la misma tendencia, pero tienden a ser más discretas, ya que en el caso del riego se estima que entre los años 1995 y 2025 se incorporarán 114.270 nuevas hectáreas y se mejorará la infraestructura de riego de otras 236.000 hectáreas ya existentes, con los consiguientes nuevos requerimientos de agua que harán aumentar entre un 9% y un 15% el consumo actual para este fin⁷, debido principalmente a una mayor eficiencia en el uso de este recurso. En el caso del agua potable se prevé para 2025 un aumento poblacional de un 28,5% con respecto a 2000⁸, y un crecimiento de la demanda por agua potable de 19,4%. En el caso de la minería e industria, que evolucionan en forma similar al Producto Interno Bruto, provocarán un aumento de la demanda que será limitada regionalmente por la disponibilidad de agua, pero cuyas cifras serán mucho mayores a las demás formas de uso (Brown y Saldivia 2000)

Cuadro 2
Disponibilidad de Agua en Chile

Región	Disponibilidad de recursos renovables per cápita (indicador Falkenmark)		
	[m ³ /hab/año]		
	2000	2005	2025
I	1.280	1.190	929
II	311	293	240
III	656	608	468
IV	2.452	2.295	1.841
V	1.224	1.161	983
RM	730	682	544
VI	8.759	8.247	6.779
VII	27.589	26.521	23.773
VIII	27.116	25.814	22.206
IX	37.551	35.764	30.814
X	153.150	145.743	125.274
XI	3.362.822	3.143.550	2.508.208
XII	2.023.658	1.955.320	1.795.419
Total per cápita país	60.998,52	57.509,66	47.414,61

Fuente: Brown y Saldivia (2000).

La disponibilidad de agua per cápita por región del país (en Cuadro 2), muestra claramente que para los próximos 20 años disminuirá la disponibilidad de agua por habitante, estimándose que entre el año 2000 y 2025 se reducirá en un 22,26% aproximadamente, porcentaje que genera una gran preocupación, ya que Naciones Unidas (1994, citado por Global Water Partnership-GWP, 2000) considera que 1.000 m³/hab/año es el valor umbral que genera escasez de agua crónica "suficiente para impedir el desarrollo y afectar seriamente la salud humana".

⁷ La demanda bruta de agua en 1995 de 17.275 Hm³/año y las proyecciones para el año 2025 variarán entre 18.916 Hm³/año y 20.557 Hm³/año (Brown y Saldivia, 2000).

⁸ Las cifras se calcularon según los datos extraídos de Brown y Saldivia (2000) que indican una población a 2000 de 15.211.308 habitantes y para 2025 una población estimada de 19.548.956.

Según las cifras de la ONU, tres regiones del país, incluida la Región Metropolitana, ya en el año 2000 estuvieron bajo los mínimos aceptables. Para el año 2025 esta cifra bajo mínimos aceptables aumentará a 5 regiones (I, II, III, V y Región Metropolitana).

Las zonas más críticas se encuentran desde la I Región hasta la Región Metropolitana; en ellas se advierte una evolución decreciente de la disponibilidad, tendencia observable también a nivel nacional.

Entre 1990 y 2002 la extracción de aguas subterráneas aumentó en 160% debido a que los caudales superficiales fueron incapaces de abastecer las demandas actuales por el recurso, principalmente en el norte del país, donde la Pampa del Tamarugal y Copiapó son los sectores de mayor extracción a nivel nacional (Brown y Saldivia, 2000; Organización de Cooperación y Desarrollo Económico-OCDE- y Comisión Económica para América Latina y el Caribe-CEPAL, 2005). De incrementarse la explotación de acuíferos subterráneos sin lograr su adecuada recarga, se provocará un aumento de los niveles de escasez de agua, acrecentando los problemas que ello acarrea.

La preocupación por la escasez del agua ha aumentado, es así como la Política Nacional de Recursos Hídricos elaborada por la Dirección General de Aguas (1999) expresa que las demandas actuales por agua generan una extraordinaria presión sobre los recursos hídricos, viéndose reflejada en las diversas cuencas desde la Región Metropolitana al norte, donde las demandas por el recurso superan el caudal disponible.

Es en estas regiones donde existe mayor escasez de agua, por lo que el aporte de las nieves y glaciares comienza a tomar gran preponderancia, ya que se conjugan tres factores:

- 1) Ríos con origen nival, que generan aumento de caudales en períodos de primavera-verano, donde el clima árido y semiárido presenta su mayor agudeza producto de la ausencia de precipitaciones estivales (excepto entre los 18° y 23° latitud sur, en donde se desarrolla el invierno altiplánico).
- 2) Mínimo aporte de las precipitaciones producto de la variación latitudinal de estas (disminución progresiva de precipitaciones desde el sur al norte del país).
- 3) Variado aporte de las precipitaciones en una misma región debido a la variación altitudinal de estas, teniendo como producto lluvias reducidas hacia la costa y en aumento hacia la Cordillera de los Andes⁹, en donde se encuentran los glaciares, generando una mayor acumulación de nieves. y con esto, un aumento de aporte a los caudales aguas abajo.

⁹ Los climas de la III y VI Región son un ejemplo. La III Región de clima desértico, presenta precipitaciones que aumentan según latitud y altura, siendo más abundantes en la zona cordillerana, por sobre los 2.000 metros (Dirección Meteorológica de Chile, s.a.). La VI Región muestra una zona costera con precipitaciones que pueden variar entre los 500 y 800 mm/año, con una estación seca prolongada (7 a 8 meses), una depresión intermedia que disminuye levemente sus precipitaciones, con respecto a la anterior y cuya estación seca tiene las mismas características, y una zona cordillerana, por sobre los 800 m.s.n.m., cuyo relieve provoca grandes variaciones en el clima, con un aumento de la precipitación a cerca de 1.000 mm anuales, contando con una estación seca que sólo se prolonga por 4 ó 5 meses, con precipitación invernal principalmente sólida (Dirección Meteorológica de Chile, s.a.).

Por lo tanto, si se considera que la población del país se distribuye principalmente desde la costa hasta los 1.000 m.s.n.m., al analizar la situación del norte y centro de Chile, se desprenden condiciones de baja precipitación concentradas en meses de invierno, principalmente en la cordillera, generando largos períodos anuales de sequía, por lo que el aporte de nieves y glaciares es fundamental para abastecer los acuíferos superficiales y subterráneos, con el consecuente abastecimiento de los ecosistemas y la población aguas abajo.



CAPITULO

2.

GLACIARES: DEFINICIÓN Y ESTADO DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO EN CHILE

2.1- Definición y caracterización.

Actualmente, la Real Academia de la Lengua Española define al glaciar como una “masa de hielo acumulada en las zonas de las cordilleras por encima del límite de las nieves perpetuas y cuya parte inferior se desliza muy lentamente, como si fuese un río de hielo”.

La definición científica más usada en Chile es la presentada por Lliboutry (1956) que indica como glaciar a “toda masa de hielo perenne, formada por acumulación de nieve, cualquiera sean sus dimensiones y su forma (...) que fluye bajo su propio peso hacia las alturas inferiores”. Algunos estudios advierten que la nieve estacional o invernal también puede presentar flujo, que pueden existir masas de hielo perenne de grandes dimensiones que no presentan flujo y que los glaciares activos pueden llegar a estancarse (Marangunic, 1979a).

Años después (Garín, 1986), indica que “en general se entiende por glaciar a una acumulación sobre tierra, de hielo perenne que fluye lentamente por reptación debido a su propio peso hacia alturas inferiores”, que como se observa no difiere mucho de la definición realizada por Lliboutry (1956).

La búsqueda de una definición más adecuada al contexto nacional deja latente que la mayoría de las publicaciones científicas sobre glaciares que es posible encontrar en el país no presentan definiciones y si lo hacen, exponen lo antes enunciado por Lliboutry (1956) con la complementación de Marangunic (1979a), posiblemente debido a que tratan temas glaciológicos más complejos. Por ello uno de los desafíos es unificar criterios que hagan posible comprender “qué se entiende por glaciar”, que permita posteriormente una correcta identificación de ellos.

A partir del año 2005, y a consecuencia de la preocupación nacional por el intento de remoción de glaciares por parte de la minera canadiense Barrick Gold, para desarrollar su proyecto Pascua Lama en la zona cordillerana de la Comuna de Alto del Carmen en la III Región del país, se desarrollaron dos iniciativas parlamentarias de proyectos de ley para la protección de glaciares, la primera desde la Cámara de Diputados¹⁰, y la segunda desde el Senado¹¹ (Cuadro 3).

¹⁰ Realizada por el ex Diputado Leopoldo Sánchez, que “establece la prohibición de ejecutar proyectos de inversión en glaciares” (2005).

¹¹ Realizada por el Senador Antonio Horvath, titulada “Proyecto de Ley sobre valoración y Protección de los glaciares” (2006).

Cuadro 3
Definiciones de glaciares en Chile

Iniciativa	Definición de Glaciares
Cámara de Diputados	Sin definición.
Senado	Ecosistemas constituidos por grandes masas de hielo, con o sin agua intersticial, de límites bien establecidos, originados sobre la tierra por metamorfismo a hielo de acumulaciones de nieve, y que fluyen lentamente deformándose bajo el influjo de la gravedad y según la ley de flujo de hielo, y por un lento deslizamiento sobre el lecho basal si el hielo está a 0°C. En las masas de hielo existen una variada cantidad de impurezas, esencialmente de material detrítico, desde virtualmente imperceptibles hasta algo más de 20%; el material detrítico es principalmente de origen rocoso, en tamaño desde grandes bloques a finas partículas de arcilla, que caen desde las laderas sobre el glaciar o son llevadas por el viento y se incorporan a las masas de nieve y hielo, y también fragmentos erosionados en la base del glaciar e incorporados al hielo de su base. El detrito rocoso puede cubrir íntegramente un glaciar. Una parte menor de detrito en los glaciares suele ser orgánico (fragmentos y especímenes enteros) y provienen principalmente del arrastre eólico hasta la superficie del glaciar donde se incorpora a la masa de hielo. En algunos glaciares existe toda una biodiversidad propia de este ecosistema.
Grupo de Trabajo de Conservación de Glaciares, Chile Sustentable, IGM, SNA	Toda masa de hielo perenne que fluye lentamente, con o sin agua intersticial formado sobre la tierra por metamorfismo a hielo de acumulaciones de nieve, ubicados en diferentes ecosistemas, cualquiera sea su forma, siendo parte constituyente de cada glaciar el material detrítico rocoso y lagunas que se encuentren en su superficie.

Fuente: Grupo de Trabajo de Conservación de Glaciares, junio 2006.

En la última definición se integra a glaciares de roca y cubiertos y además se considera al cuerpo de hielo como parte constituyente del ecosistemas en donde se emplaza, entregándole valores ambientales y escénicos necesarios para la conservación de la biodiversidad, el abastecimiento de las cuencas hidrográficas y la recarga de cauces superficiales y aguas subterráneas, simplificando y clarificando la definición y variadas funciones y características de los glaciares.

2.2- Origen de los glaciares chilenos

El origen de los glaciares de latitudes medias en la Cordillera de los Andes se debe a dos grandes factores, el primero, la elevación tectónica de dicha cordillera comenzada en el Neógeno y, segundo, las grandes fluctuaciones de las temperaturas mundiales ocurridas en el Cuaternario (últimos 2 mil millones de años), provocando las edades glaciares e interglaciares. En resumen, la elevación de los Andes generó un macizo montañoso de gran altura que luego, debido a las últimas glaciaciones del Cuaternario, permitieron la formación de glaciares en las regiones altas de las zonas templadas, manteniéndose hasta hoy debido a las bajas temperaturas presentes en los sectores altoandinos. Posterior a esto.

en la época actual, una fase relevante para los cuerpos de hielo corresponde a la Pequeña Edad de Hielo, producida entre los siglos XV y XIX, considerada como el último período de enfriamiento de la tierra, con disminución de temperaturas terrestres de entre 0,6°C y 1°C, provocando avances importantes de los glaciares en el mundo (Villagrán, 1991; Alonso, 2005).

La formación de glaciares se debe al proceso de transformación de nieve a hielo, conocido como diagenesis. Dicho proceso se genera por apisonamiento de hielo en sucesivos estratos de acumulación, con su consiguiente pérdida de burbujas de aire, aumentando la densidad de los granos que lo constituyen, pasando de textura suave y esponjosa a granular y más dura (Rivera, 1990).

Existen diversos factores que influyen en la formación y mantención de un glaciar y que los hacen responder de forma distinta a estímulos del medio, entre ellos, los factores topográficos, como la hipsometría de las cuencas (altitudes de una cuenca) y la geometría de los valles. Los factores glaciodinámicos, como la velocidad del hielo, los ciclos de calving¹², surges¹³, entre otros; y los factores climáticos, como la temperatura, precipitación y línea de nieve. Todos estos factores configuran un sistema glaciar-clima-topografía dinámico y complejo (Escobar et al., 1995; Acuña, 2001).

Los glaciares pueden ser clasificados según variados aspectos. Existen categorías utilizadas con mayor frecuencia:

Según Morfología o forma: islandis¹⁴, glaciares de piedmont¹⁵, glaciares de valle¹⁶, glaciares en calota¹⁷, glaciares de cráter o entorno convergente¹⁸, glaciares de montaña¹⁹, glaciares de circo²⁰, glaciaretas²¹ (Rivera, 2005; Centro de Estudios Científicos y Universidad de Chile).

Según dinámica: glaciares activos, pasivos e inactivos, los primeros presentan un flujo rápido de las masas de hielo, con buena alimentación y balance de masa positivos; los

¹² Cuando el frente del glaciar está en contacto con el agua, perdiendo gran parte de su masa con el desprendimiento de témpanos.

¹³ Incremento repentino de la velocidad de un glaciar producido por la transferencia brusca, a veces catastrófica, de la masa glaciar de una zona activa superior a la zona estanca inferior.

¹⁴ Gran masa de hielo que cubre un continente, por ejemplo, Antártica y Groenlandia.

¹⁵ Glaciares cordilleranos con alimentación abundante que permite la penetración de una lengua en el piedmont, esparciendo su caudal de hielo en forma de abanico.

¹⁶ Presenta varias zonas de acumulación que confluyen hacia un valle, más ancho y largo.

¹⁷ Ocupan la cima de un centro montañoso, teniendo una distribución radial que es típica de encontrar en algunos volcanes, como es el caso del Volcán Osorno y Parícuta.

¹⁸ Ubicados en una depresión topográfica en forma de cráter, rodeados por montañas que impide evacuación superficial del hielo. Ejemplo: Volcán Lonquimay.

¹⁹ Glaciares localizados en las partes altas de la cordillera.

²⁰ Aquellos que ocupan una depresión semicircular generada por la erosión glaciar, rodeada por flancos montañosos de gran pendiente que culminan en cumbres o cordones del tipo "aretes".

²¹ Corresponde a pequeñas masas de nieve que es posible encontrar en diversos sectores cordilleranos y pueden deberse a nieve que perdura por algunos años, pueden no evidenciar flujo, es prácticamente inactiva.

pasivos tienen un flujo lento, generalmente se encuentran en retroceso y los inactivos no presentan movimiento, con nula alimentación, conocidos también como relictos glaciares (Rivera. 1990).

Según clima de la región en que se ubican (Lliboutry, 1956), encontrándose del tipo ecuatorial²², tropical²³, subtropical²⁴ (algunos de los Andes centrales), temperado²⁵ (alpino), subpolar húmedo²⁶ (Campos de Hielo Norte y Sur), subpolar seco²⁷, polar (hielo continental: Antártica). Sheff (glaciar flotante).

Para el caso chileno, este libro prioriza dos clasificaciones que permiten caracterizar de mejor forma los glaciares presentes en el país; ubicados principalmente en la Cordillera de los Andes; cosa que no se logra con las categorizaciones presentadas anteriormente. Por esa razón los clasificaremos según estructura interna y según estado térmico.

Según Estructura Interna, que divide a los glaciares del país en tres tipos, principalmente según el grado y magnitud de presencia de fragmentos detríticos (roca, tierra, polvo) y la forma en que éstos se distribuyen en el glaciar. En éste caso es posible clasificarlos en glaciares descubiertos, cubiertos y de roca.

Los glaciares descubiertos se rigen principalmente según la definición de Lliboutry (1956) "toda masa de hielo perenne, formada por acumulación de nieve, cualquiera sean sus dimensiones y su forma (...) que fluye bajo su propio peso hacia las alturas inferiores", siendo los más conocidos y estudiados por la comunidad científica, ya que una de sus características principales es que son totalmente visibles (ver Figura 6), por tanto su identificación se vuelve menos compleja. Suelen presentar una pequeña proporción de material detrítico e impurezas debido a la acción del viento o al desprendimiento de las laderas cercanas. A grandes rasgos, los glaciares descubiertos o expuestos presentan una depositación en forma de neviza, poseen una zona de acumulación o alimentación y una zona de ablación, que en ocasiones son difíciles de identificar dada la complejidad del cuerpo de hielo. Es posible encontrarlos en todo el territorio nacional, pero tienen mayor vergadura en la zona austral, donde se encuentran grandes campos de hielo.

²² Precipitación distribuida durante todo el año, que se conjuga con una gran nubosidad y humedad ambiental y la transformación de nieve a hielo es rápida debido a la congelación y recongelación del agua intersticial.

²³ Fuertes precipitaciones durante todo el año, pero son más abundantes en una sola temporada. Ejemplo: Himalayas

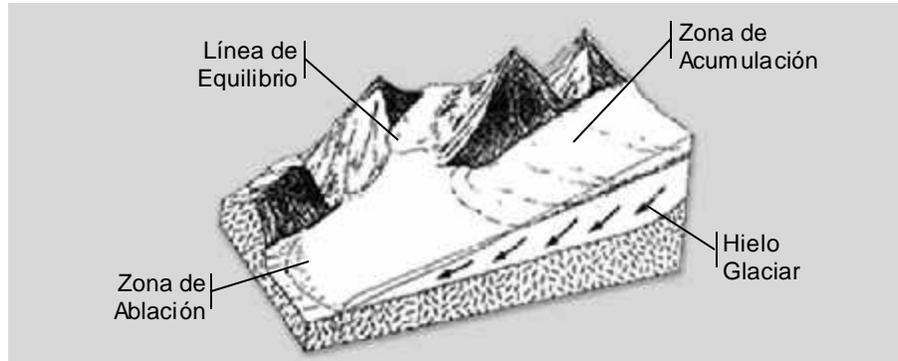
²⁴ Fuertes precipitaciones en invierno, con veranos secos, fuerte radiación solar y altas cumbres enteramente despejadas. En los Andes centrales existen buenos ejemplos de este tipo de glaciares.

²⁵ Con precipitaciones durante todo el año, que permiten la abundante y extensa formación de neveros.

²⁶ Corresponde a grandes campos de hielo cubierto por extensas capas de neviza, formados debido a las fuertes precipitaciones durante todo el año y la ablación es reducida. Ejemplo: hielos patagónicos.

²⁷ Casquetes de hielo extensos y profundos.

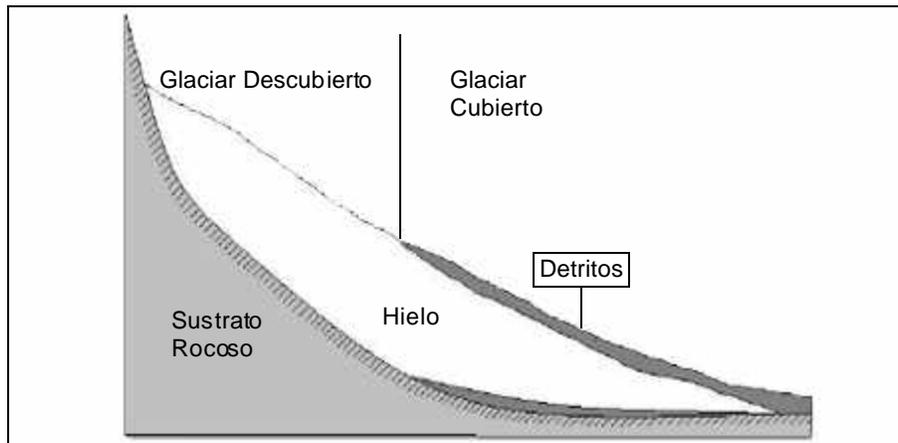
Figura 6
Glaciar descubierto



Fuente: Laboratorio de Glaciología del Centro de Estudios Científicos y de la Universidad de Chile (www.glaciologia.cl)

Los *glaciares cubiertos* tienen como principal característica el encontrarse bajo una capa *detrítica* que actúa de aislante. Este tipo de glaciar tiene su origen en un glaciar descubierto que luego de un proceso de deslizamiento de rocas es tapado por la cubierta detrítica. Estos glaciares son considerados como parte inicial del proceso de transformación gradual de un glaciar descubierto a un glaciar de roca (Caviedes, 1979), llamado también *glaciar de roca glaciogénico*²⁸ (Croce y Milana, 2002). Estos glaciares pueden seguir acumulando nieve en la parte superior, dando origen a un glaciar descubierto en la parte alta, y a un glaciar cubierto en la parte baja (ver Figura 7).

Figura 7
Glaciar descubierto que da origen a un glaciar cubierto

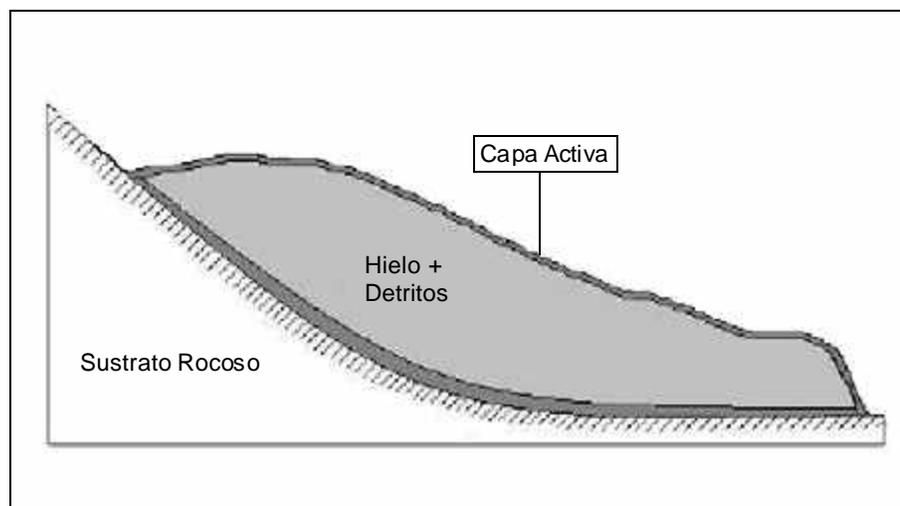


Fuente: elaboración propia a partir de Milana y Maturano, 1999.

²⁸ No se profundizará en esta diferenciación según origen de formación de glaciar de roca, ya que aún existen discrepancias entre diversos autores, sin embargo es importante mencionarlo para clarificar los procesos a los que se ven sometidos los glaciares. Es así como algunas publicaciones extranjeras dividen a los glaciares de roca en criogénicos (ice-cement type) y glaciogénicos (ice-core type), los primeros deben su origen a la acumulación de caída de detritos y nieve en un circo y los segundos a la depositación de una cubierta detrítica, permitiendo la transformación gradual de un glaciar descubierto a uno de roca debido a la incorporación progresiva, en la masa de hielo, de los fragmentos detríticos que forman la cubierta (Croce y Milana, 2002).

Los glaciares de roca (ver Figura 8) son sistemas dinámicos, muy complejos, en donde los fragmentos de roca de diversos tamaños se encuentran mezclados con porciones de hielo que pueden ser de envergadura, constando de un suelo con núcleo congelado o permafrost²⁹ y una capa activa, correspondiente a una capa superior que tiene congelamiento y descongelamiento estacional (Naveroy, 1987; Milana y Güell, 2005). La capa activa tiene un rol hidrológico importante ya que, debido a que los detritos superficiales poseen textura abierta, actúan como acumulador de agua, permitiendo que los glaciares de roca puedan almacenar agua precipitada, por congelamiento, y liberarla en forma de flujo continuo durante los meses estivales, otoño y parte del invierno (Corte, 1983, citado por Croce y Milana, 2002).

Figura 8
Glaciar de Roca



Fuente: elaboración propia a partir de Milana y Maturano, 1999; Ferrando, 2003; Milana y Güell, 2005.

En la Figura 9 se puede observar el glaciar Ortigas 1, en el valle del Huasco el cual presenta una cubierta completa de detritos.

Este tipo de glaciares es considerado como uno de los cuerpos de hielo más importantes en las cuencas hídricas de zonas áridas de alta montaña, constituyendo importantes reservas hídricas potenciales (Croce y Milana, 2002). Los glaciares de roca, además de ser reservorios de agua a largo plazo, también cumplen un rol a corto plazo, siendo fundamentales para el régimen fluvial de las cuencas andinas, debido a que a inicios del invierno, cuando disminuyen las temperaturas, el cuerpo de permafrost (suelo congelado) crece debido a la retención de agua infiltrada de la fusión diurna, las avalanchas y las precipitaciones, formando parte del hielo subterráneo y luego, en el período estival se derrite, volviendo a incorporarse al ciclo hidrológico de la cuenca (Brennina, 2003).

²⁹ Permafrost es una capa del suelo que se encuentra permanentemente congelado.

Figura 9
Fotografía del Glaciar de Roca Ortigas 1, Valle del Huasco, III Región, Chile.



Fuente: Milana, 2005.

Si bien el contenido de hielo es menor en los glaciares de roca en comparación al que poseen los glaciares descubiertos, su mayor distribución superficial en la zona norte y centro de Chile, los convierte en reservas hídricas fundamentales (Marangunic, 1979a; Brenning, 2003). Pese a ello han sido poco estudiados por los científicos: un ejemplo de esto es que en la zona norte del país no se han realizado catastros de este tipo de glaciares, sino sólo investigaciones específicas en algunos de estos cuerpos de hielo (Ferrando, 2003). El desconocimiento sobre este tipo de glaciares limita bastante el diagnóstico nacional, ya que si se analizan los catastros que incluyen registros de glaciares cubiertos y de roca, estos muestran que del total de glaciares presentes en la Región Metropolitana, la mitad de ellos son de este tipo, disminuyendo a un 17 % en la cuenca del Cachapoal y a un 3% más al sur, haciendo notar su poca presencia en el sur y su progresivo aumento hacia el norte del país.

Según estado Térmico de la masa glaciar: glaciares fríos, templados y politermales (Rivera, 1990; Centro de Estudios Científicos y la Universidad de Chile).

Los Glaciares Fríos, poseen una temperatura de hielo inferior a 0°C en la zona de acumulación, y la ablación es muy escasa, su formación es lenta, ya que no existe fusión superficial. En Chile³⁰ este tipo de glaciares se encuentra principalmente en la Cordillera de los Andes de la zona norte³¹, debido principalmente a que la altura de la Cordillera permite la localización de glaciares a gran altura, donde las temperaturas promedio se encuentran entre -15 v -20°C.

³⁰ El casquete de hielo Antártico tiene carácter frío, pero no se considerará para efectos de este estudio dado que se descontextualiza a las finalidades de este, debido a que está normado bajo el Tratado Antártico.

³¹ Es posible encontrar algunos glaciares de este tipo en la zona austral de Chile, donde la característica de glaciar frío se debe, en parte, a la latitud y a las condiciones locales del lugar en que se emplaza el cuerpo de hielo, y no a la altitud de la Cordillera de los Andes.

Los Glaciares Templados son aquellos cuya masa se encuentra a temperatura de fusión de hielo y que varía según la presión a que está sometida (dependiendo del espesor de hielo, su densidad y la aceleración de gravedad a la que está expuesta). La mayor parte de los glaciares chilenos responden a esta característica, desde el centro del país, hasta Campos de Hielo Sur.

Los Glaciares Politermales poseen una masa de hielo que se encuentra a temperatura bajo los 0°C (característico de los glaciares fríos), pero que en la base de la lengua terminal puede alcanzar temperaturas cercanas al punto de derretimiento, lo que genera una fusión estival pequeña. En el norte de Chile hay glaciares politermales, fríos en la parte superior y templados en la inferior, aunque en el sur desde la IV y V Región, esta característica es más marcada. En definitiva, entre la I Región de Tarapacá y la Región Metropolitana, la Cordillera de los Andes tiene una altura promedio de 5.000 m.s.n.m. disminuyendo progresivamente hacia el sur, demostrando por un lado, la existencia de glaciares fríos en la zona centro-norte del país, ya que estos se sitúan en las cumbres cordilleranas, donde las temperaturas disminuyen a medida que la altura del macizo montañoso aumenta y, por otro, la transición existente hacia glaciares politermales y templados, a medida que se avanza hacia el sur. Sin embargo se debe hacer notar que no existen límites claros para la diferenciación térmica de los glaciares, que estará determinada en primera instancia, por la altitud, y en segunda, por la latitud en que se encuentran.

Esta clasificación es de gran importancia en la actualidad, ya que será la que determine la influencia que el cambio climático global puede tener sobre los glaciares del país. Los glaciares fríos se verán más influenciados por la variación de las precipitaciones que por los aumentos globales de temperatura, ya que aunque la temperatura mundial se incrementa en 1°C ó 2°C, por su ubicación a grandes alturas la isoterma cero estará por debajo de la ubicación del glaciar y no será el factor de su derretimiento. El derretimiento o retroceso de glaciares fríos está principalmente determinado por una menor acumulación de nieve (debido a la disminución de las precipitaciones) y no por un aumento de las temperaturas del planeta. A diferencia de estos, los glaciares templados que se encuentran ubicados generalmente a menor altura y por ello, influenciados por pequeñas variaciones de temperatura, provocan un aumento de las tasas de derretimiento, pues no se logra equilibrar la acumulación de nieve producto de las precipitaciones con el aumento de temperatura que los derrite, generando su retroceso.

2.3- Función de los glaciares

Los glaciares son fundamentales para los ecosistemas circundantes como para los que se encuentran aguas abajo. Proveen agua a las actividades agrícolas, industriales y a los asentamientos humanos, prestando una serie de servicios ambientales tanto locales como regionales.

Una de las funciones más directas de los glaciares es determinar el clima local, que se ve influenciado e incluso modificado debido a la retroalimentación propia del sistema glaciar.

Esta relación es recíproca ya que el clima y las propiedades físicas del hielo pueden determinar el comportamiento de los glaciares, y este a su vez determinar algunas características locales del clima regional (Acuña, 2001).

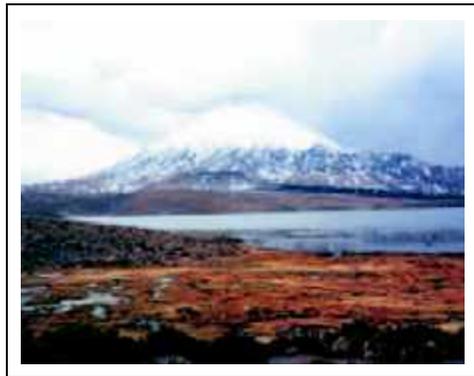
Cada 100 metros de altura en la montaña, la temperatura desciende 0,5 °C, llegando a representar altitudinalmente una concentración de bandas climáticas latitudinales. En el caso de nuestro hemisferio sur, por cada cien metros de elevación en la Cordillera de los Andes, el efecto que se produce sobre el clima es similar a haber recorrido 150 kilómetros en dirección al polo sur en línea recta (Saffer, 2000). La variable altitudinal de estos cuerpos montañosos incidirá notablemente en los ecosistemas que albergan, ya que las limitantes pluviométricas, las variaciones de temperatura, la exposición solar, los tipos de suelo y rocas permitirán constituir verdaderas islas respecto a su ambiente biogeográfico (De Pedraza, 1997). Además del gran espectro climático los factores de diversidad topográfica en las montañas generan una gran variedad de microclimas que permiten un desarrollo ecosistémico muy diverso con microambientes y endemismos de importancia

Los glaciares juegan un rol importante en la configuración ecosistémica de alta montaña, ya que son las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas altoandinos principalmente en épocas de déficit hídrico, dando sustento a bofedales, lagos, lagunas y otros sistemas acuáticos terrestres. Un ejemplo de lo anterior se muestra en la Figura 10 donde se observan dos imágenes en las que es palpable la importancia que tienen los glaciares para los ecosistemas altoandinos.

Figura 10
Glaciares como fuentes abastecedoras de agua para los ecosistemas altoandinos



Fuente: COREMA III Región. Afluente nacido de glaciador Guanaco, zona cordillerana de la Comuna de Alto del Carmen, Provincia de Valdivia, III Región.

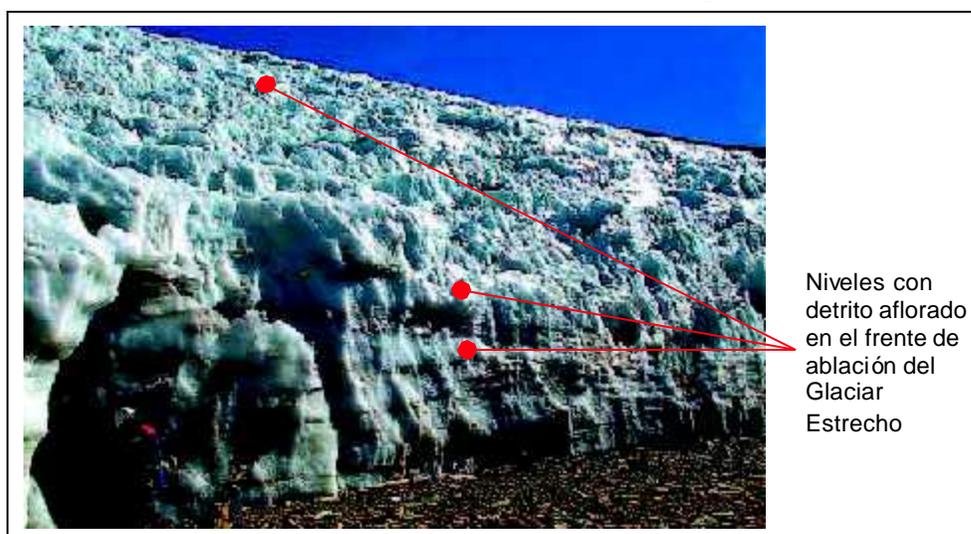


Fuente: Bórquez, R. 2005. Volcán Paríacota con el Lago Chungará a su falda, I Región, en el Parque Nacional Lauca a unos 4.500 m.s.n.m.

Los glaciares son fuentes de agua capaces de regular el régimen hídrico de las cuencas, ya que acumulan nieve en los períodos de mayores precipitaciones, y aportan a las cuencas en estaciones más secas principalmente en períodos de déficit hídrico, logrando ser, junto con las aguas subterráneas y las obras de acumulación realizadas por el hombre, las únicas formas de abastecer a la población, las ciudades y la agricultura aguas abajo. Así, los glaciares son fuentes principales de abastecimiento en períodos estivales o de sequía, pues

presentan una respuesta inversa durante las épocas de déficit hídrico, aportando mayor cantidad de agua en períodos de sequía. En años con menor caída de nieve aflora a la superficie el hielo más antiguo y sucio, con menor reflectancia, que absorbe más energía y se derrite produciendo más agua. Al contrario, en años en que la nieve caída es mayor, la reflectancia aumenta y disminuye la fusión aportando menor cantidad de agua a los caudales (Milana, 1998). La Figura 11 muestra la fotografía de uno de los frentes del glaciar Estrecho (Valle del Huasco, III Región) donde se observan las capas con acumulación de suciedad o material particulado, notándose una mayor acumulación en la base del glaciar (parte más cercana al suelo).

Figura 11
Niveles de detritos aflorando en el frente de ablación,
Glaciar Estrecho, Valle del Huasco, III Región



Fuente: Milana, 2005.

Recientemente se ha mencionado en Chile la posibilidad de sustituir un glaciar con la construcción de un embalse, ya que este cumpliría la misma función de regulación hídrica, pero esta suposición es errónea. Si bien un embalse puede proveer agua a la población durante un año de sequía, no logrará hacerlo a través de varios años de escasez, como ocurrió durante la gran sequía de la década del '60 que afectó por casi 7 años al norte chico y centro del país. Abastecimiento que sí lograron mantener los glaciares existentes en la zona cordillerana del Valle del Huasco. Estos, si bien disminuyeron su caudal, este nunca se agotó: la gran diferencia existente entre un glaciar y un embalse es que el primero no es mayormente influenciado por una fluctuación interanual para su funcionamiento, como sí ocurre con los embalses.

Un ejemplo de las interacciones que se generan entre glaciares, ecosistemas y comunidades humanas es lo que ocurre en las regiones cordilleranas del norte del país donde los caudales poseen naturalmente un alto contenido de minerales, los cuales son depurados por los

humedales que retienen y aportan sedimentos y nutrientes³², actuando como filtros naturales para los asentamientos humanos que se encuentran aguas abajo y que reciben las aguas luego de haber sido depuradas por este sistema altoandino.

Los glaciares así proveen estabilidad a los ecosistemas y seguridad en el abastecimiento humano debido principalmente a que funcionan como reguladores hídricos naturales, siendo esenciales en períodos en que la ausencia de precipitaciones puede provocar pérdidas sustanciales y crisis intensas en los sistemas naturales y en las actividades humanas a causa de un estrés hídrico que puede poner en jaque la subsistencia y las actividades económicas en una cuenca o Región.

2.4- Amenazas globales para la conservación de los glaciares

En la actualidad existen importantes amenazas que ponen en riesgo el futuro de los glaciares: a nivel global hay que destacar los procesos mundiales que provocan la variación de factores determinantes en la formación y mantenimiento de los glaciares, como es el caso del cambio climático, y aquellas amenazas locales que se producen debido a la intervención humana directa en la alta cordillera (como las extracciones mineras), que impactan directa o indirectamente a estos cuerpos de hielo.

2.4-1 Factores globales

En la historia de la Tierra se han producido muchas alteraciones climáticas, debidas a procesos naturales del planeta, sin embargo la diferencia fundamental entre los procesos que se han presentado naturalmente y los actuales, es la velocidad de los últimos a consecuencia directa o indirecta de la actividad humana (Oficina Española de Cambio Climático OECC, Ministerio de Medio Ambiente de España). El efecto provocado por la intensa acción antropica sobre el planeta se manifiesta en una intensificación anormal del efecto invernadero natural, por la alteración de la composición global de la atmósfera³³.

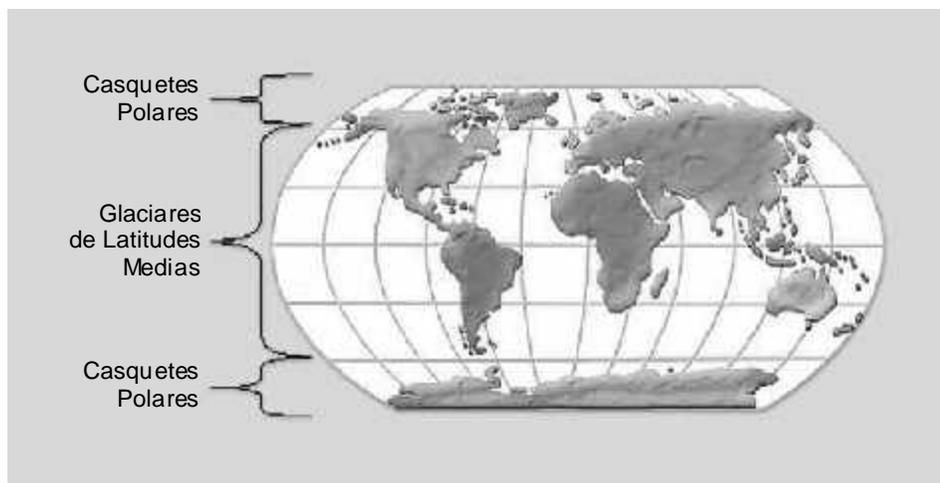
El Panel Intergubernamental de Cambio Climático, IPCC (2001a), institución que lidera los estudios sobre los cambios en el clima global, considera a los glaciares no polares, ubicados en latitudes medias (ver Figura 12), como indicadores físicos de los cambios en la atmósfera, el clima y el sistema biofísico terrestre, debido a la sensibilidad que presentan frente a los cambios del medio. Si bien los glaciares de gran parte de Chile se encuentran en una zona de transición climática que está sometida constantemente a oscilaciones del clima³⁴, se han visto igualmente afectados por las alteraciones climáticas que se han presentado en el planeta (Acuña, 2001).

³² www.sustentable.cl/portada/noticias/5091.asp

³³ Si bien existe una gran incertidumbre sobre los reales efectos del cambio climático, la información legitimada y validada hasta ahora ha permitido que la Convención Marco sobre Cambio Climático proponga medidas basadas en el principio precautorio.

³⁴ Un ejemplo es el fenómeno ENOS (El Niño/Oscilación del Sur).

Figura 12
Zonas de ubicación de glaciares



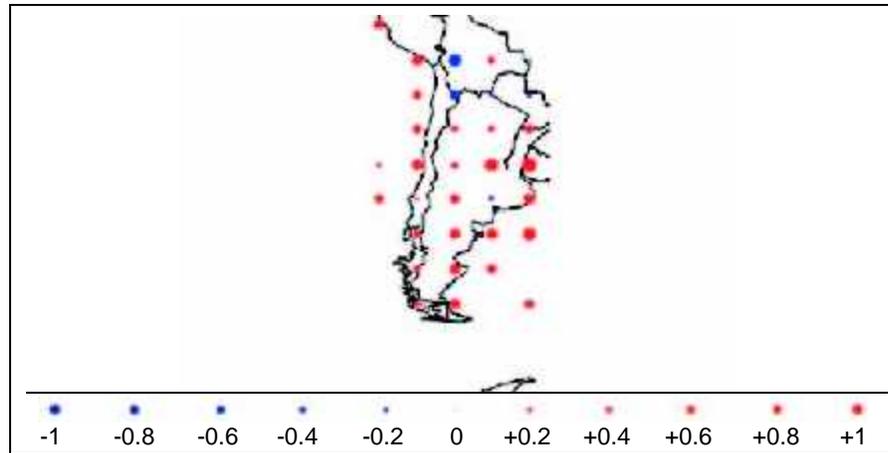
Fuente: elaboración propia a partir de mapa disponible en:
www.suapesquisa.com/mapas/mp-mapa-mundi.jpg

2.4-2 Aumento de la temperatura

El calentamiento global ha causado un aumento de las temperaturas a nivel mundial. En nuestro país aún no existe discusión sobre los reales efectos del calentamiento sobre el territorio, pero no cabe duda que se ha generado un incremento de las temperaturas, como se muestra en la Figura 13 en donde se señalan con círculos rojos las zonas con aumento de temperatura; los círculos de mayor tamaño indican aquellos lugares con un incremento de temperatura superior; en diversos niveles puede constatarse que todo el territorio nacional sufre aumento de temperatura. Los estudios muestran que esta variación se asocia principalmente a un salto climatológico ocurrido entre los años 1976/1977, donde repentinamente la temperatura del aire aumentó casi 1°C en un año, valor bastante impresionante, ya que en un solo año sucedió lo que se espera que ocurra paulatinamente en 30 años (Carrasco, s.a; Aceituno, 2006). Esta variación ha impactado a los glaciares, ya que el aumento de las temperaturas ha elevado la isoterma cero, generando que la temperatura de fusión se ubique a una altura superior, provocando el derretimiento de nieves a mayor altura. Esto ha llevado a que gran parte de las investigaciones que relacionan glaciares chilenos con el cambio climático analizan la respuesta de estos cuerpos de hielo al aumento de las temperaturas.

De los glaciares ubicados en territorio nacional, los más impactados por los cambios de temperatura son los glaciares templados (centro, sur y zona austral del país), debido a que la masa de hielo se encuentra a temperaturas muy cercanas a las de fusión. Por ello aún tanto pequeños incrementos en la temperatura regional significan tasas de derretimiento mayores que, si no se acompañan por una acumulación de nieve producto de las precipitaciones, traen como consecuencia retrocesos de los cuerpos de hielo. Por esto, los procesos climáticos globales constituyen una de las amenazas importantes para la conservación de los glaciares como fuentes perennes de agua dulce.

Figura 13
Variación de Temperatura en grados Celcius, período 1901-2000

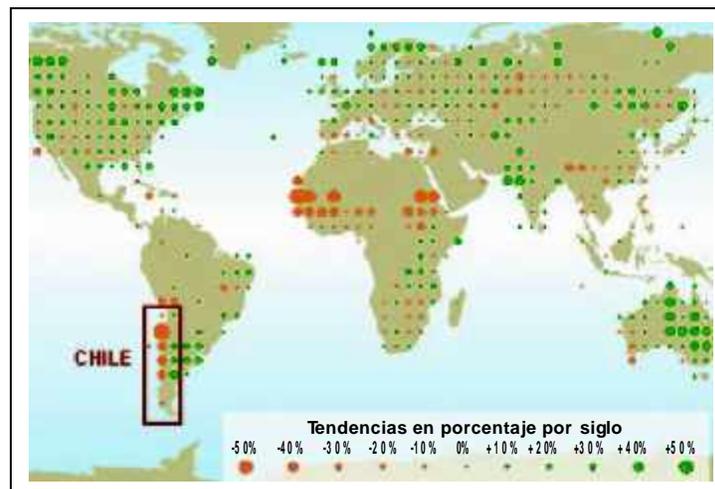


Fuente: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2001b

2.4-3 Disminución de las precipitaciones

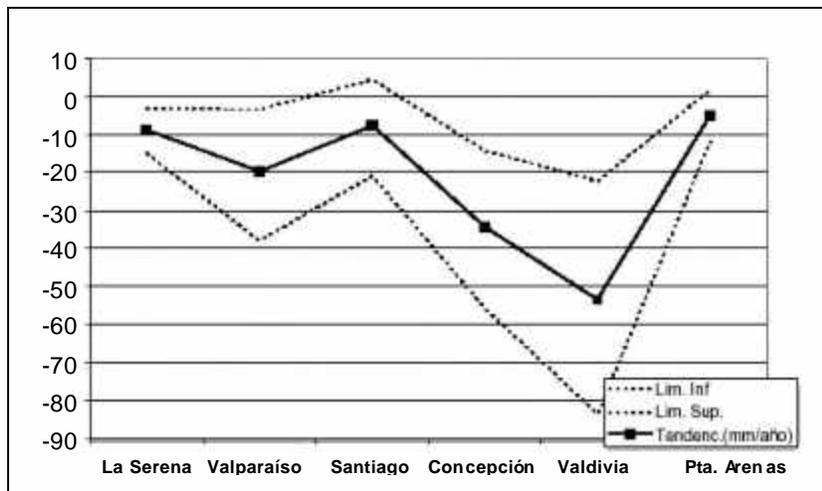
El calentamiento global no sólo ha significado un aumento de las temperaturas mundiales, sino también ha provocado una variación de las precipitaciones, con intensificación de ellas en amplias regiones y una profunda agudización de la sequía en otras. La Figura 14 presenta con círculos naranjas los lugares donde las precipitaciones han disminuido y con círculos verdes los lugares que han visto un aumento de ellas en los últimos 100 años. Lamentablemente en gran parte del territorio nacional las precipitaciones han disminuido en el último siglo, como se observa en el gráfico de la Figura 15, el cual muestra en cuantos milímetros ha disminuido la precipitación en distintas ciudades del país desde el año 1900.

Figura 14
Variación Anual de precipitación período 1900-1999



Fuente: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2001c

Figura 15
Tendencia de la precipitación en algunas ciudades de Chile
(mm/década) durante el período 1900-2000



Fuente: Carrasco, J. 2006.

Si consideramos que en la zona norte el retroceso o avance de los glaciares está condicionado a los niveles de acumulación de nieve y que la tendencia muestra una disminución de las precipitaciones; es evidente que existe y se acentuará un impacto negativo para los cuerpos de hielo de las zonas áridas y semiáridas de la zona norte, provocando que el balance entre lo que se derrite y lo que se acumula año a año tienda a generar retrocesos en los glaciares.

Por ello es fundamental considerar los procesos climáticos globales como una de las amenazas importantes para la conservación de los glaciares y para mantener las funciones que estos cumplen en el abastecimiento de los ecosistemas y las comunidades humanas.

2.5- Amenazas locales que impactan a los glaciares

Los glaciares son sistemas dinámicos, abiertos, que presentan gran sensibilidad a las variaciones del medio y a las intervenciones directas o indirectas de los seres humanos, por lo tanto el desarrollo de actividades en zonas de la alta cordillera, donde se encuentran estos cuerpos de hielo, pueden afectarlos negativamente, provocando retrocesos a veces irreversibles.

2.5-1 Actividad turística invasiva

El paisaje de montaña y las zonas de glaciares son atractivos muy cotizados por el turismo y esta actividad puede generar un gran impacto si son realizados en forma no regulada e invasiva.

Una actividad turística realizada a pie o en esquíes, en la cercanía del cuerpo de hielo o en sus alrededores, puede proveer grandes ganancias al negocio turístico y no provocar gran impacto sobre el glaciar y su medio. Pero si ésta se desarrolla masivamente sobre el glaciar y además con el uso de medios de transporte mecanizados o construyendo infraestructura sobre el glaciar o en su cercanía, sin duda generará grandes impactos en el corto y mediano plazo. Un buen desarrollo del turismo en áreas de glaciares, hace necesario que este se desarrolle sin ser invasivo y con regulaciones para asegurar la conservación del glaciar.

2.5-2 Proyectos mineros desarrollados en la alta cordillera

La actividad minera es una de las más invasivas del territorio y sus impactos son irreversibles. Además de remover la superficie terrestre en donde se ubica el yacimiento y sus obras anexas, provocando destrucción de la biodiversidad que ahí habita, extrae recursos naturales no renovables y genera residuos y contaminantes que sobrepasan varias veces la cantidad de mineral procesado. Actividades de este tipo, desarrolladas en áreas cercanas a glaciares, pueden generar un impacto ecosistémico considerable, que se inicia con la construcción de caminos para la exploración, extracción y procesamiento de los mismos.

a) La construcción de caminos en la alta cordillera comienza en las etapas de reconocimiento, prospección y evaluación, varios años antes de la explotación de los minerales. Al despeje y nivelación del terreno se suma el vertimiento de aceite y arena para lograr una superficie que permita el adecuado paso de vehículos de transporte y que disminuya la acumulación de nieve, afectando considerablemente los flujos hídricos superficiales y generando un gran impacto sobre los ecosistemas cordilleranos. La Figura 16 muestra los caminos realizados en la etapa de prospección y evaluación minera, donde se refleja el alto impacto sobre el paisaje, alterando incluso las depositaciones de nieve en las laderas.

Figura 16
Imagen del impacto de la construcción de caminos,
zona cordillerana de la III Región, Octubre 2005



Fuente: Bórquez, R. octubre 2005. Sobrevuelo zona cordillerana de la III Región.

- b) Flujo vehicular: Además de los impactos por la realización de caminos, el constante flujo de vehículos (camionetas y camiones, principalmente) y maquinaria pesada, genera gran levantamiento de polvo que luego se posa sobre los glaciares oscureciendo su superficie y aumentando su derretimiento. En la Figura 17, se muestra el impacto del polvo sobre el glaciar Esperanza, III Región y la cercanía de los caminos, exploratorios del Proyecto Pascua Lama.

Figura 17
Imagen del impacto del material particulado producto de la construcción de caminos y el transporte de vehículos y maquinarias



Fuente: Bórquez R. mayo 2005. Fotografía viaje a terreno III Región, Comuna de Alto del Carmen.

- c) Sondajes: Para la realización de los sondajes mineros se necesita construir una plataforma que permita colocar maquinaria pesada para perforar los pozos y extraer las muestras. Estos sondajes son más o menos intensos dependiendo de la etapa de exploración, siendo sólo unos pocos en la etapa de reconocimiento, aumentando en la etapa de prospección y siendo mucho más masivos en la etapa de evaluación de las reservas. En la última etapa exploratoria la intervención se hace más intensiva, realizándose perforaciones más cercanas entre sí y que se ubican independientemente a la existencia, o no, de un glaciar, lo que ha llevado a dinamitar el hielo, si es que la perforación tiene que hacerse sobre el glaciar, para generar la plataforma que permita la colocación de la maquinaria adecuada.
- d) La fase de explotación minera, trae consigo la habilitación de caminos, construcción de infraestructura adecuada, tronaduras para la extracción del material, chancado y un transporte constante de camiones de gran envergadura, entre otras. Todas estas actividades provocan (a pesar de las medidas de mitigación), el levantamiento de cantidades importantes de material particulado que según la dirección y velocidad del viento puede depositarse en los glaciares más cercanos o lejanos del yacimiento, aumentando la cantidad de partículas que naturalmente se depositan sobre ellos, trayendo como consecuencia un aumento del calor superficial y un incremento del derretimiento de los glaciares.

En síntesis la actividad minera ubicada en la alta cordillera puede provocar un gran impacto sobre los glaciares de las zonas cercanas y medias, ya sea por intervención directa, producto de la construcción de caminos, sondajes exploratorios y explotación del mineral, o por la intervención indirecta generada por el levantamiento de polvo y la acción del viento.

2.5-3 Normativa que estimula la intervención de altas cumbres

En Chile no existe ningún marco regulatorio específico que permita darle algún grado de protección a los glaciares, por el contrario se han creado cuerpos legales que estimulan la intervención de las altas cumbres, entre ellos, el Código Minero y el Tratado de Integración y Complementación Minera entre Chile y Argentina.

El Código Minero (1983) indica que toda persona puede catar y cavar en tierras de cualquier dominio, sólo lo limitando la acción en tierras de concesiones mineras ajenas o con aprobación del dueño o de terrenos que posean casas, terrenos plantados con vides o árboles frutales (Artículos 14 y 15), dejando abierto a la exploración y explotación minera casi a todo el territorio nacional. El Código Minero entrega limitaciones vagas que no diferencian los diversos ecosistemas del país, quedando la posibilidad, previa autorización, de realizar explotación minera incluso en parques nacionales, reservas nacionales o monumentos naturales (Artículo 15), comprendiendo no solamente examinar y abrir la tierra para investigar, sino que colocar sobre los predios superficiales las servidumbres que sean necesarias para buscar minerales (Artículo 19). Como también menciona el Artículo 20 "toda persona tiene la facultad de buscar sustancias minerales en terrenos de cualquier dominio, salvo en los comprendidos en los límites de una concesión minera ajena, empleando desde fuera de aquellos, equipos, máquinas o instrumentos, con ese objeto", pudiendo hacer libremente calicatas y otras labores de explotación (Artículo 113).

Así el Código Minero entrega a los concesionarios total dominio sobre el terreno, independientemente si en él existen glaciares o no, es más, estos no son ni siquiera nombrados dentro de dicho cuerpo legal, lo que ha permitido que proyectos mineros, tanto de empresas públicas como privadas, antes de la entrada en vigencia del actual Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, hayan iniciado la intervención de estos glaciares, sin evaluación ninguna.

El "Tratado de Integración y Complementación Minera entre las Repúblicas de Chile y Argentina"³⁵ se firmó el año 1997 por los presidentes Eduardo Frei y Carlos Menem, siendo ratificado por el Congreso Nacional de Chile el año 2000. Como se observa en la Figura 18, este tratado genera una franja de ancho variable sobre la divisoria de aguas de ambos países. cruzando toda la Cordillera de los Andes desde la II Región hasta la XI Región y

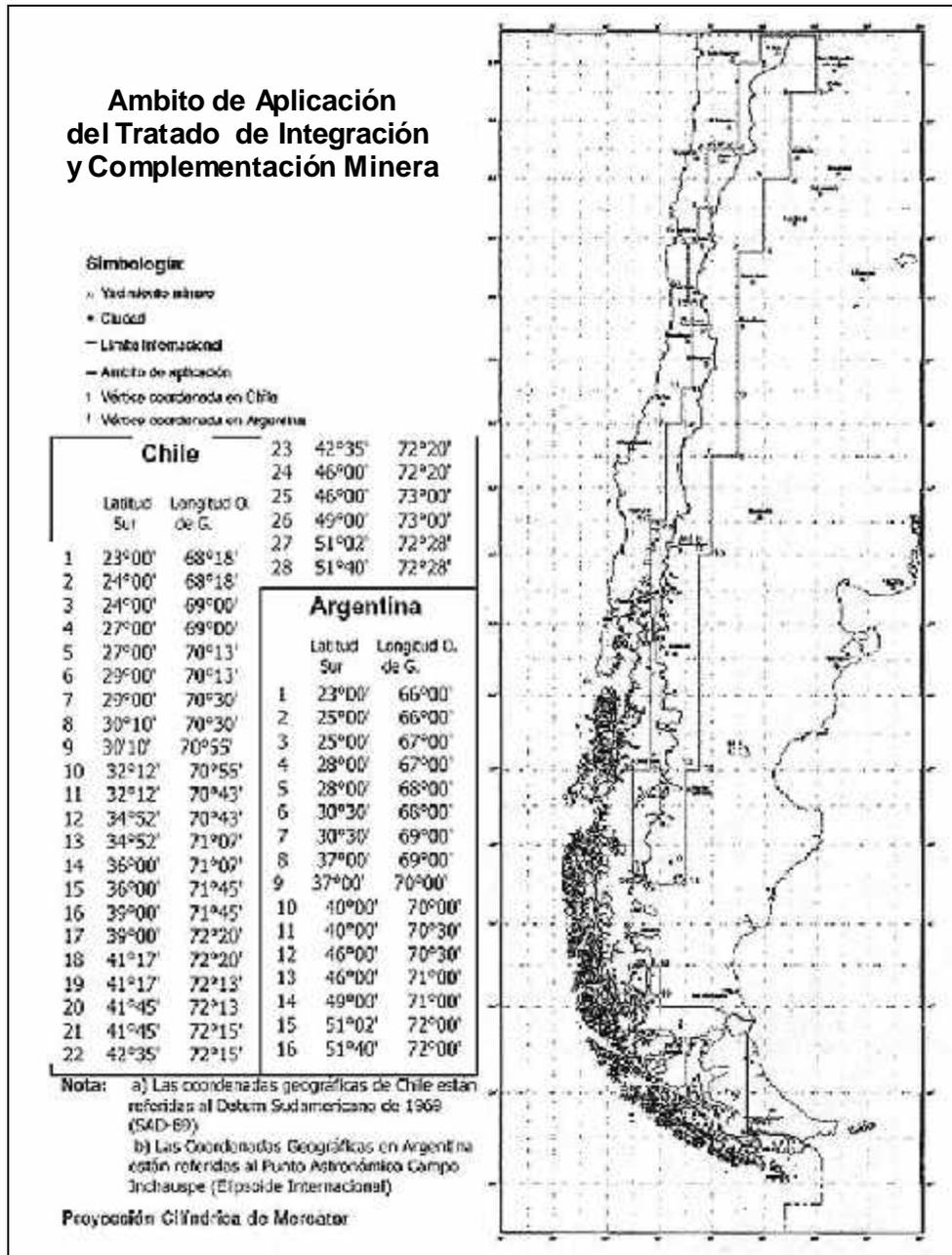
³⁵ Disponible en la página del Ministerio de Minería: <http://www.minmineria.cl/img/Tratadominero.pdf>

parte de la XII Región. Su objetivo es facilitar la exploración y explotación de yacimientos mineros ubicados en zonas fronterizas. El proyecto Pascua Lama de la empresa canadiense Barrick Gold en la III Región (valle de Huasco) es el primer proyecto desarrollado bajo el tratado de integración y complementación minera entre Chile y Argentina.

El Tratado de Integración y Complementación Minera significa una gran amenaza para los cuerpos de hielo del país, pues abre la posibilidad de desarrollar proyectos mineros en las más altas cumbres, donde se encuentran los glaciares y las nacientes de las aguas, existiendo un alto riesgo de intervención directa o indirecta de ellos y sus ecosistemas. La franja cubierta por el Tratado Minero en la zona cordillerana, a través del territorio nacional justamente coincide exactamente con el área donde se ubica la mayor parte de los glaciares. Luego de Pascua Lama, de la empresa Barrick Gold en la III Región, Provincia de Huasco, Comuna de Alto del Carmen y Provincia de San Juan en el lado argentino, la Comisión Administradora del Tratado Minero aprobó tres proyectos mineros más:

- 1.- Proyecto El Pachón, de la empresa canadiense Falconbridge, se encuentra a 5 kms del yacimiento Los Pelambres en la IV Región.
- 2.- Proyecto Vicuña correspondiente a un yacimiento de oro ubicado en la zona cordillerana de la III Región, entre las Provincias de Copiapó y Huasco, por Chile, y entre las Provincias de San Juan y La Rioja en Argentina. Este yacimiento es de la empresa Deprominsa, filial argentina de la canadiense Tenke M.
- 3.- Proyecto Amos-Andrés, mina de cobre y molibdeno de la empresa anglo-australiana Río Tinto, que se emplazará en la comuna de Putaendo, Provincia de San Felipe, V Región, y la comuna de Salamanca, Provincia de Choapa, IV Región, por el lado Chileno, y la Provincia de San Juan por Argentina.

Figura 18
Área de Aplicación
Tratado de Integración y Complementación Minera entre Chile y Argentina



Fuente: elaboración a partir del Anexo N° 2 del Tratado de Integración y Complementación Minera (<http://www.difrol.cl/Mapa-anexo11.htm>)



CAPÍTULO

3.

SITUACIÓN DE LOS GLACIARES EN CHILE

3.1- Inventario de los glaciares chilenos

En Chile se han realizado varios inventarios, la mayor parte de ellos datan de la década del '70 y '80, y tienen como base de interpretación las fotografías aéreas de las zonas catastradas. La información recopilada de los diferentes estudios hasta hoy realizados muestra un total de 1.751 glaciares, que suman un área de 15.274,65 kms² (ver Cuadro 4). Según Rivera et al.(2002) falta por inventariar una superficie estimada de 5.315 kms², que sumada al área ya catastrada representan aproximadamente una superficie de 20.575 kms² de glaciares en Chile. El análisis nacional sobre los glaciares distingue cuatro macro-zonas: Zona Norte, Zona Centro, Zona Sur y Zona Austral.

Cuadro 4
Inventario de glaciares a nivel nacional

Zona	Número de Glaciares	Superficie (kms ²)
Norte	88	115,68
Centro	1.500	1.019,26
Sur	87	280,71
Austral	76	13.859,00
Total	1.751	15.274,65

Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos de Caviades, 1979; Marangunic, 1979a; Garín, 1987; Valdivia, 1984a; Valdivia, 1984b; Rivera, 1989; Rivera et al., 2000; Rivera et al., 2002, glaciologia.cl

La zona norte del país (Cuadro 4), posee un área reducida de glaciares en comparación con el centro, sur y la zona austral del país. Sin embargo al momento de interpretar estos datos se debe considerar que en la zona norte no se han realizado catastros que incluyan la identificación de glaciares de roca o glaciares cubiertos. Las investigaciones en dicha zona se han focalizado en algunos cuerpos de hielo y detritos, como es el caso del Glaciar Tapado³⁶, ubicado en la IV Región. Aun conociendo la falta de investigaciones sobre glaciares de roca, la comunidad científica sí ha consensuado que los glaciares de roca poseen un 50% de hielo en su estructura interna³⁷ (Marangunic, 1979a), y concuerda en la importancia que poseen estos glaciares para la zona norte del país, por constituir reservas hídricas potenciales para las zonas que se encuentran aguas abajo (Ferrando, 1991; Croce y Milana, 2002). Sin embargo investigaciones realizadas por empresas privadas, principalmente mineras, han llegado a

³⁶ Un ejemplo de estudios específicos a glaciares rocosos es la investigación de Ferrando (2003).

³⁷ Investigaciones realizadas por empresas privadas, principalmente mineras, han llegado a estimar volúmenes mucho mayores de hielo presente en estos glaciares de roca, lamentablemente esa información tiene rango confidencial, limitando el conocimiento de la comunidad científica sobre ellos.

estimar volúmenes mucho mayores de hielo presente en estos glaciares de roca, lamentablemente esa información tiene rango confidencial, limitando el conocimiento de la comunidad científica sobre ellos.

3.1-1 Zona Norte

Se considera zona norte en nuestro país al área comprendida entre los paralelos 18° y 32° de latitud sur, entre el cerro Pomerape, I Región, y la cabecera sur del río Choapa, IV Región. En ella es posible diferenciar dos sub-zonas: Norte Grande (I y II regiones) de características áridas, y precipitaciones concentradas en verano, durante el período conocido como Invierno Altiplánico, con mayor influencia sobre las zonas altoandinas, en donde se produce la acumulación de nieve y, el Norte Chico (III y IV regiones), de climas árido y semiárido, con precipitaciones durante el invierno y muy influenciados por el fenómeno El Niño / Oscilación del Sur (FNSO).

Los glaciares de la zona norte se clasifican como glaciares fríos³⁸ debido a que en estas regiones la Cordillera de los Andes presenta gran altura, y los cuerpos de hielo suelen estar ubicados por sobre los 4.000 m.s.n.m.³⁹, en donde es posible encontrar temperaturas muy bajas debido a que sobre los 3.000 m.s.n.m. estas descienden a valores de -10°C (Brown y Saldivia, 2000). Por ello para este tipo de glaciares tienen mayor relevancia las variaciones de precipitaciones interanuales, que los cambios globales de temperatura. Por esto tanto los fenómenos El Niño y La Niña son los que determinarán principalmente la acumulación de nieve sobre estos cuerpos de hielo perenne.

El catastro de glaciares realizado por Garín (1987), para la zona norte (Cuadro 5), abarca un área descrita de 115,68 kms², la que corresponde a superficies de hielo descubierto o expuesto. Actualmente en esta zona no existe mayor conocimiento sobre la existencia de hielos cubiertos o glaciares de roca, evidenciando una brecha de información trascendental sin documentar, más aun si se considera que estos glaciares tienen especial importancia en el abastecimiento hídrico del Norte Chico (Rivera et al., 2000).

Estas zonas englaciadas toman aún mayor importancia si se analizan los ecosistemas altoandinos, en donde los bofedales son fuente de sustento para una diversidad de especies de la flora y fauna considerable que, dado las amplitudes térmicas y condiciones de aridez de la zona, deben soportar condiciones extremadamente limitantes, lo que las hace únicas y muy vulnerables a procesos antrópicos de intervención, pasando a ser un punto clave en el equilibrio ecológico de la región norte.

³⁸ Debe tenerse presente que se produce una transición a glaciares politermales al sur de la IV Región.

³⁹ Un estudio realizado por Garín (1986) menciona que el glaciar que se encuentra a menor altura está ubicado en la Cordillera Doña Ana, y se ubica desde una altura de 4.200 m.s.n.m., pero estudios posteriores identifican algunos cuerpos de hielo a alturas un poco menores.

Cuadro 5
Inventario de Glaciares de la Zona Norte de Chile⁴⁰

Región	Glaciares	Glaciarettes ⁴¹	Nevados ⁴²	Total	Área englacada (Kms ²)	Volumen de hielo (kms ³)	Volumen de Agua (kms ³) ⁴³
I	2	2	10	14	29,70	3,12	2,50
II	6	3	5	14	12,13	0,83	0,66
III	28	12	9	49	66,83	5,91	4,72
IV	9	1	1	11	7,02*	0,46	0,37
Total	45	18	25	88	115,68	10,32	8,256

Fuente: elaboración propia a partir de datos extraídos por Garín (1987)

3.1-2 Zona Centro

La zona centro, comprende los paralelos 32° y 37° de latitud sur, desde la cuenca del Río Aconcagua (V Región) hasta la cuenca del Río Maule (VII Región), presenta clima semiárido en la parte norte y más templado hacia el sur, con ríos de régimen nivoso y pluvio-nival, por lo que el caudal de la mayoría de los ríos aumenta en primavera y verano.

Las cuencas principales son: Aconcagua, Maipo, Rapel, Mataquito y Maule. Desde el Mataquito hacia el sur, hasta el Petrohué, en la Región de los Lagos, la superficie glaciar tiende a disminuir respecto a Chile central, ya que la Cordillera de los Andes disminuye en altura. En la zona centro se han inventariado, hasta ahora, un total de 1.500 glaciares (Cuadro 6), con una superficie de hielo de 1.019,26 kms², la segunda mayor área englacada después de los Campos de Hielo austral.

La cuenca del Aconcagua presenta un total de 267 glaciares, con una superficie de 151,25 kms². La altura mínima en donde se localizan estos glaciares corresponde a los 3.519 m.s.n.m., y la máxima a los 3.885 m.s.n.m. (Valdivia, 1984a). No se tienen datos sobre la identificación de glaciares cubiertos o de roca en esta cuenca, aunque su existencia es presumible dado las características de la zona.

⁴⁰ La superficie englacada más grande corresponde a los Nevados de Moroni Sillajuay, ubicados en la Primera Región de Tarapacá, que poseen 13,8 kms².

⁴¹ Glaciarettes (Niche, w all-sided, glaciarets, ice aprons or cliff glaciers). Son las masas de hielo más pequeñas que pueden encontrarse en laderas de montañas, depresiones, sectores en sombras, sectores receptores de avalanchas de nieve, etc. Estas masas de hielo pequeñas, pueden no evidenciar flujo y pueden deberse a nieve que perdura por algunos años, pero que es prácticamente inactiva. En años muy secos estas masas tienden a desaparecer, cubrirse de materiales o reducirse significativamente (Centro de Estudios Científicos y Universidad de Chile, 2005).

⁴² Según Garín (1987) los nevados son "acumulaciones de nieve y hielo con forma de casquete en donde no es posible determinar la línea de separación entre la nieve semi permanente estacional y el hielo en los citados cuerpos".

⁴³ Para calcular el volumen de agua que aportan los glaciares, se considera el hielo con una densidad de 0,8 gr/cm³.

⁴⁴ El área englacada total del inventario de Garín consideró 33,1 kms² correspondientes a cubiertas semipermanentes de nieve, la que no ha sido considerada en la investigación de Rivera et al., (2000). Este tipo de cubiertas debe estudiarse con mayor profundidad ya que se presume su importancia en procesos hidrológicos del área.

Cuadro 6
Inventarios de glaciares Zona Centro

Región	Cuenca hidrográfica	Nº de glaciares ⁴⁵	Área englacada (kms ²)	Volumen de Hielo (kms ³) ⁴⁶	Volumen de Agua (kms ³)
V	Aconcagua	267	151,25	7,08	5,66
RM	Maipo	647	421,9	39,3098	30,6478
VI	Cachapoal	146	222,42	22,83	18,264
VI	Tinguiririca	261	106,46	11,28	9,02
VII	Mataquito	81	81,91	2,29	1,83
VII	Maule	98	35,32	s/i	s/i
Total		1.500	1.019,26	82,7898	65,4218

Fuentes: Elaboración propia de datos obtenidos en Marangunic (1979a); Caviedes (1979); Valdivia (1984a); Valdivia (1984b) y Rivera et al. (2000).

El Maipo es uno de los principales ríos de Chile central, abastece la zona con mayor densidad poblacional e industrial del país. La cuenca del Maipo está constituida por las hoyas hidrográficas de los ríos Mapocho, Colorado, Yeso, El Volcán y el Estero San José. De los 647 glaciares inventariados, 326 son de roca o cubiertos sumando una superficie de 164,72 km². Su ubicación se encuentra entre la cota mínima de 3.730 m.s.n.m. y la cota máxima promedio es de 4.203 m.s.n.m. (Marangunic, 1979a). Según Peña y Nazarala (1987) el derretimiento de glaciares en la cuenca del río Maipo es de vital importancia para la mantención de caudales en períodos secos de verano, ya que el aporte de los glaciares representa entre un 30% y un 67% del caudal del río Maipo en meses de sequía. Por lo tanto, el aporte de los glaciares a las cuencas de la zona central es trascendental para el abastecimiento de las áreas aguas abajo. Así lo expresa también Marangunic (1979b), "la fusión de los hielos de los glaciares continentales cordilleranos es la más importante, y virtualmente única, fuente de recarga durante los meses de verano y otoño para los grandes ríos de la región central de Chile que tienen su origen en la cadena andina"

Para el río Cachapoal Jaime Caviedes (1979) y Pedro Valdivia (1984a), inventariaron 146 glaciares en la cabecera de cuenca del río Cachapoal, dividido en 6 sub-cuencas, de los cuales 25 son glaciares de roca, 77 son descubiertos y 44 correspondían a glaciarettes, cubriendo una superficie de 222,42 kms². La reserva total de agua de estos glaciares es de aproximadamente 18.000 millones de metros cúbicos.

La cuenca del río Tinguiririca presenta unas 15 lagunas y numerosas vegas, Valdivia (1984b) inventarió 261 glaciares, con una superficie total de 106,46 kms² de los cuales 103,2662 kms² corresponden a glaciares descubiertos y 3,1938 kms² corresponden a glaciares cubiertos o de roca. La cantidad de glaciares de roca disminuye en esta cuenca con respecto a la cuenca del Maipo y Cachapoal. De la totalidad de glaciares identificados en esta cuenca, sólo el 3% corresponde a glaciares de roca y el 97% corresponde a glaciares de superficie

⁴⁵ Para las cuencas del Maipo, Cachapoal, Tinguiririca y Maule se han considerado glaciares descubiertos, cubiertos y de roca.

⁴⁶ Para la estimación del volumen de hielo de las cuencas del Maipo, Cachapoal, Tinguiririca y Maule, que incluye glaciares de roca, Marangunic (1979a), debido a la falta de información, decide estimar que sólo el 50% del volumen total de los glaciares de roca está constituido por hielo y lo restante corresponde a material rocoso de tamaños diversos. Es así como la mayoría de los estudios posteriores, realizados por distintos autores, usan estos valores estimativos.

expuesta de hielo. La cota mínima de ubicación de los glaciares en esta cuenca es de 2.200 m.s.n.m., y la cota máxima es de 5.020 m.s.n.m.

El inventario de glaciares de la hoya del río Mataquito fue realizado por Naveroy (1987), identificando 81 glaciares, correspondiente a 81,91kms², gran parte de ellos (59,26%), correspondientes a glaciaretos⁴⁷. En esta cuenca la cota mínima de la ubicación de los glaciares varía entre 2.000 y 2.200 m.s.n.m. y la altura máxima varía entre los 4.000 y 4.100 m.s.n.m.

En la cuenca del Maule, con un área englaciada de 35,32 kms², sólo 2 de los 98 glaciares identificados son de roca, constituyendo un 1,8% del área cubierta por glaciares. Ello manifiesta nuevamente la disminución de los glaciares de roca a medida que se avanza hacia el sur. La cota promedio mínima de ubicación de los glaciares es de 2.606 m.s.n.m. y la máxima promedio es de 3.950 m.s.n.m.

3.1-3 Zona Sur

La zona sur del país, ubicada entre los paralelos 37° y 42° de latitud sur, entre el río Itata (VII. Región) y el río Petrohué (X Región), presenta un régimen de precipitaciones mucho más intenso, el cual se incrementa a medida que aumenta la latitud; por ello los ríos, en su mayoría, presentan caudales de origen nivo-pluvial o pluvial. Una de las características de estas regiones es la presencia de un número importante de conos volcánicos, que tienen una gran influencia en la dinámica y fusión de los glaciares en sus laderas.

El área englaciada en la zona sur disminuye en comparación al área cubierta por glaciares en la zona central (ver Cuadro 7), debido, primero, a una disminución progresiva de la altura de la Cordillera de los Andes y, segundo, debido a un clima que con condiciones más extremas que en el norte, no es lo suficientemente frío para lograr que la isoterma cero se mantenga a menores alturas, posibilitando la permanencia de masas de hielo.

El inventario de la zona sur, sin incluir el Itata, fue realizado por Rivera (1989) identificándose 82 glaciares, y no los 87 que se observan en el Cuadro 7, donde se realiza un análisis por cuenca hidrográfica, debido a que varios conos montañosos poseen glaciares en toda la cumbre, por lo tanto aportan agua a varias cuencas⁴⁸.

La cuenca del río Itata no está inventariada, sin embargo Rivera et al., (2000) estima que la superficie englaciada de dicha cuenca sería de 15 kms², sin detallar número ni tipo de glaciares.

⁴⁷ Idem Nota 41.

⁴⁸ Por ello para representar el aporte de los glaciares a cada cuenca, el autor determinó dividir los cuerpos de hielo para poder representar de mejor manera la relación cuenca-glaciar. Es así como se dividieron, en dos, los glaciares del Volcán Villarrica, Volcán Quetripillán y Volcán Mocho, generando 6 glaciares en vez de los 3 que realmente existen en la zona. En el caso del glaciar del Volcán Osorno, este se dividió en tres debido a que aportaba a tres cuencas (cuencas del Bueno, Petrohué y Maullín). Esta división no afectó de ninguna manera a la superficie total de glaciares ni a su volumen de hielo, ya que sólo tenía por finalidad hacer más explicativo y empírico el estudio.

La cuenca del Bío Bío, de régimen nivo-pluvial, presenta 7 áreas de montaña, que albergan a 29 glaciares. El área de montaña más importante es Sierra Velluda, que cuenta con 11 glaciares, abarcando un área de 20,3 kms², correspondiente al 38,76% del total del área englacada en la cuenca. La cuenca del río Imperial cuenta con 4 áreas de montaña, la más importante es el Volcán Llaima, que con sólo 3 glaciares logra abarcar un 64,62% de la superficie englacada de toda la cuenca. Los 10 glaciares restantes representan un área de aproximadamente 6.69 kms².

Cuadro 7
Inventario de glaciares Zona Sur

Región	Cuencas Hidricas	Número de glaciares	Área englacada (kms ²)	Volumen de Hielo (kms ³)	Volumen de agua (kms ³)
VIII	Itata	s/i	15,00	s/i	s/i
VIII	Bío Bío	29	52,37	5,269	4,2152
IX	Imperial	13	18,72	1,526	1,2208
IX-X	Tolten	14	68,48	10,449	8,3592
IX-X	Valdivia	6	42,33	8,128	6,5024
X	Bueno	11	19,35	2,922	2,3376
X	Mauñín	1	2,84	0,440	0,3520
X	Chamiza	1	1,05	0,068	0,0544
X	Petrohué	12	60,57	7,764	6,2112
	TOTAL	87	280,71	36,566	29,2528

Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos en Rivera (1989); Rivera et al. (2000).

La cuenca del río Tolten es la más importante de la zona sur y contiene la mayor área englacada de todas las cuencas sureñas: Cuenta con 6 áreas de montaña, donde la más importante vuelve a ser el Volcán Llaima, que en su sección sur, con un área englacada de 19,9 kms², correspondiente al 29% de la superficie total englacada de la cuenca, pero con 2 centros montañosos que presentan igual relevancia, los Nevados de Sollipulli y el Volcán Villarrica, con 19,38 kms² y 17,13 kms² respectivamente. En el caso de la cuenca del Valdivia una de las características es la importante presencia de lagos que son alimentados por glaciares, el más importante cuerpo de hielo es el casquete sur del Volcán Villarrica que con 22,77 kms² abarca al 53,8% de la superficie total de glaciares de la cuenca. La cuenca del Bueno posee ríos de régimen pluvial, con sólo algunos esteros cordilleranos que poseen alimentación nival, presenta 5 centros montañosos, el más importante de ellos es el complejo volcánico Mochó-Choshuenco, que con un solo glaciar logra abarcar el 61,6% de la superficie englacada de la cuenca.

La cuenca del Mauñín, también presenta régimen pluvial. En ella es posible encontrar un solo cuerpo glaciar ubicado en el Volcán Osorno, cuya superficie es de 2,74 kms², que alimenta el Lago Llanquihue. Como es la tónica de los ríos sureños, la cuenca del Chamiza tiene régimen pluvial, y al igual que la cuenca del Mauñín posee sólo un cuerpo glaciar de 1,05 km², ubicado en el Volcán Calbuco, que alimenta el Lago Chapo. Finalmente la cuenca del Petrohué alberga 3 centros montañosos, el más importante es el Monte Tronador, que con sus 7 glaciares abarca 51,04 kms² correspondientes al 84,27% del total del área englacada de la cuenca. Al igual que en la mayoría de las cuencas mencionadas, los ríos

son de régimen pluvial, sin embargo en las zonas altas presenta aportes glaciares en las nacientes de las aguas.

La relevancia de los glaciares de la zona sur es que "los caudales de estilaje de los principales ríos de la región, son explicados por el derretimiento de los cuerpos de hielo, además de los aportes de las napas subterráneas que estos mismos glaciares aportan, en particular en terrenos volcánicos de alta permeabilidad o en cráteres que por índices geotérmicos altos, generan importante cantidad de agua que percola y se vacía a las cuencas" (Rivera, 1989). Por lo tanto, si bien los ríos de esta zona poseen un régimen principalmente pluvial, no se puede pasar por alto la importancia que estos glaciares tienen para sus cuencas, más aun si se considera que los glaciares de esta zona son templados, por lo tanto se ven muy influenciadas por las variaciones globales de temperatura ya que pequeños incrementos de esta aumentará las tasas de derretimiento

3.1-4 Zona Austral

La Zona Austral, donde se encuentran Campos de Hielo Norte y Campos de Hielo Sur, posee las áreas englaciadas más grandes del país y del continente, abarcando 13.859 kms² (ver Cuadro 8), correspondientes al 90% del total de superficie cubierta por glaciares a nivel nacional. Estas regiones son las más extremas del país, con un clima lluvioso y frío durante gran parte del año (Centro de Estudios Científicos y Universidad de Chile).

Cuadro 8
Inventario de glaciares Zona Austral

Región	Sector	Número de Glaciares	Área Englaciada (kms ²)
XI	Campos de Hielo Norte	28	4.200
XI - XII	Campos de Hielo Sur	48	9.659 ⁴⁹
TOTAL		76	13.859

Fuente: Rivera et al., 2000 y Rivera et al., 2002, glaciologia.cl

De los campos de hielo patagónicos el más grande es Campos de Hielo Sur, encontrándose entre la XI y XII regiones, abarcando al 69,6% de los glaciares de la zona austral. Debido a la combinación de una gran riqueza de especies y de un reducido impacto humano Campo de Hielo Sur ha sido declarado como Parque Nacional tanto en el lado Chileno como Argentino, motivando la investigación y el turismo en la zona (Centro de Estudios Científicos y Universidad de Chile).

El número de investigaciones científicas en la zona supera con creces a las realizadas en otras partes del país. Estas se han focalizado en las influencias del cambio climático en los glaciares del sector y en el aporte de estos al aumento del nivel del mar. El aporte de las áreas englaciadas al abastecimiento humano directo en la zona austral no es importante ya que estas regiones poseen poblaciones muy reducidas. alejadas de los Campos de Hielo y

⁴⁹ Cabe destacar que el total de Campos de Hielo Sur tiene un área englaciada de 11.259 kms² con 48 glaciares, 40 de ellos se encuentran en el lado chileno totalizando una superficie de 9.659 kms² (Rivera et al., 2002).

con abundancia de agua, disminuyendo los problemas para la obtención de ésta. Adicionalmente en esta zona las precipitaciones pueden llegar a 10.000 mm/año.

3.2- Estado de los glaciares a nivel nacional

Los estudios realizados a diversos glaciares del país muestran que gran parte de ellos se encuentran en retroceso. La investigación de Rivera et al. (2000), muestra que en el país se han medido las variaciones frontales históricas de aproximadamente 100 glaciares, de los cuales un 87% muestran retrocesos, lo que coincide con la tendencia a nivel mundial, en donde el derretimiento mayor de los glaciares ha sido la tónica de las últimas décadas. Es importante que Chile pueda continuar estos estudios sobre un universo mayor del total de glaciares inventariados⁵⁰.

Según Lliboutry (1958, citado por Rivera et al., 2000), entre 1930 y 1950 los glaciares del Norte Grande no presentan evidencia de un retroceso sensible. En estudios posteriores el único glaciar que ha sido medido en el Norte Chico es el glaciar Tronquito, ubicado en el cerro del mismo nombre, en la cuenca superior del río Copiapó, con una tasa de retroceso de 23 metros por año en el periodo comprendido entre 1984-1996. Por su parte el Glaciar Tapado⁵¹, IV Región, ha tenido variaciones interanuales que se explican netamente por la influencia del fenómeno ENOS (El Niño/Oscilación del Sur), teniendo acumulaciones positivas durante los períodos El Niño y negativas producto de la Oscilación del Sur (Centro de Estudios Científicos y Universidad de Chile).

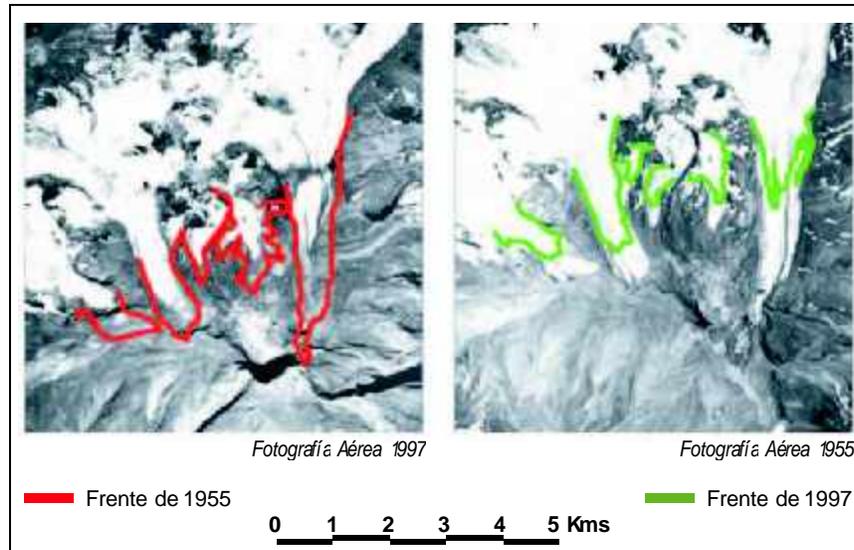
En Chile central se han evaluado 8 glaciares, los que han evidenciado tendencias negativas, con bajas tasas de retroceso. El glaciar Juncal Sur (figura 19) mostró avances durante la primera mitad del siglo pasado (1900-1950), sin embargo desde esa fecha hasta 1997 ha mostrado un marcado retroceso de 50 metros por año, llegando a ser el glaciar que mayor retroceso ha experimentado en la zona central. Entre 1955 y 1997, en el glaciar Juncal Sur se ha constatado un retroceso frontal de 2,1 kms; un cambio de área de 2,8 kms² y una tasa de adelgazamiento de 1 m.a.⁻¹ (Rivera et al 2002).

A diferencia de las altas tasas de derretimiento del glaciar anterior, el glaciar Juncal Norte, perteneciente al mismo cordón cordillerano, ha mostrado tasas pequeñas de retroceso, no superando los 4 metros por año (Centro de Estudios Científicos y Universidad de Chile) y el glaciar Echaurren Norte, un poco más al sur, ha mostrado balance de masa positivos entre 1975 y 1993 (Escobar et al., 1995). Esto se explica al analizar las condiciones locales que influyen en estos glaciares, siendo más dominantes las condiciones que se generan en torno al glaciar Juncal Norte y Echaurren Norte, impidiendo la insolación del glaciar, limitando la ablación excesiva.

⁵⁰ Los glaciares estudiados para analizar sus variaciones frontales corresponden al 5,6% del total de glaciares inventariados en el país.

⁵¹ El Glaciar Tapado tiene una sección que está descubierta y otra que corresponde a un glaciar de roca; la que se ha medido es la parte expuesta.

Figura 19
Retroceso del Glaciar Juncal Sur entre los años 1955 y 1997



Fuente: Rivera et al. 2002, (en Presentación "Impacto de los Cambios Climáticos sobre los Glaciares y los recursos hídricos de Chile" Dr. Andres Rivera, 2006).

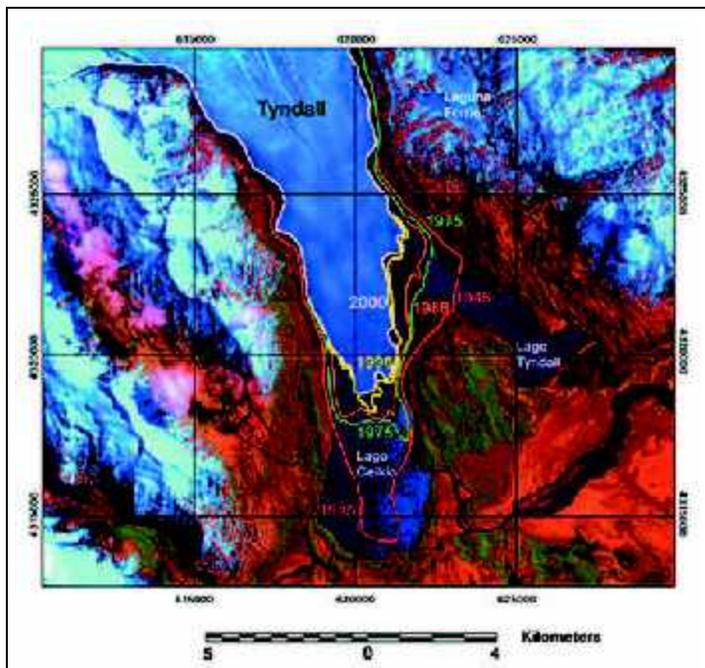
En la zona sur se ha medido el glaciar del Monte Tronador y sus lenguas que fluyen hacia el lado chileno, las que han mostrado tasas de retroceso de 32 metros por año en el período 1961-1995.

Las variaciones recientes de Campos de Hielo Norte y Sur, en la zona austral, han sido las más estudiadas de todo el país y todas las cifras, con algunas excepciones, muestran un marcado retroceso, principalmente en los frentes terminales, como es posible observar en la Figura 20, donde se muestran las líneas que marcan las variaciones del frente terminal del glaciar Tyndall entre los años 1945 y 2000, indicando un marcado retroceso, y la Figura 21 que muestra 2 imágenes satelitales de los ventisqueros San Quintín y San Rafael de Campos de Hielo Norte, una correspondiente al año 1994 y la otra al año 2002, observándose un retroceso importante.

En definitiva, la mayoría de los glaciares analizados muestran retrocesos que Rivera et al. (2000) relaciona con el proceso de cambio climático indicando "considerando que la gran mayoría de los glaciares aquí descritos están retrocediendo, con tasas variables pero significativas, que el balance de masa acumulado es negativo y que los cambios de espesor detectados son negativos, lo más probable es que el factor climático sea la principal causa que explica dichos procesos".

Es importante destacar que las tasas de retroceso de los diferentes glaciares no es igualitaria ni siquiera para glaciares que pertenecen a una misma cuenca o cordón montañoso, ya que cada uno de los cuerpos de hielo se ubican en sectores que poseen condiciones locales especiales que pueden otorgar ciertas características que determinen su respuesta a los procesos globales (geometría de las cuencas, actividad volcánica, laderas de exposición, forma de los fiordos o aspectos locales de acumulación de nieve).

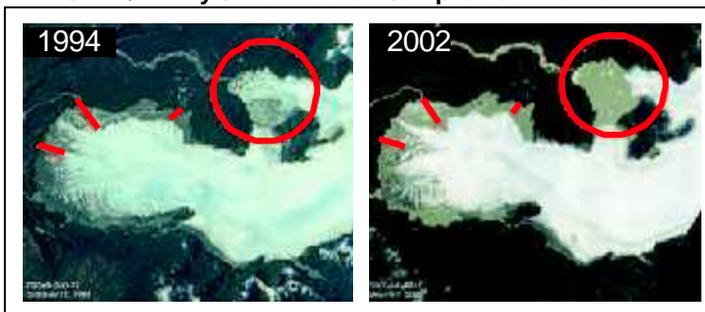
Figura 20
Variaciones del frente principal del Glaciar Tyndall en los lagos Tyndall y Geikie entre los años 1945 y 2000



Fuente: Rivera y Casassa, 2004.

Nota: Se puede observar que la línea roja marca el tamaño que tenía el glaciar Tyndall el año 1945, y la delineación blanca muestra su borde a año 2000, observándose un gran retroceso.

Figura 21
Imágenes satelitales del retroceso de los ventisqueros San Quintín y San Rafael en Campos de Hielo Norte



Fuente: Instituto Geográfico Militar. Presentación Grupo de Trabajo Conservación de Glaciares, 2006.

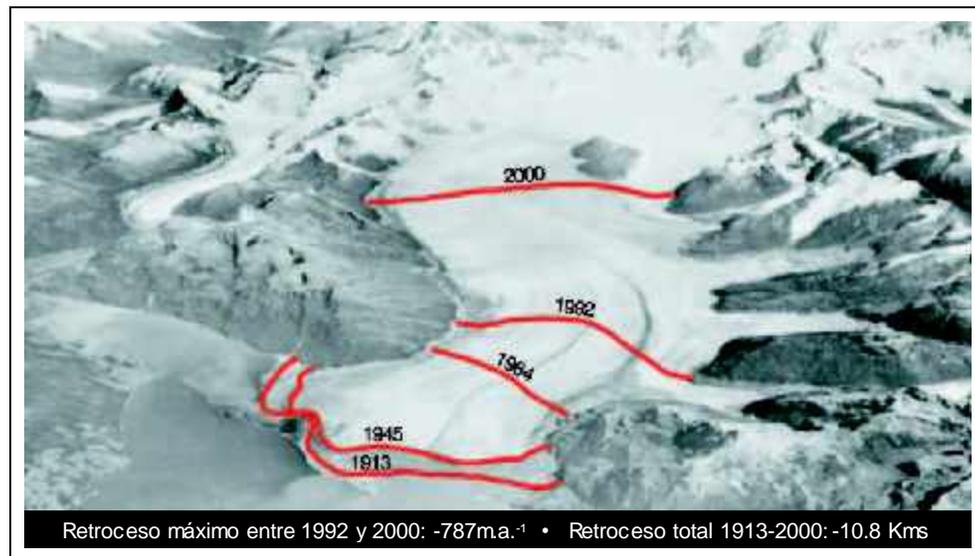
Si bien el estudio de Rivera et al. (2000), marca una tendencia, debe considerarse que sólo representa al 5,6% de los glaciares en el país, y que los de la zona norte, centro y sur, están mínimamente representados ya que la mayoría de las investigaciones se han desarrollado en glaciares de campos de hielo patagónico.

Finalmente en la Cordillera de Darwin, en el extremo sur del territorio nacional, estudios de Porter y Santana publicados en 2003, muestran un retroceso de 787m.a.-1 en el glaciar Marinelli entre los años 1992 y 2000; y un retroceso total de 10.8 kms entre los años 1913 y 2000 (Figura 22).

Por ello a futuro urge profundizar en la influencia que tiene el fenómeno ENSO (El Niño / Oscilación del Sur) sobre el avance o retroceso de los glaciares del norte y centro del país, ya que este fenómeno climático puede ser un factor determinante para la mayor o menor acumulación de nieve en la alta cordillera, como es el caso del balance positivo del Glaciar Echaurren Norte explicado por Escobar et al. (1995), donde plantean que los valores marcadamente positivos indican la ocurrencia del fenómeno de El Niño, observándose una buena correlación entre balance positivo, la acumulación y la precipitación, pero no ocurre lo mismo entre la ablación y la temperatura.

Sin embargo hay que reconocer que el retroceso de los glaciares no solo afecta exclusivamente a los glaciares chilenos, sino que corresponde a un proceso a nivel mundial⁵² que afecta más intensamente a los glaciares de latitudes medias, pero también a los grandes

Figura 22
Retroceso del Glaciar Marinelli entre los años 1913 y 2000



Fuente: Porter y Santana 2003, (en Presentación "Impacto de los Cambios Climáticos sobre los Glaciares y los recursos hídricos de Chile" Dr. Andres Rivera, 2006).

⁵² Entre Chile y Argentina, en los últimos 7 años se han perdido 42 kms² de hielo por año, investigaciones en Kilimanjaro (Tanzania) demuestran que desde 1912 a la fecha los casquetes han disminuido en un 80% del volumen; en Monte Kenia (Africa), el glaciar de mayor envergadura ha disminuido un 40% desde 1963, por otra parte, en el Himalaya los glaciares del Tibet han disminuido entre 20 y 30 metros en sólo un año, además los glaciares Quelccaya (Perú) han disminuido en un 20%. En los Pirineos han desaparecido la mitad de los glaciares que existían en 1980 y el glaciar más grande de Norte América (G. Bering) ha disminuido 130 kms² y reducido su grosor en 130 metros en los últimos 50 años, en África sólo se conserva el 8% del glaciar más grande del Monte Kenia y en Suecia el retroceso es de un 70% (Alianza de las Montañas, s.a.; Greenpeace, s.a., Agencia Europea del Medio Ambiente, 2005).

casquetes polares. Chile debe verificar, a través del estudio de sus glaciares en la zona norte y centro del país, si el impacto corresponde a la tendencia mundial. Ello permitirá acelerar políticas tendientes a reducir la vulnerabilidad de las regiones con mayor densidad poblacional y mayor dependencia de las fuentes perennes de agua que proveen los glaciares.

De las investigaciones realizadas hasta la fecha se puede concluir en términos generales que las tendencias de aumento en las temperaturas y la disminución de las precipitaciones seguirá afectando en forma negativa a los glaciares de la Cordillera de los Andes. Ello hace prioritaria la investigación para analizar la evolución de la mayor parte de los glaciares.

3.3- La importancia de los glaciares en Chile

Los aportes hídricos de los glaciares se caracterizan por estar en relación directa con el abastecimiento humano y a los ecosistemas; también se relacionan con el aumento del nivel mundial de los océanos. En el caso de Chile es posible analizar los aportes glaciares según ambas características.

Los cuerpos de hielo de las zonas norte, centro y sur, principalmente los que se encuentran en cuencas con régimen nival y nivo-pluvial, tienen relevancia debido al aporte hídrico que realizan a las cuencas y actividades humanas en los sectores ubicados aguas abajo, siendo aportes fundamentales en las zonas norte y centro del país debido a que estas presentan condiciones de aridez y semiaridez, con bajos niveles de precipitaciones, estando sometidas a oscilaciones climáticas que las hacen estar expuestas a períodos de sequía importantes⁵³.

Diversas investigaciones científicas muestran la relevancia de los glaciares en zonas áridas, como por ejemplo la realizada por Milana y Güell (2005), donde se indica que estas zonas "cuentan con cuerpos de hielo como únicas reservas hídricas de carácter "permanente" dado que el resto del agua que no es retenida en forma de hielo, escurre o percola rápidamente debido a las altas pendientes de estas zonas y a la ausencia de reservorios hidrogeológicos de mediana a gran envergadura". Lamentablemente el número de investigaciones realizadas en la zona norte ha sido pequeño, "los glaciares del norte del país no han merecido suficiente atención de los especialistas, lo que debiera revertirse en el futuro, especialmente respecto a los glaciares rocosos" (Rivera et al., 2000).

En el caso de "los glaciares de Chile central, si bien tienen una baja participación en el aporte volumétrico a nivel global (aumento del nivel del mar), son vitales para la mantención de caudales en zonas pobladas en períodos con veranos secos" (Rivera et al., 2000), Marangunic (1979) destaca que "la fusión de los hielos de los glaciares continentales cordilleranos es la más importante, y virtualmente única fuente de recarga durante los

⁵³ El fenómeno ENOS (El Niño/Oscilación del Sur) genera períodos de aumentos precipitacionales y períodos de sequía extrema que puede durar varios años.

meses de verano y otoño para los grandes ríos de la región central de Chile, que tienen su origen en la cadena andina”.

En el caso de la Región Metropolitana de Santiago por ejemplo, el río Maipo, perteneciente a la cuenca que alberga a la mayor población del país, en períodos de verano o sequía ha presentado aportes glaciares significativos a los caudales del río, llegando a representar entre un tercio y dos tercios del volumen total de agua que lleva el cauce (aproximadamente entre un 30 y 60% del caudal total del río). En el verano de 1968-1969, considerado como uno de los años más secos de los que se tiene registro en la zona central de Chile; el 67% del volumen mensual de agua que llevaba el río Maipo correspondía a aporte glaciar producto del derretimiento de los cuernos de hielo cordilleranos (Peña y Nazarala, 1987).

En cuanto a los glaciares de roca de la zona cordillerana de la Región Metropolitana, aunque estos no son tan grandes como los glaciares de las cumbres principales, “contienen, por su mayor número y más amplia distribución, una cantidad considerable de agua” (Brennina, 2003).

En la zona central por su alta densidad poblacional y la concentración de actividades económicas intensivas en el uso del agua, la Cordillera de los Andes cumple un rol preponderante en la provisión de recursos hídricos, ya que estas regiones son las que presentan mayor superficie englacada luego de Campos de Hielo. Caviades (1979) indica que “en la zona central de nuestro país, el monto de recursos hídricos está fundamentalmente determinado por la presencia de los sectores cordilleranos andinos, de masa de nieve y hielo que originan, durante los períodos de deshielo, las aguas de fusión que inciden considerablemente en el balance hidrológico anual”.

En el caso de los glaciares de la zona sur, si bien los ríos poseen un régimen principalmente pluvial, “los caudales de estiaje de los principales ríos de la región son explicados por el derretimiento de los cuerpos de hielo, además de los aportes de las napas subterráneas que estos mismos glaciares aportan, en particular en terrenos volcánicos de alta permeabilidad o en cráteres que por índices geotérmicos altos, generan importante cantidad de agua que percola y se vacía a las cuencas” (Rivera, 1989). El que estos glaciares sean templados hace que estén muy influenciadas por las variaciones globales de temperatura, por lo que pequeños incrementos de ésta aumentará las tasas de derretimiento, pudiendo presentar grandes riesgos para su permanencia.

La zona austral del país, y principalmente los campos de hielo patagónicos, al estar alejados de los poblados que generalmente gozan de abundante agua debido a las condiciones climáticas de la región, no presentan mayor relevancia para el abastecimiento humano, pero sí cobran relevancia la conservación de los ecosistemas y los aportes que generan para el aumento del nivel del mar, ya que del volumen total que los glaciares pequeños⁵⁴ aportan al nivel del mar, aproximadamente un 9% de ese aumento es explicado por campos de hielo nival. cuando en superficie no constituyen más del 6% de esos glaciares.

⁵⁴ Todos los glaciares excepto Groenlandia y Antártica.

Para Chile, conservar y proteger los glaciares es fundamental, debido al impacto que su reducción puede causar tanto a las poblaciones, como a las economías de subsistencia, a los recursos naturales y la producción agrícola en los lugares de mayor producción y población del país (zona norte y centro). Asimismo, debido a los riesgos y consecuencias que puede tener el aumento del nivel del mar sobre las amplias y pobladas áreas costeras de países como Chile y que no tienen los recursos ni la infraestructura necesaria para hacer frente a este tipo de riesgos.

Actualmente es un consenso científico que los glaciares proveen de agua durante períodos de déficit hídrico permitiendo la permanencia del flujo hídrico de las cuencas, principalmente en las zonas altas de éstas (Ferrando, 1991; Croce y Milana, 2002). Por ello son fundamentales para el equilibrio hídrico y climático de las hoyas hidrográficas, quedando demostrado en una gran cantidad de investigaciones enfocadas principalmente a la preocupación e incertidumbre que existe producto del retroceso que han experimentado gran parte de los cuerpos de hielo mundiales, principalmente aquellos alejados de los polos, ubicados en zonas montañosas.

3.4- Riesgos y amenazas actuales para los glaciares en Chile

La discusión ciudadana sobre el futuro de los glaciares y el impacto que pueden provocar las actividades productivas en la alta cordillera se ha iniciado sólo hace algunos años en Chile, pero la intervención de los glaciares de montaña comenzó hace varias décadas.

3.4-1 Proyecto minero Pascua Lama, III Región

El proyecto Pascua Lama, de Barrick Gold Corporation en la cuenca del río Huasco en la III Región al norte del país, pretendía en su formulación inicial remover 3 glaciares, Toro 1, Toro 2 y Esperanza, debido a que estos se encontraban en el área del rajo proyectado de la mina. Se argumentaba que correspondían a reservorios glaciares que estaban en franco proceso de desaparición debido a las altas tasas de derretimiento que presentaban y que eran de poca relevancia hídrica para la cuenca⁵⁵. La Figura 23 muestra los glaciares Toro I y II entre 1955 y 1981 donde no se registra mayor variación salvo diferencias estacionales. Sin embargo su disminución es dramática entre 1981 y el 2000, años en que se desarrollan prospecciones mineras y caminos en el área, afectando irreversiblemente dichos cuerpos de hielo⁵⁶.

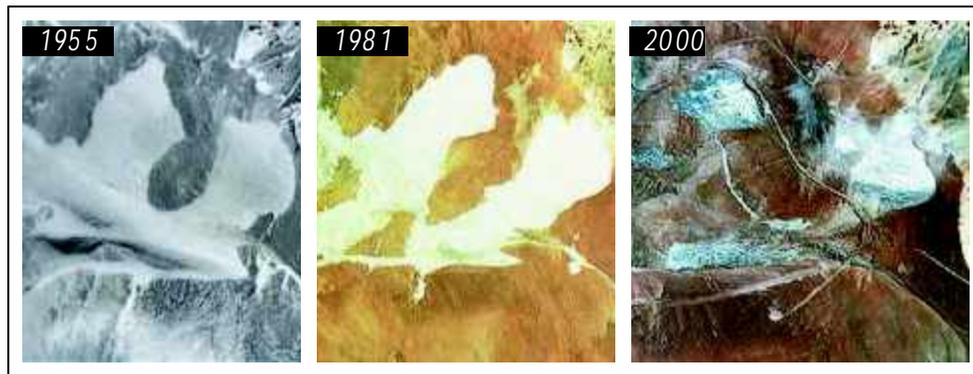
Los documentos presentados por la empresa Barrick Gold a la Comisión Nacional de Medio Ambiente, III Región, y el testimonio de un ex trabajador de una empresa contratista que realizaba los servicios de sondaje en la zona permitió dar cuenta que aunque la empresa

⁵⁵ La Resolución Exenta N°24 que aprueba el proyecto Pascua Lama, emitida por la Comisión Nacional de Medio Ambiente el 15 de febrero de 2006, prohíbe la intervención de los “glaciares” Toro 1, Toro 2 y Esperanza, haciendo ver a la empresa que seguían siendo considerados como tales.

⁵⁶ El glaciar Toro 1 disminuyó un 62% y el Toro 2 un 71% de su tamaño.

Barrick Gold llegó a la zona en el año 1995, las exploraciones mineras para el proyecto Pascua Lama se iniciaron en la década de los '70 y tuvieron como función hacer un muestreo detallado de las reservas mineras del área. Los sondeos y caminos de acceso se realizaron en toda el área del proyecto, incluso sobre los glaciares, en donde se procedió a dinamitar parte del cuerpo de hielo con el objetivo de formar una plataforma en la cual situar la maquinaria perforadora para la toma de muestras.

Figura 23
Fotos aéreas de los glaciares Toro 1 y Toro 2



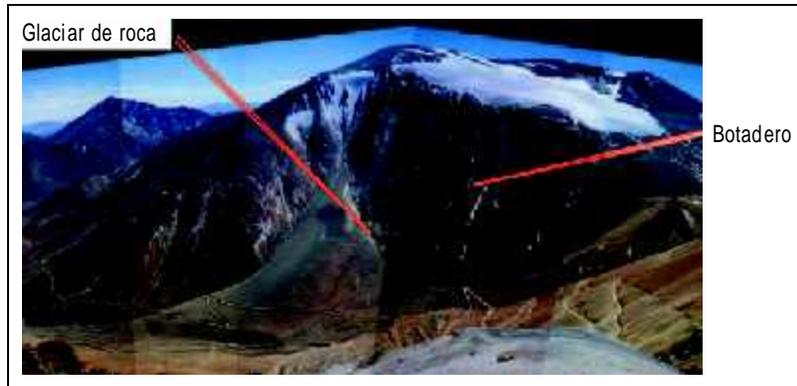
Fuente: Golder Associates, 2005a.

Esto muestra que el daño a los glaciares tenía una data de 20 años, y que la construcción de caminos y sondeos habían impactado negativamente a estos cuerpos de hielo llevándolos al estado actual, principalmente los realizados en las últimas etapas exploratorias, donde los sondeos se volvieron más intensivos. Este daño ambiental llevó a agricultores de la zona a interponer una denuncia a la COREMA de Atacama la cual, aún teniendo documentos entregados por la empresa que evidenciaban acciones sobre los glaciares, concluyó que no se contaba con la información necesaria para sacar conclusiones.

Se suma al daño ya existente, un daño potencial, ya que si bien la Comisión Regional de Medio Ambiente de la III Región (COREMA Atacama) indicó en la Resolución que aprueba las modificaciones al proyecto Pascua Lama⁵⁷, que el proyecto minero no podría intervenir glaciares (Toro 1, Toro 2 y Esperanza) ésta exigencia es desdibujada y contradicha por la autorización que permite la ubicación del botadero Nevada Norte, del mismo proyecto, en un sector que cubrirá por completo un glaciar de roca. En la Figura 24 es posible observar la fotoaerografía del lugar y la ubicación del glaciar de roca.

⁵⁷ Resolución Exenta N°24 del 15 de febrero de 2006, Comisión Nacional de Medio Ambiente.

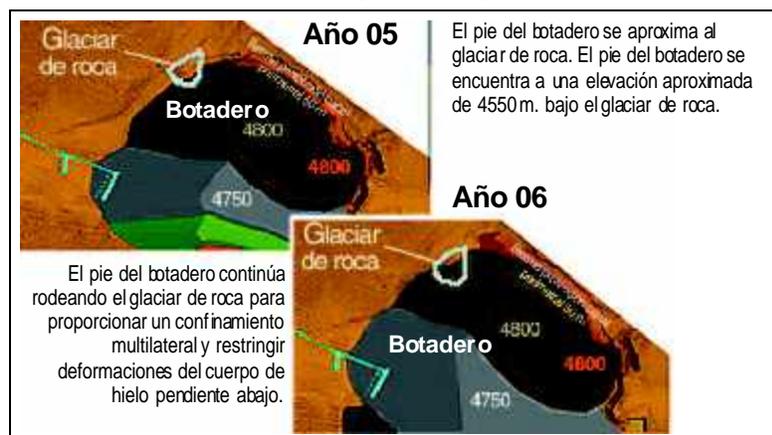
Figura 24
Sector en donde se ubicará el Botadero Nevada Norte



Fuente: Figura 3 "Afloramientos de Roca en el Estrecho", Revisión Geotécnica Nevada Norte-Proyecto Pascua Lama, Golder Associates, 2005b (escala 1:15.000)

El Botadero Nevada Norte, que se ubicará en la cabecera del valle del Río El Estrecho, tendrá una vida útil de 19 años y acumulará un total que excede los 1.200 millones de toneladas de estériles⁵⁸ en una extensión de 320 hectáreas, presentando una altura global de 700 metros. El plan de construcción del Botadero Nevada Norte considera una secuencia tal que primero será confinada la base del Glaciar de roca, con estériles, antes de ser cargado o cubierto por el botadero, hasta llegar a la situación final, en donde el glaciar se encontrará bajo 150 metros de estériles y a 250 metros detrás de la cresta final del botadero. En las Figuras 25 y 26 se pueden observar los pasos de depositación que llevará a al confinamiento total del glaciar.

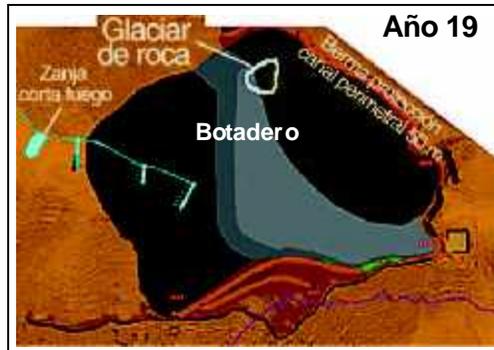
Figura 25
Secuencia plan de construcción del Botadero Nevada Norte desde el Año 5 y año 6 de producción



Fuente: Golder Associates, 2005b.

⁵⁸ Constituida en un 13.5% de Steam Heat; 15.5% de Silica cap; 10.4% de Oxidos; 34,1% de Proximal; y 26.6% de Distal.

Figura 26
Estado del Botadero Nevada Norte en el Año 19 de deposición de estériles



Fuente: Golder Associates, 2005b.

Los estériles suelen ser depositados aún cuando las temperaturas no han logrado una baja suficiente, por lo tanto lo más posible es que el glaciar sea cubierto por estériles generadores de calor, lo que provocará la desaparición del glaciar, por lo tanto, al contrario como lo menciona el estudio, la escorrentía descenderá bajo los niveles anteriores a la deposición de estériles, ya que no existirá esa fuente de agua abastecedora.

Si se revisan los recursos de reclamación realizados por la comunidad del Valle del Huasco, acogidos por la Comisión Nacional de Medio Ambiente posterior a la aprobación del proyecto, ocurrida en febrero de 2006, queda latente que esta situación es planteada a la institucionalidad ambiental, pero ésta ni siquiera la menciona o lo hace someramente en la respuesta que se le da a la comunidad.

De esta forma se configura una intervención masiva sobre un glaciar a partir del año 5 de funcionamiento del proyecto, contradiciendo el discurso de no intervención de glaciares que la Comisión Nacional de Medio Ambiente orgullosamente ha patentado luego de la aprobación del proyecto Pascua Lama. Es de gran preocupación esta situación, ya que se dió a entender a la ciudadanía y a los actores políticos del país que con esta resolución y con la institucionalidad ambiental existentes los glaciares no serán intervenidos; pero los hechos demuestran lo contrario.

No se comprenden los motivos por los cuales COREMA de Atacama entrega el estatus de glaciar a los glaciares descubiertos (Toro 1, Toro 2 y Esperanza), impidiendo la intervención de estos, y no usa el mismo criterio para definir la intervención o no intervención de los glaciares de roca, que según la comunidad científica tienen una gran relevancia hídrica para las cuencas, especialmente de la zona norte del país.

Es necesario considerar que Pascua Lama es el primer proyecto que se acoge al Tratado de Integración y Complementación Minera entre Chile y Argentina y representa muy claramente los riesgos que puede provocar la actividad minera masiva desarrollada en la divisoria de aguas de Chile y Argentina donde se encuentran los glaciares, incluso en la etapa exploratoria de reservas minerales, donde la regulación y fiscalización es casi nula.

3.4-2 Mina Sur Sur, División Andina de Codelco, V Región

La mina Sur Sur, División Andina de la empresa estatal Codelco Chile, posee una mina a rajo abierto localizada en la comuna de Los Andes, zona cordillerana de la V Región. En operación desde 1983, la mina inicialmente tenía una proyección de 4 años de extracción de minerales de alta ley. Debido a nuevos estudios, se alargó a 8 años.

Debido a la corta vida útil proyectada para la mina, se buscó reducir las distancias del transporte de estériles, los que comenzaron a ser depositados sobre el Glaciar Río Blanco, en un sector muy cercano al rajo. El peso de los estériles provocó que los cuerpos de hielo comenzaran a desplazarse lentamente, provocando problemas menores en los caminos cercanos y el rajo de la mina.

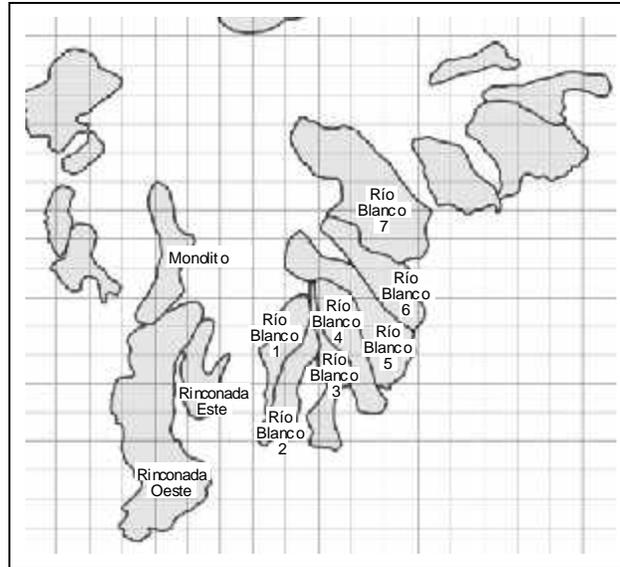
Entre 1983 y 1997, Codelco Andina removió espesores "menores" de un glaciar de roca que ellos denominaron "morrena"⁵⁹ que se encontraba dentro del rajo de la mina, pero desde 1997 se manifestó una mayor presencia y avance del glaciar de roca, que avanzaba del orden de 20 metros por año, dificultando el trabajo y causando riesgos para el personal y las maquinarias. Como se muestra en un estudio realizado por Morales (2001), el enfoque que entrega la empresa es netamente productivista, buscando las medidas necesarias para que los glaciares de roca no afectaran negativamente a la producción minera. Esto queda expresado por Morales (2001) que indica "la problemática que representa el movimiento inesperado de las morrenas y que afectan la operación de la mina a rajo abierto, significa poner en riesgo el aporte de la mina expresado en los planes de producción de largo plazo".

Como se observa en la Figura 27, dentro del rajo de la mina existen 9 lenguas glaciares, 7 de ellas pertenecientes al Glaciar Río Blanco y 2 al Glaciar Rinconada, con sectores donde la mezcla de hielo y roca posee una profundidad de 100 metros.

La deformación de las paredes de la mina comenzó a provocar desmoronamientos, implicando un desplazamiento mayor de los glaciares, lo que significó una mayor exigencia extractiva de éstos, removiendo mayor material que el planificado. Es así como en el Cuadro 9 se observa que los niveles de extracción de las "morrenas" glaciares han sido verdaderamente exorbitantes, alcanzado montos acumulados de remoción del orden de 20 millones de toneladas de roca y hielo en 8 años. La extracción futura se estima en 1.300.000 toneladas por año.

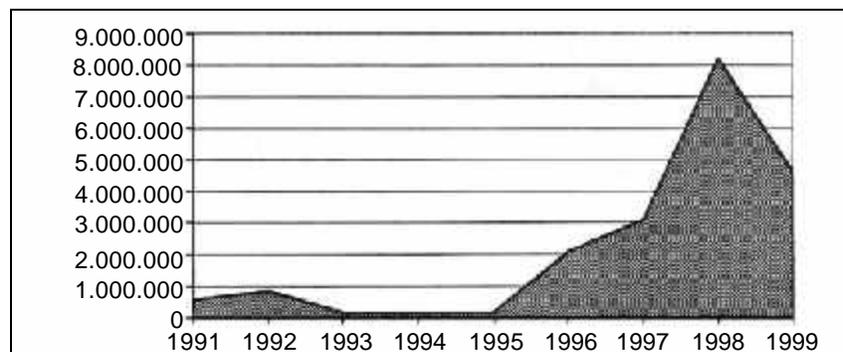
⁵⁹ Para la mina espesores menores corresponden a espesores de hielo y roca del orden de 30 metros, que no dificultaban el manejo y extracción de los glaciares, siendo una operación sin mayores riesgos. La remoción también incluía a la parte descubierta del glaciar Río Blanco, principalmente en los sectores superficiales de la mina.

Figura 27
Nominación y ubicación de lenguas de glaciares en área mina Sur-Sur



Fuente: Morales, 2001.

Cuadro 9
Evolución de la extracción de “morrenas” en Mina Sur-Sur
CODELCO Chile División Andina



Fuente: Morales, 2001.

Este yacimiento no fue sometido al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) debido a que el SEIA recién entra en funcionamiento el año 1997, 14 años después que el comienzo de operaciones de la mina. Por ello Andina no tiene limitación alguna que le impida desarrollar la remoción de glaciares y la depositación de los estériles sobre el glaciar Río Blanco⁶⁰. Si a esto se suma la inexistencia de una normativa que permita proteger estos cuerpos de hielo y regular las actividades en la alta cordillera, se vislumbra un escenario

⁶⁰ Que agrega como gran amenaza la lixiviación de los estériles en contacto con el hielo, siendo un riesgo inminente la generación de aguas ácidas, más aun que las zonas aguas abajo de la cuenca son principalmente agrícolas, pudiendo provocar un gran perjuicio para el desarrollo de esta actividad.

sumamente preocupante, más aún si se considera que esta explotación minera afecta a glaciares de la zona central del país, caracterizada por estar sometida a importantes restricciones hídricas. Adicionalmente el riesgo de generación de aguas ácidas por la lixiviación de los estratiles con hielo pueden generar contaminación del agua potable, de riego y de la producción agrícola.

Los proyectos mineros Pascua Lama y Sur Sur, uno en su etapa exploratoria y otro en su etapa de ejecución, han demostrado el gran impacto que puede generar la actividad desarrollada en altas cumbres. En un escenario de permanente expansión minera en Chile, es muy posible que situaciones similares se repitan por causas de proyectos, tanto privados como estatales. Por ello urge tomar medidas que permitan regular la intervención de las zonas altoandinas, para que situaciones como estas no vuelvan a repetirse y el país pueda conservar estas reservas estratégicas de agua dulce.

3.5- Desafíos para la conservación de los glaciares en Chile

3.5-1 Necesidades de investigación

En Chile estamos en los inicios de la investigación sobre glaciares y por tanto, existen muchas incógnitas y vacíos en el conocimiento sobre estas fuentes perennes de agua dulce. Esto es particularmente preocupante en las zonas norte y centro del país, donde son un pilar fundamental para el abastecimiento de la población aguas abajo.

Entre las necesidades de investigación, es fundamental priorizar:

- a) Realizar un inventario total de glaciares de la zona norte del país, que incluya glaciares descubiertos, cubiertos y de roca, en cada cuenca hidrográfica. Actualmente Chile sólo lo cuenta con un catastro de glaciares descubiertos, diferenciados por región, sin que exista una cuantificación real por cuencas. Por ejemplo, si bien se cuenta con el inventario de la IV Región realizado por Garín (1987) mostrando la existencia de 11 glaciares, Acuña (2001) indica que falta por inventariar las cuencas de los ríos Limarí y Choapa. Conocer el inventario de glaciares de estas cuencas es importante por su importante aporte hídrico que asegura o ejercerá influencia determinante en "la mantención de los caudales de los ríos principales durante la estación seca prolongada que caracteriza el clima de la IV Región" (Ferrando, 1991).
- b) Realizar a nivel país un estudio profundo que permita catastrar el total de glaciares descubiertos, cubiertos y de roca, diferenciando cada uno de ellos en todas las zonas del territorio nacional.
- c) Empezar estudios más profundos sobre la dinámica de los glaciares de roca y el permafrost, ya que la cantidad de agua almacenada en este último es completamente desconocida.

- d) *Hacer pública y difundir la investigación que han realizado las empresas privadas, principalmente mineras, sobre los glaciares de roca, ya que los estudios geológicos son la mayor fuente de información hasta ahora, pero lamentablemente de carácter privado.*
- e) *Estudiar el aporte real, en volumen de agua, de los glaciares a los caudales de las diversas cuencas del país.*
- f) *Expandir el estudio y monitoreo de los glaciares más representativos o relevantes de cada cuenca. Actualmente los únicos glaciares que cuentan con registro de balance de masa de varios años son el glaciar Echaurren Norte, ubicado en la cuenca del Maipo a 3.750 m.s.n.m, realizado por la Dirección General de Aguas, y el glaciar del Volcán Mocho, X Región en la cuenca del río Bueno, realizado por el Centro de Estudios Científicos de Valdivia.*
- g) *Monitoreo y regulación de las actividades realizadas en la alta cordillera que pudiese estar causando daños sobre los glaciares, con el objetivo de asegurar su protección.*

3.5-2 *Desafíos para las políticas sectoriales*

Es evidente que los actuales patrones de consumo deben cambiar, en base a una mayor conciencia sobre escasez del agua, la información y cambio de campos de fomento de los entes públicos y privados como de la población, hacer más eficiente y reducir el uso por habitante y mejorando las tecnologías de riego, las tecnologías y gestión industrial. Proteger las fuentes naturales de agua, para asegurar que las perspectivas de abastecimiento futuro no pondrán en riesgo no sólo la satisfacción de las necesidades básicas humanas y las actividades económicas, sino que también los requerimientos ecosistémicos del país.

Proteger los glaciares no sólo requiere contar con una normativa que regule las acciones sobre ellos, sino también con políticas sectoriales que permitan tener una visión unificada sobre el valor y los servicios que ofrecen los glaciares a la sociedad y los ecosistemas, para asegurar su preservación con un enfoque sinérgico e intersectorial.

La Política Nacional de Recursos Hídricos, elaborada por la Dirección General de Aguas (DGA, 1999), explicita la necesidad de elaborar estrategias que permitan resolver tareas pendientes en torno a la disminución de los caudales, la contaminación de éstos, la sobre explotación de acuíferos y las dificultades de acceso para los usuarios, pero no existe un análisis mayor de las fuentes naturales de abastecimiento y los impactos que a mediano y largo plazo pueden tener las intervenciones de dichas fuentes, tanto para el consumo humano como para la economía y el abastecimiento de los ecosistemas naturales. Sin embargo en el enfoque de la DGA existe espacio para incluir a los glaciares, ya que la Política Nacional de Recursos Hídricos considera a la cuenca como la unidad fundamental de gestión de los recursos naturales, que permite analizar los recursos hídricos como parte de un sistema complejo de interacciones múltiples en donde el ser humano es un factor importante para la gestión sustentable del territorio.

Uno de los grandes desafíos que enfrenta Chile al respecto es lograr una gestión integrada de cuencas que permita un ordenamiento y planificación del territorio que no sólo incluya aspectos económicos y socio-culturales, sino que también la planificación ambiental estratégica como un instrumento orientado a la protección, reparación y desarrollo de las funciones ecológicas o ambientales del territorio (Universidad de Chile y Gobierno Regional Metropolitano. 2002).

El actual gobierno, conciente de este desafío, ha incluido entre sus ejes orientadores la gestión ambiental del territorio y el ordenamiento a nivel de cuencas como forma de superar conflictos entre los diversos emprendimientos y actores y de lograr compatibilizar las actividades económicas entre sí al nivel de la cuenca, conservando sus funciones ambientales. Esta opción refleja la priorización de la Estrategia Nacional de Cuencas, cuyo gran objetivo es el manejo integrado de cuencas, opción que modifica el enfoque sectorial que tradicionalmente ha tenido el estado chileno en el manejo de agua, adoptando un enfoque integral de todos los componentes ambientales y socio-económicos que interactúan a nivel cuenca. Este nuevo enfoque que considera la cuenca como una unidad de manejo ambiental, es decir, una unidad geográfica definida por la divisoria de aguas y que organiza la gestión de los componentes que se encuentran dentro del área, y les da niveles crecientes de gobernabilidad. El proceso de ordenamiento se realiza en base a la información ambiental existente y al diálogo entre los diversos actores involucrados, tanto del ámbito público, privado como ciudadano, creando una instancia formal que permitirá mejorar la toma de decisiones (Uriarte⁶¹ 2006)

Una Estrategia Nacional de Cuencas, que considera a la cuenca como unidad fundamental de la gestión de los recursos naturales y que integra la planificación ecológica como instrumento de análisis, necesariamente se orientará a proteger las cabeceras de cuenca, en donde se encuentran los glaciares y el nacimiento del sistema hídrico de la cuenca.

Actualmente en Chile existen glaciares que se encuentran bajo esta protección, ya que se ubican dentro de áreas silvestres protegidas por el Estado, si bien esta situación se debe a la necesidad de proteger y conservar los rasgos representativos de la diversidad biológica y ecosistémica del país, más que a una decisión institucional de protección de glaciares, hace ver la importancia y el rol ecosistémicos de estos cuerpos de hielo. Lamentablemente no se cuenta con mucha información sobre los glaciares presentes en estas áreas, por lo que es perentorio tener un mayor conocimiento sobre los cuerpos de hielo incluidos en el SNASPE, permitiendo una cuantificación y monitoreo certero de los cuerpos que ya se encuentran protegidos.

Adicionalmente, Chile cuenta con una Estrategia Nacional de Cambio Climático (Comité Nacional Asesor sobre Cambio Global, 2006), aprobada a inicios del año 2006 por el Consejo Directivo de CONAMA, en donde se plantean y abordan, en forma general, diversos aspectos relacionados con el cambio climático y sus efectos en el país. Dicha estrategia presenta un alto grado de vulnerabilidad de Chile respecto a la disponibilidad de recursos

⁶¹ Ana Lya Uriarte, Directora Ejecutiva de la Comisión Nacional de Medio Ambiente.

hídricos, especialmente en la zona central, que es principalmente agrícola, y respecto de la cual se prevé una intensificación de la aridez; además de un desierto hacia el sur, debido al calentamiento global.

La protección de los glaciares es transversal a muchas políticas, estrategias y planes ya existentes, siendo también transversal a varias instituciones públicas, privadas y científicas, por lo tanto el gran desafío que se plantea al momento de analizar la necesidad de proteger los glaciares, es la capacidad que se tenga para lograr que esta transversalidad se concrete en una integración de este tema en todas las áreas competentes. Como se dijo al comienzo de esta sección, para concretar una protección de glaciares no sólo se debe contar con una normativa que regule las acciones sobre ellos, sino también con políticas multisectoriales que incluyan este tema, permitiendo enfrentar coyunturalmente el desafío de proteger estas reservas de agua dulce.



CAPÍTULO

4.

CONTEXTO INTERNACIONAL Y MARCOS JURÍDICOS PARA LA PROTECCIÓN DE LOS GLACIARES

4.1- Valoración de los glaciares en la institucionalidad internacional

Un glaciar es un sistema abierto, con dinámica compleja debido a que mantiene interacciones internas con el medio ambiente en que se encuentra. Su formación obedece a condiciones ambientales únicas y de alta fragilidad, por lo que cualquier acción que se desarrolle sobre él puede generar una gran vulnerabilidad a los ecosistemas de montaña, poniendo en riesgo a toda la población aguas abajo que se abastece de agua gracias a los deshielos (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA, 2004), ya que su pérdida es irreversible.

La preocupación por los ecosistemas montañosos tiene larga data a nivel mundial; un ejemplo palpable es la Agenda 21 (Organización de las Naciones Unidas ONU, 1992) que dedica un capítulo completo al tema de desarrollo sostenible de las zonas de montaña, indicando la relevancia de las montañas como "fuente importante de agua, energía y diversidad biológica". Destaca además que "el medio montano es esencial para la sobrevivencia del ecosistema mundial", poniendo énfasis en su vulnerabilidad al "desequilibrio ecológico provocado por factores humanos y naturales (...) siendo las zonas más sensibles a los cambios climáticos de la atmósfera". Esto plantea una serie de desafíos para los países miembros de la ONU en torno a la protección, generación de información científica, concientización de la población y creación de redes que permitan tener éxito en el mantenimiento de los glaciares y ecosistemas de montaña.

Si bien existe gran incertidumbre sobre los alcances reales de los efectos del cambio climático, la información que ha sido validada en la actualidad ha permitido que la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático 1992 proponga medidas, principalmente basada en el principio precautorio. El Panel Intergubernamental de Cambio Climático IPCC ha elaborado una serie de evaluaciones y fundamentos que justifican la gran cantidad de medidas y acuerdos anexos a la convención. En dichos informes se muestra la importancia de los glaciares, y la relevancia de ser considerados como indicadores del Cambio Climático según las respuestas que presentan ante los efectos del cambio climático.

Fruto de ello en el año 2000 la Asamblea General de las Naciones Unidas declaró como el "Año Internacional de las Montañas" (Food and Agriculture Organization of the United

Nations FAO, 2000), evidenciando la preocupación y conciencia sobre el valor de estas áreas, considerándolas como ecosistemas muy frágiles y mundialmente importantes, buscando la conservación y el desarrollo sostenible de estas regiones.

Por otra parte, el Comité del Patrimonio Mundial de la UNESCO ha mostrado gran preocupación ante los peligros que puede causar el cambio climático, por lo que ha instado a los organismos afines a la conservación y a los Estados a realizar propuestas que permitan enfrentar de mejor forma los efectos del cambio climático, ya que este organismo reconoce “la mayoría de los ecosistemas naturales y de los sitios del Patrimonio Mundial terrestres o marinos corren el riesgo de verse afectados por el cambio climático” (UNESCO, 2006). Entre los ecosistemas nombrados se encuentran los alacraes como sitios en peligro.

Además, la Fundación Mundial para la Protección de la Vida Silvestre WWF plantea «A menos de que los gobiernos tomen acciones urgentes para prevenir el calentamiento mundial, miles de millones de personas en todo el mundo podrían enfrentar severos desabastecimientos de agua como resultado de un alarmante ritmo de derretimiento de los glaciares», viéndose alterados los glaciares de los Andes e Himalayas (WWF, 2006).

La Alianza Internacional para el Desarrollo Sostenible en las regiones de Montañas, denominada comúnmente Alianza de las Montañas, presentada en la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible del año 2002, presenta entre sus preocupaciones el mejorar la calidad de vida y proteger los ecosistemas montañosos, contribuyendo “a la definición y ejecución de políticas basadas en una evaluación adecuada de los recursos naturales y culturales de las poblaciones de las montañas, y al apoyo a la capacidad institucional relacionada con los ecosistemas montañosos” (Alianza para las Montañas, 2006), mostrando gran interés por el agua de las montañas, expresando preocupación por el derretimiento progresivo a que se han visto sometidos los glaciares del mundo⁶².

La información científica compilada recientemente para el gobierno británico, por el ex economista jefe del Banco Mundial Nicholas Stern, consigna los impactos del cambio climático sobre el medio ambiente, los territorios, la salud, la alimentación y la economía mundial; y proyecta una grave crisis en el abastecimiento de agua, una de cuyas causas principales es el derretimiento de los glaciares. En referencia a América del Sur, el informe establece que: el aumento de solo un 1 grado en la temperatura a nivel global, (hecho que se prevé para el año 2020) hará desaparecer completamente los glaciares de los Andes, provocando como consecuencia escasez de agua para la agricultura, el decrecimiento del potencial hidroeléctrico y graves restricciones al desarrollo económico.

El informe Stern reconoce que, en la zona de los Andes en Sudamérica, el área cubierta de glaciares se ha reducido en un cuarto en los últimos 30 años, y que los glaciares de menor tamaño desaparecerán completamente en la próxima década afectando gravemente a

⁶² Lamentablemente Chile no es miembro de esta asociación, que en la actualidad cuenta con la participación, entre otros, de Argentina, Perú y Bolivia, además de la participación de 14 organizaciones intergubernamentales, entre ellas la FAO, UNESCO, PNUD y el Banco Mundial y 76 grupos principales y organismos no gubernamentales (ONGs).

ciudades como La Paz y Lima, y a más del 40% de la agricultura de los valles andinos que dependen del caudal de recarga que proveen los glaciares. Se estima que más de 50 millones de personas en los países andinos se verán afectadas por la disminución de agua proveniente del aporte de los glaciares (Stern, 2006).

Agrega el documento, que el derretimiento de los glaciares y la disminución de las nieves, además del cambio en los patrones climáticos que trae el calentamiento, y fenómenos como el Niño aumentará el riesgo de inundaciones y provocará una drástica reducción en la provisión de agua, afectando a un sexto de la población mundial, especialmente en India, China y los países andinos de Sudamérica, en periodos de sequía. Adicionalmente el derretimiento y destrucción de glaciares elevará el nivel del mar, afectando a casi 4 millones de kms² de territorios que hoy albergan a 5% de la población mundial (Stern, 2006).

Informes como los de Stern y WWF, han incrementado la gran preocupación mundial por los glaciares y las zonas de montaña, y constituyen una voz de alerta para la comunidad internacional sobre la necesidad de crear estrategias, planes, políticas y normativas especiales para proteger las montañas y los glaciares. Al mismo tiempo ayudan a generar conciencia política, empresarial, pública y privada tendientes a la conservación y protección de estas áreas estratégicas para la vida humana y los ecosistemas planetarios.

4.2- Marcos jurídicos para la protección de glaciares⁶³

A nivel mundial existe gran abundancia de normativa de protección de glaciares. La mayoría de los países poseen marcos regulatorios de protección directa o indirecta; hacen referencia a los glaciares como "nevados" y "glaciares", y se los define como patrimonio ambiental. En el caso de los sistemas de protección directa, existen leyes específicas de protección de glaciares de ciertas montañas o cumbres, o bien se incluye regulación de protección de glaciares en las leyes sectoriales.

Ejemplos de esto es la legislación española (ley N°2 de 1990) que declara a los glaciares de los Pirineos como Monumentos Nacionales, asegurando la protección de los volúmenes de hielo perenne y de su entorno y destinándolos a fines científicos, recreativos y culturales. También existe legislación directa en Canadá, que protege el glaciar Columbia, fuente del río del mismo nombre, el cual es objeto de protección mediante un tratado bilateral con Estados Unidos. En Perú, a través de la declaratoria del Parque Nacional Huascarán, como Patrimonio Natural de la Humanidad, se protege específicamente los 633 glaciares de dicha cordillera.

El resto de la legislación directa sobre glaciares está en las leyes sectoriales sobre recursos hídricos, donde los nevados y glaciares son considerados como fuentes de provisión de agua, y propiedad inalienable e imprescriptible del Estado. En el caso sudamericano, la

⁶³ Este apartado 4.2 se redactó en base al texto «Modelos legales de protección de glaciares a nivel internacional» elaborado por Juan Carlos Urquidí de la Comisión de Medio Ambiente de la Sociedad Nacional de Agricultura.

legislación peruana incluye los glaciares como parte de las aguas nacionales, ya que considera a las aguas "en todos sus estados físicos", entre ellas nevados y glaciares (Artículo 4, letra e) En el Proyecto de Ley de Aguas (DS 122/02, abril de 2003) considera a los glaciares, así como las áreas ocupadas por glaciares como bienes asociados al agua, otorgándoles así un estatus jurídico.

En Colombia, el Código de Recursos Naturales (Título I) establece regulación de las aguas "no marítimas", en todos sus estados y formas, (Artículo 77) nombrando entre ellas a nevados y glaciares. (letra h) En el caso ecuatoriano, la Ley de Aguas de dicho país contempla a los glaciares como fuentes de provisión de agua.

En Argentina no existe una legislación específica para glaciares, pero la gran parte de los glaciares se encuentran ubicados en Parques Nacionales, impidiéndose cualquier tipo de intervención sobre ellos. La ley N° 22.351 de Parques Nacionales y Monumentos Naturales establece que todas las áreas que se encuentren dentro de los parques nacionales deben mantenerse sin alteraciones, salvo aquellas que "sean necesarias para garantizar el control de las áreas: para la atención de los visitantes: y para la Defensa Nacional".

La Ley N° 22.351, en coincidencia con la Convención de Washington (que es el fundamento internacional de la legislación sobre parques nacionales) también establece que no pueden desarrollarse actividades económicas dentro de los Parques Nacionales, salvo las relacionadas al turismo. Este cuerpo legal permite a Argentina niveles indirectos de protección para sus glaciares, la mayoría de los cuales se encuentran al interior de Parques Nacionales.

Canadá también posee una protección indirecta de sus glaciares a través de la Ley de Parques Nacionales. Estados Unidos por su parte, tiene regulaciones específicas para la protección de glaciares a través de sus leyes de Parques Nacionales.

Francia no posee una legislación específica para la protección de los glaciares, pero los trata indirectamente en el Código del Medio Ambiente, a través de las áreas silvestres protegidas, y en la Ley de la Montaña. En el Código del Medio Ambiente francés existen tres series de normas que pueden aplicarse para la protección de los glaciares.

- (a) Parques nacionales; al declararlos en este estatus, se regula las actividades de pastoreo, agrícolas y forestales, y puede disponer prohibición total de actividades industriales, extractivas y comerciales.
- (b) Reservas naturales; al igual que el estatus anterior, regula y prohíbe actividades que pueden impactar el ambiente, incluidos los glaciares. Un ejemplo de esta norma es su aplicación a los "Altos de Villaroger" (decreto 28/01/1991) donde existen glaciares, protegiéndolos indirectamente al prohibir todo trabajo público o privado (Artículo 11)
- (c) Espacios Naturales Inscritos y Clasificados; esta normativa permite la conservación o preservación de cualquier espacio natural de interés general, al prohibir toda modificación del espacio inscrito o clasificado, excepto con una autorización especial.

Adicionalmente a los instrumentos anteriores, Francia posee disposiciones que hacen posible la protección de los glaciares a través de la Ley de la Montaña, la que además se incluye actualmente en el Código de Urbanismo. Esta prevé que es posible establecer por decreto, previo una consulta pública, la protección de "todo o parte de un macizo" donde se encuentren "espacios, paisajes y medios más notables del patrimonio natural de la montaña, como desfiladeros, cuevas, glaciares...", y definir los modos de su preservación". Los comités de macizos establecidos a través de la Ley de la Montaña, también pueden elaborar recomendaciones específicas para zonas sensibles (donde puede existir glaciares).

En Chile no existe una normativa específica de protección de glaciares, y estos tampoco son considerados como parte del ciclo de las aguas; estatus que si tienen en la legislación sectorial sudamericana. El Código de Aguas, no menciona los glaciares y tampoco abarca las aguas en estado sólido; por lo cual tanto los nevados como los glaciares no existen en el marco jurídico nacional, y por tanto esto hace posible todo tipo de intervenciones sobre ellos, incluida su destrucción.

En el caso de los glaciares existentes en los territorios establecidos como parques nacionales, estos estarían cubiertos por una protección indirecta, que no los particulariza específicamente como objetos de protección; lo cual no necesariamente los protege de pedimentos para exploraciones mineras o de otros proyectos extractivos. Sin embargo, debido a que parte importante de los glaciares chilenos se encuentra en las altas cumbres, en zonas fronterizas y en territorios aun bajo propiedad del Estado, existen enormes oportunidades para avanzar en una legislación específica que asegure su conservación y prevenga impactos de origen antrópico.

Estos llamados reflejan la gran preocupación internacional por los glaciares y las zonas de montaña y constituyen una voz de alerta a los distintos países de la necesidad de crear estrategias, planes, políticas y normativas especiales en torno a las montañas y glaciares y a generar conciencia política, empresarial y privada tendientes a la conservación y protección de estas áreas estratégicas.



CAPÍTULO

5. PROPUESTA DE LEY PARA LA PROTECCIÓN DE LOS GLACIARES EN CHILE⁶⁴

En contexto de la discusión internacional sobre los impactos del cambio climático sobre los ecosistemas a nivel mundial y sobre los glaciares en particular; y en el marco del proceso de Evaluación de Impacto Ambiental del proyecto minero Pascua Lama, de la empresa canadiense Barrick Gold, en el valle del Huasco, al norte del país, que incluía la remoción de glaciares; un conjunto de organizaciones ecologistas, académicas y asociaciones de agricultores iniciaron el año 2004 conversaciones para avanzar hacia una normativa de protección de los glaciares en Chile.

Dentro de las acciones desarrolladas para este objetivo, se inició la recopilación y estudio sobre la información existente sobre los glaciares chilenos, el estatus jurídico de estas masas de hielo en la legislación internacional; la argumentación sobre los impactos globales y locales que los afectan y los servicios ambientales que proveen a la sociedad y los ecosistemas.

Con el fin de visibilizar el tema en la agenda política, durante 2005, y en el contexto de las campañas presidenciales, las organizaciones ecologistas integraron la protección de los glaciares, como una de las demandas ambientales a los candidatos a la presidencia. Posteriormente, la protección de los glaciares y la prohibición de su remoción, degradación o destrucción, se incluyó en los «10 Compromisos para la Sustentabilidad Ambiental del Desarrollo Nacional», más conocido como el Acuerdo de Chagual, en base a los cuales, un conjunto de líderes ecologistas concedieron su apoyo político a la entonces candidata Michelle Bachelet⁶⁵.

Iniciado el año 2006, y dando inicio al seguimiento de la agenda comprometida con el gobierno electo de Michelle Bachelet, las organizaciones ecologistas se comprometieron con la Secretaria General de la Presidencia a formular un Proyecto de Ley de Protección de Glaciares; y a entregarlo al gobierno para que este patrocinara su envío al Congreso Nacional para su discusión.

Para tal efecto, el Programa Chile Sustentable, a quien las organizaciones ecologistas encomendaron la tarea de trabajar en la propuesta de Ley, estableció un grupo de trabajo

⁶⁴ El texto de este capítulo se editó en base al "Informe Técnico: Proyecto de Ley sobre Protección de Glaciares", elaborado por el abogado Rodrigo Polanco de la Fiscalía del Medio Ambiente-FiMa.

⁶⁵ "Apoyo de Ecologistas a Bachelet: 10 Compromisos para la Sustentabilidad Ambiental del Desarrollo Nacional", Lunes 21 de noviembre 2005.

en conjunto con la Sociedad Nacional de Agricultura para el estudio y elaboración de un Proyecto de Ley para proteger los glaciares, en base a la información científica existente, y a los conceptos y principios del marco jurídico actualmente vigente en el país. También se invitó a formar parte del grupo de trabajo al Departamento de Medioambiente del Ejército y al Instituto Geográfico Militar, con el objeto de integrar sus perspectivas y experiencia sobre información geográfica y geo-referenciamiento de glaciares en el territorio nacional y a abogados de la Fiscalía del Medio Ambiente FIMA.

El Grupo de Trabajo⁶⁶ funcionó durante el año 2006; analizó la información, propuestas y recomendaciones del mundo científico, de las asociaciones de usuarios de recursos hídricos, las mociones parlamentarias para la protección de glaciares⁶⁷ y la legislación internacional existente para la protección de estos cuerpos de hielo. Este grupo interinstitucional para la protección de glaciares hizo entrega de la propuesta «Proyecto de Ley sobre Protección de Glaciares» a la SEGPRES el 30 de octubre de 2006; a partir de lo cual se inició una ronda de presentaciones a diversas instituciones públicas, entre las que cabe destacar la Dirección General de Aguas, del Ministerio de Obras Públicas (31.10.06), el Ministerio de Agricultura (14.12.2006), el Ministerio de Minería y Energía (3.01.2007), la Ministra Secretaria General de la Presidencia (11.01.2007) y el Ministerio de Defensa Nacional el (22.01.2007) para luego dar inicio a las presentaciones ante diversas organizaciones gremiales y ciudadanas. En una segunda etapa se ha planificado desarrollar talleres de difusión en diversas regiones del país con el fin de avanzar hacia una conciencia ciudadana que contribuya a proteger y resguardar los glaciares como patrimonio nacional y reservas estratégicas de agua dulce para la sociedad y los territorios.

5.1- Fuentes legales y reglamentarias consideradas

El Proyecto de Ley tiene por objeto regular la protección de los glaciares, como factores y objetos de seguridad estratégica en la provisión de agua dulce a las cuencas hidrográficas, para responder al mantenimiento de los ecosistemas, abastecer a las poblaciones humanas y a las actividades productivas; en especial a la producción agrícola, la preservación de los valores ambientales, escénicos y de los servicios ambientales que prestan para la conservación de la biodiversidad. El proyecto de Ley tiene como objetivo conservar los glaciares, previniendo las acciones antrópicas que puedan afectarlos, con el fin de mantenerlos como reservas de recursos hídricos y proveedores de agua de recarga de cuencas hidrográficas. caudales y napas subterráneas en épocas de verano y períodos de sequía.

En cuanto a la terminología; se buscó utilizar en el texto del Proyecto de Ley, los términos empleados normalmente en la legislación ambiental chilena, con el objetivo de mantener

⁶⁶ Miembros permanentes del Grupo de Trabajo de Conservación de Glaciares: Roxana Bórquez y Sara Larraín (Programa Chile Sustentable), Rodrigo Polanco (Fiscalía del Medio Ambiente), Coronel Roberto Bravo (Instituto Geográfico Militar), Coronel Luis Olivares y María Angelica Mardones (Departamento de Medio Ambiente del Ejército), Eduardo Riesco, Juan Carlos Urquidí y Javier Carvallo (Sociedad Nacional de Agricultura).

⁶⁷ Mociones del diputado Leopoldo Sánchez, presentada a la Comisión de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Cámara de Diputados en 2005 (ver anexo 3) y moción del senador Antonio Horvath, presentado a la Comisión de Recursos Naturales y Medio Ambiente del Senado en 2006 (ver anexo 3).

una concordancia con la misma. Asimismo, en la determinación de aspectos técnicos, como en el caso de la definición de glaciares, no se recurrió a la definición de la Real Academia de la Lengua, sino que se optó por utilizar los conceptos provenientes de los documentos e informes científicos sobre la materia, priorizando los aspectos más esenciales y sustantivos de aquellas definiciones que cuentan con consenso entre los especialistas (Libourty 1956; Marañunic. 1979^a; Garín 1986; ver anexo 2).

En cuanto al tipo de protección; el Proyecto de Ley regula directa y exclusivamente la protección de los glaciares como un objeto particular de tutela, independiente de su forma o denominación. Esta fórmula de protección directa es semejante a la regulación establecida recientemente para la protección de los glaciares de los Pirineos en España, y también para el enorme glaciar Columbia, en la frontera entre Estados Unidos y Canadá. La legislación comparada existente en la materia también establece abundantemente fórmulas de protección de glaciares vinculados a regímenes de protección de otros bienes jurídicos, como los recursos hídricos, los nevados o los parques nacionales.

En la elaboración del Proyecto de Ley también se han considerado propuestas y mociones parlamentarias complementarias⁶⁸ a esta iniciativa para la protección de glaciares. En particular los textos de las mociones del Senador Antonio Horvath y del Diputado Leopoldo Sánchez, ingresadas al Congreso Nacional a través de las Comisiones de Recursos Naturales y Medio Ambiente del Senado y de la Cámara de Diputados en 2006 y 2005 respectivamente. Algunos artículos del Proyecto de Ley recogen aspectos sustanciales del contenido de dichas mociones, dado su concordancia con el objetivo del Proyecto de Ley.

En cuanto a las fuentes legales y reglamentarias que integra y considera el Proyecto de Ley sobre Protección de Glaciares se integran principalmente, sin excluir otras, los ocho cuerpos legales que señalamos a continuación:

- a.- Ley 19.300, de Bases Generales del Medio Ambiente.
- b.- Ley N° 18.362, crea Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado.
- c.- Ley N° 17.288, sobre Monumentos Nacionales.
- d.- DFL N° 1 de 26 de julio de 2006, Ministerio del Interior; Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo, texto coordinado, refundido y sistematizado de la Ley N° 18.695 de 31 de marzo de 1988.
- e.- Código de Minería.
- f.- Decreto Supremo N° 718 de 1977 «Crea Comisión Mixta de Agricultura y Urbanismo» del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.
- g.- Convención para la protección de la flora, de la fauna y de las bellezas escénicas naturales de los países de América, suscrita en Washington, el 12 de octubre de 1940.
- h.- Convención de Cambio Climático, suscrita en Río de Janeiro, el 13 de junio de 1992 y ratificada por el Congreso Nacional en 1994.

⁶⁸ Ver anexo 3: Mociones Parlamentarias para la Protección de Glaciares.

5.2- Contenidos del Proyecto de Ley para la Protección de Glaciares

La estructura del texto del Proyecto consta de 20 artículos permanentes distribuidos en tres títulos, como asimismo dos artículos transitorios. Su contenido es el siguiente:

TÍTULO I

- Artículo 1º Objeto de la Ley.
Artículo 2º Definición de Glaciar.
Artículo 3º Clasificación de Glaciares.
Artículo 4º Registro Nacional de Glaciares.
Artículo 5º Información registrada.

TÍTULO II

- Artículo 6º Ámbito de Protección.
Artículo 7º Actividades prohibidas en Glaciares.
Artículo 8º Actividades permitidas en Glaciares.
Artículo 9º Actividades restringidas en Glaciares.
Artículo 10º Infracciones y sanciones.
Artículo 11º Acción popular.

TÍTULO III

- Artículo 12º Conformación Consejo Nacional de Glaciares.
Artículo 13º Atribuciones del Consejo Nacional de Glaciares.
Artículo 14º Facultades del Consejo Nacional de Glaciares.
Artículo 15º Secretaría Técnica del Consejo Nacional de Glaciares.
Artículo 16º Cooperación de Servicios Públicos.
Artículo 17º Obligaciones complementarias de Servicios Públicos.
Artículo 18º Recursos presupuestarios.
Artículo 19º Fiscalización cumplimiento de la Ley.
Artículo 20º Viencia de la Ley.

ARTÍCULOS TRANSITORIOS

- Artículo 1º Registro provisorio de Glaciares.
Artículo 2º Intervención actual en Glaciares.

La institucionalidad a cargo de este nuevo ente jurídico es un Organismo Especializado con atribución directa sobre la protección de los glaciares y dedicación exclusiva. El Proyecto de Ley crea un Consejo Nacional de Glaciares, organismo de representación público-privada y dependiente del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Este Consejo tiene atribuciones directas para:

- a) *Crear, actualizar y mantener el Registro Nacional de Glaciares.*
- b) *Monitorear el estado de los glaciares, considerando entre otros aspectos, su dimensión, avance, retroceso y su aporte al caudal de las cuencas en que se encuentran.*
- c) *Mejorar el nivel de conocimiento nacional acerca de la influencia del Cambio Climático sobre los glaciares.*
- d) *Elaborar las normas de conservación, protección y restauración de los glaciares, las que serán vinculantes para los particulares y para todos los organismos del Estado.*
- e) *Proponer al Gobierno las medidas administrativas que sean conducentes para reglamentar el acceso a los glaciares, como para la mejor vigilancia y conservación de los mismos. f) Proponer al Gobierno el o los Reglamentos que deban dictarse para el cumplimiento de la presente Ley.*
- g) *Elaborar un informe trianual sobre el estado de los glaciares.*
- h) *Informar los proyectos o actividad que se realice sobre glaciares o afecte su ecosistema.*
- i) *Autorizar proyectos o actividades que se realicen sobre glaciares o afecten su ecosistema. j) Fiscalizar el cumplimiento de la Ley.*

5.2-1 Rol de los servicios públicos y la normativa ambiental

En la elaboración del Proyecto de Ley se integran aspectos de fondo para mantener una adecuada relación con la realidad normativa chilena. Entre ellos, el Proyecto adapta e integra las obligaciones vigentes de instituciones y servicios públicos, a saber:

- a) *La Dirección General de Aguas, quien para todos los efectos de control, monitoreo, catastro, investigación y cuidado de los glaciares, los considerará como parte del ciclo hidrológico de las aguas, informando sobre los servicios ambientales y caudales que estos proveen a las cuencas al Consejo Nacional de Glaciares.*
- b) *El Instituto Geográfico Militar, quien asistirá al Consejo Nacional de Glaciares, en la ubicación geográfica de los mismos, para los efectos de la elaboración y actualización n del Registro Nacional de Glaciares.*
- c) *El Ministerio de Vivienda y Urbanismo quien deberá considerar a los glaciares como áreas de protección y fuera de límite urbano para los efectos de la dictación de los respectivos instrumentos de planificación territorial.*
- d) *Los Ministerios de Agricultura, Vivienda, Urbanismo y Bienes Nacionales, quienes no podrán estudiar ni informar sobre cambios de uso de suelo, con fines no agrícolas, en las áreas rurales del país donde se encuentren glaciares.*
- e) *El Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado, respecto del cual los glaciares formarán parte sólo para efectos de coordinar su protección cuando se encuentren en Reservas de Regiones Vírgenes, Parques Nacionales, Monumentos Nacionales y Reservas Nacionales.*
- f) *Las municipalidades, quienes sin perjuicio de las atribuciones establecidas en la Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades, y en otras normas legales, recibirán las denuncias que formulen los ciudadanos por incumplimiento de la presente Ley y las pondrán en conocimiento del Consejo Nacional de Glaciares para que éste les dé curso*

y les informe sobre el trámite dado a la denuncia. Asimismo, deberá considerar a los glaciares como áreas de protección y fuera de límite urbano para los efectos de la dictación de los respectivos instrumentos de planificación territorial.

El Proyecto de Ley presenta estrecha relación con el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, estableciendo actividades prohibidas, permitidas y restringidas respecto de los glaciares.

Con relación a esta última categoría de actividades restringidas; ellas requerirán sometimiento previo y resolución favorable a través del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, conforme a las normas de la Ley N° 19.300, para áreas protegidas. El proyecto de Ley con el fin de prevenir los impactos de actividades antrópicas, exige estudios de impacto ambiental para la realización de las siguientes actividades en glaciares:

- a) Actividad científica realizada con el auxilio de medios mecanizados de transporte, o con obtención de muestras de sondajes mecanizados, o que deje indefinidamente materiales en los glaciares, como estacas, señales varias, o instrumentos, entre otros, o que introduzca cualquier tipo de trazadores, en cualquier cantidad, en el glaciar o sus aguas.*
- b) Actividad turística, ecoturística o deportiva realizada a pie o sobre esquíes.*
- c) Actividades de remoción de depósitos de cenizas y desechos de cualquier tipo que afecten a los glaciares.*
- d) Construcción de obras hidráulicas para riego o generación eléctrica que, en la misma cuenca u hoya hidrográfica, disten a menos de 3 Km. del margen de un glaciar.*
- e) Para ejecutar labores mineras o industriales distante a menos de 3 Km. de un glaciar, o que estando a mayor distancia deposite o acumule material particulado en la superficie del glaciar; o que emitan vibraciones o produzcan explosiones que dañen al glaciar.*
- f) En lo relativo a actividades mineras, se necesitará además del permiso escrito del Presidente de la República, otorgado en la forma descrita en el artículo 17 N° 6 del Código de Minería.*

La elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental en estos casos, deberá considerar los efectos adversos que se generen o presenten, sean estos significativos o no, y sus medidas de mitigación y de reparación o restauración, según corresponda. Asimismo, todo proyecto o actividad que se realice sobre glaciares o afecte su ecosistema, en conformidad con este artículo, deberá ser informado además por el Consejo Nacional de Glaciares.

5.2-2 Fiscalización

En el Proyecto de Ley se establece que corresponderá al Consejo Nacional de Glaciares fiscalizar su aplicación. Lo anterior es sin perjuicio de las facultades legales de los organismos del Estado que participan en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, de fiscalizar el permanente cumplimiento de las normas y condiciones sobre la base de las cuales se aprobó el Estudio de Impacto Ambiental, conforme a la Ley N° 19.300.

Asimismo, el Proyecto establece sanciones para las personas que causaren daño a un glaciar o afectaren de cualquier modo su integridad, considerando responsabilidades civiles, penales, administrativas y ambientales.

Finalmente, contempla acción popular para denunciar las obras o trabajos que se realicen en contravención a la Ley, recibiendo el denunciante, como premio, el 20 por ciento del producto de la multa que se aplique.

5.3- Texto del Proyecto de Ley para la Protección de Glaciares

El texto de Ley elaborado por el Grupo de Trabajo de Conservación de Glaciares fue concluido, en su primera versión en septiembre de 2006, y entregado oficialmente al equipo técnico de la SEGPRES en el mes de octubre de 2006 y a la Ministra de la Secretaría General de la Presidencia en el mes de enero 2007. Se reproduce a continuación.

PROYECTO DE LEY SOBRE PROTECCIÓN DE GLACIARES

TÍTULO I

Artículo 1º.- OBJETO. La presente Ley regula la protección de los glaciares como objetos de seguridad estratégica para responder al mantenimiento de los ecosistemas, las necesidades de las poblaciones humanas y las actividades productivas, en especial para la producción agrícola, la generación hidroeléctrica, los procesos mineros, la actividad turística, la preservación de los valores ambientales, escénicos y de los servicios ambientales que prestan para la conservación de la biodiversidad, con el objeto de mantenerlos como reserva de recursos hídricos y proveedores de agua de recarga de cuencas hidrográficas, caudales y napas subterráneas en épocas de verano y períodos de sequía.

Artículo 2º.- DEFINICIÓN. Para los efectos de la presente Ley, se entiende como glaciar toda masa de hielo perenne que generalmente fluye lentamente, con o sin agua intersticial, formado sobre la tierra por metamorfismo a hielo de acumulaciones de nieve, ubicados en diferentes ecosistemas, cualquiera sea su forma, dimensión y estado de conservación. Son parte constituyente de cada glaciar el material detrítico rocoso y las lagunas que se encuentren en su superficie.

Artículo 3º.- AMBITO DE APLICACIÓN. La presente Ley es aplicable a todo glaciar independiente de su denominación, entre otros, a los glaciares cubiertos, descubiertos, superficiales, de roca, fríos, templados, activos, pasivos, inactivos, de desagüe, de valle, de montaña, sábana de hielo continental, plataformas de hielo flotante, campos de hielo, glaciaretas, casquetes o calotas de hielo, ventisqueros, o cualquier otra que establezca su estudio científico. La clasificación de glaciares será materia del Reglamento de la presente Ley.

Artículo 4°.- REGISTRO. Créase un Registro Nacional de Glaciares, donde se individualizará n los glaciares existentes en el territorio nacional con toda la información necesaria para su adecuada protección, control y monitoreo.

Para ello, y sin ser excluyente, debe entenderse como área en la que pueden existir glaciares en el territorio nacional:

- al Norte de 20° de latitud, por sobre la cota de 4.000 metros,*
- entre los 20° y 25° de latitud, por sobre la cota de 3.600 metros,*
- entre los 25° y 35° grados de latitud, por sobre la cota de 2.500 metros,*
- entre los 35° y 40° de latitud, por sobre la cota de 1.600 metros,*
- entre los 40° y 45° de latitud, por sobre la cota de 400 metros,*
- al Sur de los 45° de latitud, por sobre el nivel del mar.*

Artículo 5°.- INFORMACIÓN REGISTRADA. El Registro Nacional de Glaciares deberá considerar como mínimo, un listado de glaciares por cuenca hidrográfica, la ubicación y superficie de cada uno de ellos, así como el nivel altitudinal donde se encuentren.

El Registro Nacional de Glaciares deberá actualizarse en forma permanente y en todo caso, a lo menos cada 5 años, verificando su superficie, su estado de avance o retroceso y otros factores que sean relevantes.

TÍTULO II

Artículo 6°.- ÁMBITO DE PROTECCIÓN. La presente Ley se aplica respecto de los glaciares, independientemente de donde ellos se encuentren.

Artículo 7°.- ACTIVIDADES PROHIBIDAS. En los glaciares queda prohibido:

- a) Intervenir o depositar elementos extraños que puedan afectar su condición natural.*
- b) Liberar, vaciar o depositar basuras, productos químicos, desperdicios o desechos de cualquier naturaleza o volumen.*
- c) Actividades que impliquen su destrucción o su traslado.*
- d) Realizar acciones para interferir el avance de un glaciar. Debe evitarse y prever el diseño o construcción de instalaciones en la eventual senda de avance o de deslizamiento de un glaciar.*
- e) Pernoctar, merendar, encender fuego o transitar en los lugares o sitios que no se encuentren expresamente habilitados o autorizados para ello.*
- f) Provocar contaminación acústica o visual.*
- g) Desarrollar actividades extractivas o industriales sobre o bajo la superficie de los glaciares.*
- h) Ejecutar cualquier otra acción contraria al objeto de esta Ley, o que puedan afectar directa o indirectamente las funciones del glaciar señaladas en el artículo 1° de la presente Ley.*

Artículo 8°.- ACTIVIDADES PERMITIDAS. Las siguientes actividades se permiten respecto de todo tipo de glaciares:

- a) Actividad científica, realizada solo a pié, sobre esquíes o tracción animal, con eventual toma de muestras obtenidas de pozos excavados manualmente o con taladros activados de manera manual y que no dejen materiales o desechos en los glaciares.
- b) Actividades de rescate en los glaciares, derivado de emergencias aéreas o terrestres.

La realización de las actividades descritas en la letra a) requiere de permiso previo del dueño o del predio en que el glaciar se encuentra. Además antes de su desarrollo es necesario efectuar una comunicación escrita al Consejo Nacional de Glaciares, así como a las autoridades municipales y de ordena nivel comunal. Solo se exceptúan de lo anterior, las actividades de rescate referidas en la letra b) del párrafo anterior.

Con todo, las actividades científicas y de rescate deben efectuarse retirando desde el glaciar todos los restos de materiales caídos o depositados en él con motivo de su realización, en conformidad a las disposiciones contenidas en el Reglamento de esta Ley.

Artículo 9°.- ACTIVIDADES RESTRINGIDAS. Requerirán de sometimiento previo y resolución favorable a través del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, conforme a las normas de la Ley N° 19.300, para áreas protegidas, la realización de las siguientes actividades en glaciares:

- a) Actividad científica realizada con el auxilio de medios mecanizados de transporte, o con obtención de muestras de sondajes mecanizados, o que deje indefinidamente materiales en los glaciares, como estacas, señales varias, o instrumentos, entre otros, o que introduzca cualquier tipo de trazadores, en cualquier cantidad, en el glaciar o sus aguas.
- b) Actividad turística, ecoturística o deportiva realizada a pie o sobre esquíes.
- c) Actividades de remoción de depósitos de cenizas y desechos de cualquier tipo que afecten a los glaciares.
- d) Construcción de obras hidráulicas para riego o generación eléctrica que, en la misma cuenca u hoya hidrográfica, disten a menos de 3 km del margen de un glaciar.
- e) Para ejecutar labores extractivas o industriales distante a menos de 3 Km. de un glaciar, o que estando a mayor distancia deposite o acumule material particulado en la superficie del glaciar; o que emitan vibraciones o produzcan explosiones que dañen al glaciar. En lo relativo a actividades de extracción minera, se necesitará además el permiso escrito del Presidente de la República, otorgado en la forma descrita en el artículo 17 N° 6 del Código de Minería. La contravención a esta obligación estará afectada a las sanciones del artículo 18 del mismo cuerpo legal, sin perjuicio de las establecidas en esta Ley.

La elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental en estos casos, deberá considerar los efectos adversos que se generen o presenten, sean estos significativos o no, y sus medidas de mitigación y de reparación o restauración, según corresponda.

Todo proyecto o actividad que se realice sobre glaciares o afecte su ecosistema, en conformidad con este artículo, deberá ser informado además por el Consejo Nacional de Glaciares.

Artículo 10°.- INFRACCIONES Y SANCIONES. Las personas que causaren daño a un glaciar o afectaren de cualquier modo su integridad, serán sancionadas con pena de presidio menor en sus grados medio a máximo y multa de cincuenta a doscientas Unidades Tributarias Mensuales. Lo anterior es sin perjuicio de la responsabilidad civil que les afecte personalmente o de quienes sean dependientes, trabajadores o funcionarios, que se genere en conformidad con las normas pertinentes del Título III de la Ley 19.300, para la reparación de los daños materiales que se hubieren causado en los glaciares.

Los funcionarios públicos que infringieren cualquiera de las disposiciones de esta Ley o que de alguna manera facilitaren su infracción, estarán sujetos a las medidas disciplinarias de carácter administrativo que procedan, sin perjuicio de la sanción civil o penal que individualmente mereciere la infracción cometida.

Cualquier infracción en lo que atañe a las actividades prohibidas o restringidas en glaciares será sancionada con una multa administrativa de cien hasta quinientas Unidades Tributarias Mensuales, más los gastos que signifique la restauración o reparación del glaciar, según corresponda, sin perjuicio de las responsabilidades civiles, penales, administrativas y ambientales.

Toda sanción aplicada por una infracción a las disposiciones de la presente Ley, es sin perjuicio de aquellas otras que procedan conforme a la legislación vigente.

Las multas establecidas en la presente Ley serán aplicadas por el juez de letras que corresponda al lugar en que se cometa la infracción a petición del Consejo Nacional de Glaciares o por acción popular.

Artículo 11°.- ACCIÓN POPULAR. Las obras o trabajos que se inicien en contravención a la presente Ley, se denunciarán como obra nueva, conforme a las normas de los artículos 930 y siguientes del Código Civil, sin perjuicio de la sanción que esta ley contempla. Se concede acción popular para denunciar toda infracción a la presente Ley. El denunciante recibirá, como premio, el 20 por ciento del producto de la multa que se aplique.

TÍTULO III

Artículo 12°.- CONSEJO NACIONAL DE GLACIARES. Créase el Consejo Nacional de Glaciares, organismo técnico que depende directamente del Ministro Secretario General de la Presidencia y que se compone de los siguientes miembros:

- a) Del Director Ejecutivo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, quien lo presidirá.*
- b) De un representante de la Dirección General de Aguas.*

- c) De un representante del Ministerio de Bienes Nacionales.
- d) De un representante del Ministerio de Defensa Nacional, que deberá ser un oficial superior de las Fuerzas Armadas.
- e) De un representante del Ministerio de Agricultura.
- f) De un representante del Servicio Nacional de Turismo.
- g) De un representante del Instituto Geográfico Militar.
- h) De un representante de la Sociedad Nacional de Agricultura.
- i) De dos representantes de organizaciones no gubernamentales (ONGs) sin fines de lucro que tengan por objeto la protección del medio ambiente, los que serán designados cada dos años, por el Presidente de la República.
- j) De dos científicos especialistas en glaciología, los que serán designados cada dos años, por el Presidente de la República.

Cuando se trate de adoptar decisiones en conformidad con el artículo 13 letra i) de esta ley, deberá integrar el Consejo, con derecho a voz y voto, un representante del Municipio de la comuna donde se encuentre el glaciar, designado por el Concejo Municipal y de un representante de la junta de vigilancia de la cuenca respectiva, o en su defecto, de otra organización de usuarios de aguas de la misma, designado por la mayoría absoluta de sus miembros.

Las decisiones se toman por mayoría de los miembros, dejándose constancia de sus fundamentos y de los votos disidentes. En caso de empate, el voto del Presidente del Consejo tendrá el carácter de dirimente. Los integrantes del Consejo no serán remunerados.

Artículo 13º.- ATRIBUCIONES. Son atribuciones y deberes del Consejo Nacional de Glaciares:

- a) Crear, actualizar y mantener el Registro Nacional de Glaciares.
- b) Monitorear el estado de los glaciares, considerando entre otros aspectos, su dimensión, avance, retroceso y su aporte al caudal de las cuencas en que se encuentran.
- c) Mejorar el nivel de conocimiento nacional acerca de la influencia del Cambio Climático sobre los glaciares.
- d) Elaborar pautas de conservación, protección y restauración de los glaciares, las que se pondrán en conocimiento del Ministro Secretario General de la Presidencia.
- e) Proponer al Gobierno las medidas administrativas que sean conducentes para reglamentar el acceso a los glaciares, como para la mejor vigilancia y conservación de los mismos. f) Proponer al Gobierno el o los Reglamentos que deban dictarse para el cumplimiento de la presente Ley.
- g) Elaborar un informe trianual sobre el estado de los glaciares.
- h) Informar los proyectos o actividad que se realice sobre glaciares o afecte su ecosistema, en conformidad al artículo 9º.

- i) Autorizar proyectos o actividades que se realicen sobre glaciares o afecten su ecosistema en conformidad con el artículo 8°.
- i) Fiscalizar el cumplimiento de esta Ley.

Artículo 14°.- FACULTADES. El Consejo Nacional de Glaciares queda asimismo facultado para:

- a) Contratar a expertos para la realización de tareas específicas dentro del marco de las obligaciones que le encomienda esta Ley, así como firmar acuerdos de cooperación y convenios para investigación científica sobre glaciares.
- b) Editar o publicar monografías u otros trabajos sobre los glaciares.
- c) Desarrollar programas de educación para la creación de una cultura sobre glaciares que contemple entre otros, la organización de exposiciones artísticas, seminarios o actividades científicas y culturales sobre glaciares o glaciología.

Artículo 15°.- SECRETARÍA TÉCNICA. El Consejo tendrá una Secretaría Técnica encargada de extender sus actas, ejecutar sus acuerdos y desempeñar las comisiones que se le encomienden y cuya remuneración se consultará anualmente en el Presupuesto del Ministerio Secretario General de la Presidencia. El Secretario Técnico tendrá el carácter de ministro de fe para todos los efectos legales y llevará un archivo con toda la documentación entregada a la Comisión y estará a cargo de la gestión administrativa del Consejo.

Artículo 16°.- COOPERACIÓN: Las autoridades civiles, militares y de carabineros tendrán la obligación de cooperar con el cumplimiento de las funciones y resoluciones que adopte el Consejo Nacional de Glaciares, en relación con la conservación, el cuidado y la vigilancia de los glaciares.

Artículo 17°.- OBLIGACIONES COMPLEMENTARIAS: Sin perjuicio de lo dispuesto en el artículo anterior, los servicios que se señalan a continuación, auxiliarán al Consejo Nacional de Glaciares complementando la aplicación de la presente Ley, en la forma que en cada caso se indica:

- a) Para los efectos de investigación y medición establecidos en el artículo 299, letra b) del Código de Aguas, la Dirección General de Aguas considerará a los glaciares como parte del ciclo hidrológico de las aguas, informando sobre los caudales que estos proveen a las cuencas hidrográficas al Consejo Nacional de Glaciares.
- b) El Instituto Geográfico Militar, asistirá al Consejo Nacional de Glaciares, en la ubicación geográfica de los mismos, para los efectos de la elaboración y actualización del Registro Nacional de Glaciares.
- c) El Ministerio de Vivienda y Urbanismo y las municipalidades respectivas deberán considerar a los glaciares como áreas de protección, y fuera de límite urbano para los efectos de la dictación de los respectivos instrumentos de planificación territorial, en conformidad con la Ley General de Urbanismo y Construcción.
- d) Los Ministerios de Agricultura, Vivienda, Urbanismo y Bienes Nacionales, no podrán estudiar ni informar sobre cambios de uso de suelo, con fines no agrícolas, en las áreas

- rurales del país donde se encuentren glaciares, de conformidad a lo dispuesto en el Decreto Supremo N° 718 de 1977, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.
- e) Los glaciares se considerarán parte integrante de la Convención de Washington y del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado, para efectos de coordinar su protección cuando se encuentren en Reservas de Regiones Vírgenes, Parques Nacionales, Monumentos Nacionales y Reservas Nacionales. Con todo, a los glaciares no les serán aplicables las normas de manejo, creación, administración y desafectación de la Ley N° 18.362. Lo anterior es sin perjuicio de la protección adicional que eventualmente tenga un glaciar que sea declarado monumento nacional o reserva nacional.
- f) Sin perjuicio de las atribuciones establecidas en el inciso segundo del artículo 5° de la Ley N° 18.695, Orgánica Constitucional de Municipalidades, y en otras normas legales, las municipalidades recibirán las denuncias que formulen los ciudadanos por incumplimiento de la presente Ley y las pondrán en conocimiento del Consejo Nacional de Glaciares para que éste les dé curso y les informe sobre el trámite dado a la denuncia. Con el mérito del informe, o en ausencia de él transcurridos treinta días, la municipalidad pondrá copia de los antecedentes y del informe a la Comisión Nacional del Medio Ambiente.

Artículo 18°.- RECURSOS: La Ley de Presupuesto de la Nación consultará anualmente los fondos necesarios para el funcionamiento del Consejo Nacional de Glaciares, de su Secretaría Técnica, y para el cumplimiento de los fines que la Ley le asigna.

Los Juzgados de Letras ingresarán mensualmente en la Tesorería Fiscal respectiva, en una cuenta especial, a la orden del Consejo Nacional de Glaciares, el producto de las multas que apliquen por infracciones a la presente Ley.

Artículo 19°.- FISCALIZACIÓN. Corresponderá al Consejo Nacional de Glaciares fiscalizar la aplicación de la presente Ley. Lo anterior es sin perjuicio de las facultades legales de los organismos del Estado que participan en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, de fiscalizar el permanente cumplimiento de las normas y condiciones sobre la base de las cuales se aprobó el Estudio de Impacto Ambiental, conforme al artículo 9°, cuando fuere procedente.

En caso de incumplimiento a las normas de la presente Ley, el Consejo Nacional de Glaciares podrá solicitar al juez de letras que corresponda al lugar en que se cometa la infracción, la imposición de multas de cien hasta quinientas unidades tributarias mensuales e, incluso, la revocación de la aprobación respectiva, sin perjuicio de su derecho a ejercer las acciones civiles o penales que sean procedentes.

En contra de las resoluciones a que se refiere el inciso anterior, se podrá recurrir, dentro del plazo de diez días, ante el mismo juez y conforme al procedimiento que señalen los artículos 60 y siguientes de la Ley N° 19.300, previa consignación del equivalente al 10% del valor de la multa aplicada, en su caso, sin que esto suspenda el cumplimiento de la resolución revocatoria, y sin perjuicio del derecho del afectado a solicitar orden de no innovar ante el mismo juez de la causa.

Artículo 20°.- VIGENCIA: Esta Ley entrará en vigencia 30 días después de su publicación en el Diario Oficial.

ARTÍCULOS TRANSITORIOS

Artículo 1°.- REGISTRO PROVISORIO DE GLACIARES. Mientras se completa el Registro Nacional de Glaciares establecido en el artículo 4° de esta Ley, se considerará el siguiente listado elaborado por la Universidad de Chile y el Centro de Estudios Científicos de Valdivia como un registro provisorio de glaciares:

Cuadro 10
Inventario de Glaciares de Chile

Región administrativa	Cuenca hidrográfica	Número de glaciares	Área en kms ²	% de superficie con glaciares rocosos	Fuente
I	Norte Grande*	14	29,70	s/i	Garín (1987)
II	Norte Grande*	14	12,13	s/i	Garín (1987)
III	Norte Chico*	49	66,83	s/i	Garín (1987)
IV	Norte Chico *	11	7,02**	s/i	Garín (1987)
V	Aconcagua	267	151,25	s/i	Valdivia (1984)
Metropolitana	Maipo	647	421,9	39 %***	Marangunic (1979)
VI	Cachapoal	146	222,42	21 %	Caviedes (1979)
VI	Tinguiririca	261	106,46	3%	Valdivia (1984)
VII	Mataquito	81	81,91	s/i	Noveroy (1987)
VII	Maule	98	35,32	20 %	Comunicación personal G. Tapia (DGA)
VIII	Itata	s/i	15	s/i	Estimado Rivera et al. 2000
VIII-IX	Bío Bío	29	52,37	2 %	Rivera (1989)
IX	Imperial	13	18,72	26 %	Rivera (1989)
IX-X	Toltén	14	68,48	21 %	Rivera (1989)
IX-X	Valdivia	6	42,33	25 %	Rivera (1989)
X	Bueno	11	19,35	2 %	Rivera (1989)
X	Petrohué	12	60,57	11 %	Rivera (1989)
X	Mauñin	1	2,84	0 %	Rivera (1989)
X	Chamiza	1	1,05	0 %	Rivera (1989)
XI	Campo de Hielo Norte	28	4.200	s/i	Aniya (1988)
XI-XII	Campo de Hielo Sur	48	9.659****	s/i	Aniya et al. (1996)
Inventariados	Total		15.260		
No inventariados	Área estimada		5.315		Rivera et al. (2002)
	Total	1.751	20.575		

Fuente: www.glaciologia.cl "Inventario de Glaciares de Chile" 2002, y Rivera et al. 2002 " Use of remotely sensed and field data to estimate the contribution of chilean glaciers to eustatic sea level rise".

* Notas: Se trata de un inventario preliminar, donde los glaciares no están asociados a cuencas hidrográficas

** No incluye superficie de nieve semipermanente de 31kms² definida por GARIN (1987).

*** Denota glaciares de roca y cubiertos por detritos.

**** Incluye todos los glaciares del Campo de Hielo Sur CHS, menos aquellos cuyas superficies se encuentran principalmente en Argentina (Upsala, Agassiz, Onelli, Spegazzini, Mayo, Ameghino, Moreno y Frias).

Ante la duda si una masa de hielo puede o no ser calificado como glaciar, conforme a los términos de esta Ley, deberá solicitarse informe al Consejo Nacional de Glaciares.

Artículo 2º.- INTERVENCIÓN ACTUAL. Respecto de los glaciares que estén actualmente siendo objeto de algunas de las actividades descritas en el artículo 9º de la presente Ley y que no hubieren sido sometidos al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, se consideraran como impactos ambientales para los efectos de la Ley N° 19.300. Estas actividades deberán suspenderse y someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental en el plazo máximo de 180 días desde la entrada en vigencia de la presente Ley, debiendo considerar un programa con medidas de protección, limpieza, reparación y restauración de daños sufridos por el glaciar, según corresponda.

ANEXO 1:

MODELOS LEGALES DE PROTECCIÓN DE GLACIARES A NIVEL INTERNACIONAL Y SU APTITUD PARA CONSIDERARSE EN EL CASO DE CHILE

Juan Carlos Urquidí.
Comisión de Medio Ambiente.
Sociedad Nacional de

RESUMEN EJECUTIVO

Modelos Legales de Protección de los Glaciares a nivel Internacional como referente y antecedente para la creación de un Cuerpo Legal sobre Protección de los Glaciares en Chile.

1. Antecedentes preliminares.
2. Criterios Internacionales en la Protección de Glaciares.
3. Enfoque Jurídico del Proyecto de Ley sobre Glaciares.
4. Consideraciones principales.
5. Modelos Legales de Protección a Los Glaciares a Nivel Internacional.

1. Antecedentes Preliminares

El presente documento incluye los antecedentes legales internacionales que tuvo en consideración el grupo de trabajo conformado por la Sociedad Nacional de Agricultura, Chile Sustentable, el Departamento de Medioambiente del Ejército y el Instituto Geográfico Militar, para el diseño y redacción de la propuesta legal para la protección de glaciares.

El trabajo se llevó a cabo mayoritariamente en las oficinas de la Sociedad Nacional de Agricultura en Santiago, en base a reuniones periódicas y programadas por los distintos representantes técnicos y abogados de las entidades mencionadas anteriormente.

La información sobre protección de glaciares en los diferentes países que se individualizan en la documentación adjunta, fue obtenida a través de la colaboración de diferentes y prestigiadas oficinas especializadas en medio ambiente, que operan a nivel mundial en temas relacionados con esta materia.

2. Criterios Internacionales en la Protección de Glaciares

La mayoría de los países consultados a través de la información que se adjunta en los anexos, se caracterizan por lo general en proporcionar una forma de protección legal de glaciares de tipo indirecta, existiendo en ciertos casos también protección directa con normativa específica sobre la materia.

Criterios de Protección Indirecta. La protección indirecta de los glaciares se manifiesta en casi todos los textos revisados, mediante su inclusión expresa o tácita en cuerpos legales y/o reglamentarios, que se encargan fundamentalmente de la protección de Parques Nacionales, Santuarios de la Naturaleza y otras Áreas de Protección Oficial referidas a lugares en donde se encuentran ubicados los glaciares, tanto por tratarse del cumplimiento de disposiciones previstas por tratados internacionales como por exigencias propias de su derecho interno.

Criterios de Protección Directa. Los criterios de protección directa de los glaciares se presentan prácticamente en todos aquellos casos en que existe, a través de su inclusión expresa en la legislación sectorial aplicable y correspondiente al manejo de los recursos hídricos y de cuencas u hoyas hidrográficas. Específicamente se les nombra como objetos especiales de protección a través de denominaciones tales como “nevados” v “alaciares”.

3. Enfoque Jurídico del Proyecto de Ley sobre Glaciares

El esquema de trabajo propuesto se estructuró sobre la base de elaborar el borrador de proyecto de ley sobre la base de los siguientes criterios o principios fundamentales:

- La remisión de manera directa y expresa a textos legales y reglamentarios nacionales e internacionales que se encuentran vigentes conteniendo materias vinculadas y relacionadas con mecanismos útiles y expeditos para la protección de glaciares. Esto a manera de optimizar de la mejor forma posible las disposiciones legales vigentes tanto en la ley interna como aquellas consignadas en tratados internacionales.
- La remisión al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental previsto por la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, de todos aquellos casos de actividades restringidas o permitidas en glaciares. Del mismo modo, se contemplan los permisos previstos por el artículo 17 del Código de Minería, con idéntica finalidad.
- La creación de una institucionalidad sobre glaciares que prácticamente replica aquella prevista en diferentes cuerpos legales en materia de Consejos Consultivos y Consejos de cooperación público – privado.
- La definición del objeto del proyecto de ley de glaciares en términos amplios, como factor y objeto de seguridad estratégica, de respuesta a las necesidades de las poblaciones humanas, al mantenimiento de los ecosistemas, a los requerimientos de las actividades productivas, industriales, de generación y extractivas y a la preservación de los valores ambientales, turísticos y paisajísticos y de los servicios ambientales que prestan. Con esta definición quedan cubiertos todos los elementos de protección y de conservación e incluidos la totalidad de los estamentos de la comunidad nacional con intereses en la protección y conservación de Glaciares.

4. Consideraciones principales

- 4.1. La necesidad de legislar en materia de protección y conservación de Glaciares obedece a la urgente adopción de medidas paliativas y de mitigación en relación con aquellos impactos ambientales de carácter global que se vinculan con el cambio climático. La pérdida de albedo y la generación de inmisiones por actividades antrópicas, que pueden impactar afectando de manera severa la existencia de los glaciares o contribuyendo a su derretimiento y retroceso, han sido abordadas de manera específica y técnica en el Cuerno Leal que se propone.
- 4.2. Dada la especial circunstancia de que la nieve (agua en estado sólido) no constituye ni forma desde una óptica jurídica, parte de aquellos recursos hídricos a que se refieren las aguas terrestres, cuyo derecho de aprovechamiento y uso se regula por las disposiciones del Código de Aguas, se ha optado por elaborar una propuesta de proyecto de ley de Glaciares, que si bien tiene una vinculación con la legislación vigente en materia de aguas, debe ser tratada desde una perspectiva legislativa separada. En efecto, un buen ejemplo de esta situación se puede ilustrar en base al hecho que las actividades de los centros de esqui en alta montaña no cuentan con derechos de aprovechamiento

de aguas a pesar de los riesgos de generar externalidades negativas o impactos ambientales que deberían analizarse en el contexto de la legislación vigente.

- 4.3. La institucionalidad propuesta en el sentido de crear una Comisión Nacional de Glaciares, obedece a la necesidad de contar con una entidad técnicamente competente y formada por diferentes representantes del quehacer político, gremial, técnico y académico que deberán aunar criterios para su clasificación y evaluación periódica.

5- Modelos Legales de Protección de Glaciares a nivel internacional y su aptitud para considerarse en el caso de Chile

5.1. Perú :

- No existe una regulación especial o específica, se podría incluso afirmar que no hay un estatuto jurídico para los glaciares.
- Hasta el momento se ha considerado a los glaciares, como aguas nacionales, regulados genéricamente por la Ley de Aguas.

Ley General de Aguas: sus disposiciones comprenden las aguas marítimas, terrestres y atmosféricas del territorio y espacio nacional; en todos sus estados físicos, las que con carácter enunciativo, pero no limitativo son, entre otras, los nevados y glaciares (Artículo 4º letra e). Las áreas ocupadas por los nevados y los cauces de los glaciares son igualmente de propiedad inalienable e imprescriptible del Estado.

El proyecto de Ley de Aguas (D.S. 122/02 pcm, abril 2003), en sus artículos 5 y 6, considera al agua proveniente de los nevados y glaciares, así como las áreas ocupadas por los mismos como bienes a sociados al agua. otorgándole así un estatus jurídico a los glaciares.

En relación a la protección de glaciares vía la legislación de Áreas Protegidas, el Parque Nacional Huascarán fue declarado Patrimonio Natural de la Humanidad y protege 663 glaciares.

5.2. Canadá :

- Tiene una protección indirecta; protege los glaciares a través de la Ley de Parques Nacionales.
- Su glaciar más importante es el Columbia, el que desemboca en el río Columbia, el cual es objeto de un tratado bilateral con Estados Unidos.

5.3. Colombia:

- El Título Primero del Código de Recursos Naturales, se refiere a las aguas no marítimas, entre las que están los glaciares. En su artículo 77 establece: "Las disposiciones de esta parte, regulan el aprovechamiento de las aguas no marítimas en todos sus estados y formas, como: h) la de los nevados y glaciares.

5.4. Ecuador:

- La Ley de Aguas contempla a los glaciares, como una fuente de provisión de aguas.
- A su vez, Ecuador es suscriptor del Tratado Antártico (ratificado en el año 1987) y también del Tratado Antártico de Protección del Medio Ambiente.

5.5. Estados Unidos:

- Tiene una regulación específica sobre glaciares a través de las Leyes de Parques Nacionales.

5.6. Aragón:

- La Ley Nº 2 de 1990, declara Monumentos Nacionales a los glaciares Pirenaicos. Hasta la promulgación de esta Ley, los únicos glaciares protegidos eran los de Las tres Sopores, al quedar englobados dentro de la protección de Parques Nacionales. El resto de los glaciares carecía de cualquier tipo de protección.

5.7. Argentina:

- No existe una regulación específica en materia de glaciares.
- La gran mayoría de los glaciares se encuentran ubicados dentro de los Parques Nacionales. La Ley Nº 22.351 de Parques Nacionales y Monumentos Naturales establece lo siguiente: todas las áreas que se encuentren dentro de los parques nacionales, deben mantenerse sin alteraciones, salvo aquellas que; sean necesarias para garantizar el control de las áreas; para la atención de los visitantes; para la Defensa Nacional. Por su parte esta Ley también establece, que no se pueden desarrollar actividades económicas dentro de los Parques Nacionales, salvo, que sean de aquellas que tengan relación con el turismo.

5.8. Chile:

- No existe protección específica en materia de glaciares.
- El Código de Aguas ni siquiera menciona expresamente las palabras glaciar, hielo o nieve, no contiene definiciones básicas.
- Existe una protección indirecta a través de Parques Nacionales.

5.9. Francia:

- No existe en Francia una reglamentación especialmente consagrada a la protección de los glaciares, pero la legislación vigente contempla modos directos e indirectos para su protección y conservación.
- Sin perjuicio de ello, esta protección se encuentra tratada de forma indirecta en la Ley de la Montaña y el Código de Medio Ambiente: tres series de normas, que están en el Código de Medio Ambiente, pueden interpretarse en favor de la protección de los glaciares:

a. Los Parques Nacionales: las disposiciones en materia de Parques Nacionales tiene como objetivo la protección de territorios y medios naturales (artículos L.331-1 y siguientes del Código de Medio Ambiente). Procedimiento de clasificación de un territorio como Parque Nacional: artículos R.331-1 y siguientes, que prevé una consulta de las autoridades territoriales y una consulta pública. Reglamentación de las actividades en un parque nacional: resulta de cada decreto de clasificación en Parque Nacional de un territorio que regula las actividades de pastoreo, agrícolas, forestales a un régimen especial o puede disponer una interdicción total de caza, de actividades industriales o comerciales, y de la extracción de materiales. Ejemplo: Decreto del 6 julio 1963 Parque de "La Vanoise" (artículo 14)

b. Las reservas naturales: clasificación de un territorio como reserva natural cuando el medio natural presente una especial importancia o fuera necesario preservarlo de cualquier intervención artificial.

De la misma manera, cada decreto somete las actividades de pastoreo, agrícolas, forestales a un régimen especial o puede ordenar una interdicción total de caza, de actividades industriales o comerciales, y de extracción de materiales. Ejemplo: Decreto del 28 de enero 1991, los "Hauts de Villaroger" tienen glaciares, pero no están protegidos de manera directa. Ver artículo 11: interdicción de todo trabajo público o privado.

c. Los espacios naturales inscritos y clasificados: no existe definición legal de un espacio natural. El Código de Medio Ambiente establece únicamente el principio de que existen ciertos Monumentos Naturales y espacios naturales cuya conservación o preservación puedan revestir un interés general desde el punto de vista artístico, histórico, científico, legendario o pintoresco (artículo L.331-1 del Código).

Consecuencias de la inscripción de un espacio natural: tanto las entidades territoriales como las personas naturales deben, antes de realizar obras, avisar al representante del Estado cuatro meses antes de su inicio.

Consecuencias de la clasificación de un espacio natural: toda modificación del espacio es prohibida excepto con una autorización especial. Por ejemplo, una autorización del Ministerio de Medio Ambiente es necesaria para abrir una cantera en un espacio natural clasificado. Y sin autorización, está prohibido extraer minerales o áridos.

Las disposiciones de la "Ley Montaña": Para completar las normas del Código de Medio Ambiente, en caso de insuficiencia de la protección que resulta, es posible actuar con las disposiciones de la Ley Montaña que está ahora en el Código de Urbanismo.

El artículo L.145-7 del Código de Urbanismo prevé que decretos adoptados en "Conseil d'Etat" (Consejo de Estado), después de una consulta pública puedan definir prescripciones particulares sobre todo o parte de un macizo para designar los espacios, paisajes y medios más notables del patrimonio natural de la montaña. tales como desfiladeros. cuevas. alacraes... y definir los modos de su preservación.

Los comités de macizos pueden elaborar recomendaciones particulares para ciertas zonas sensibles (que pueden contener glaciares).

El Libro VII del Código de Medio Ambiente, sobre la aplicación del Protocolo de Madrid al Tratado Antártico, prevé un régimen de declaración previa o autorización, con una evaluación de impacto ambiental para las actividades en la Antártica. Pero, no hay disposiciones particulares sobre los glaciares en la Antártica.

5.10. Tratado Antártico

- Las actividades de la Antártica se rigen por el Tratado Antártico de 1959 y acuerdos asociados, conocidos de manera colectiva como el Sistema del Tratado Antártico. Este tratado estableció que la Antártica es una zona destinada a la paz y a la ciencia.
- En 1991 las partes consultivas del Tratado Antártico adoptaron el Protocolo al Tratado Antártico, sobre Protección del Medio Ambiente, el cual designa a la Antártica como reserva natural. Este protocolo establece varios principios ambientales, procedimientos y obligaciones para asegurar la protección amplia del medio ambiente antártico y de sus ecosistemas dependientes y asociados. Las partes consultivas han acordado que, en espera de la entrada en vigor del Protocolo, sus disposiciones deberían aplicarse cuando sea pertinente, en la medida de lo posible y de conformidad con sus respectivos sistemas legales.

El Protocolo Ambiental se refiere tanto a las actividades turísticas, no gubernamentales, como a las actividades gubernamentales en la zona del Tratado Antártico. Y tiene por finalidad asegurar que aquellas actividades no tengan impactos adversos sobre el medio ambiente antártico, o sobre sus valores científicos y estéticos.

ANEXO 2: MOCIONES PARLAMENTARIAS PARA LA CONSERVACIÓN DE GLACIARES

1- MOCIÓN PROYECTO DE LEY SOBRE VALORACIÓN Y PROTECCIÓN DE LOS GLACIARES PRESENTADA POR EL SENADOR ANTONIO HORVATH (2006)

Honorable Senado:

Chili en aymará significa confín helado, es decir ya desde los pueblos originarios nuestro país fue asociado con cordilleras, nieves, glaciares y temperaturas más bajas. Los glaciares son un elemento que identifica a Chile en el Hemisferio Sur del planeta.

Los glaciares son ecosistemas que incluyen agua superficial o subterránea, congelada en su mayoría y están formados por los restos de la gran cobertura de hielo que se extendió sobre una buena parte de las latitudes altas y en las zonas de altura de la Tierra durante las últimas glaciaciones del cuaternario. Se trata de formaciones de hielo permanente que pasan de una estación a otra y tienen una gran importancia como agentes erosivos de primer orden, constituyendo una gran reserva de agua dulce del Planeta.

Antecedentes entregados en la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible, celebrada en 2002, en Johannesburgo, Sudáfrica, indican que aunque el 70 % de la superficie de la Tierra está cubierta por agua, solamente el 2.5 % del agua disponible es dulce, mientras que el restante 97.5 % es agua salada. Casi el 70 % del agua dulce está congelada en los glaciares, y la mayor parte del resto se presenta como humedad en el suelo, o yace en profundas capas acuíferas subterráneas inaccesibles. Menos del 1 % de los recursos de agua dulce del mundo están disponibles para el consumo humano.

La misma información señala que aproximadamente 1.100 millones de personas, es decir, el 18% de la población mundial, no tienen acceso a fuentes seguras de agua potable, y más de 2.400 millones de personas carecen de saneamiento adecuado. En los países en desarrollo, más de 2.200 millones de personas, la mayoría de ellos niños, mueren cada año a causa de enfermedades asociadas con la falta de acceso al agua potable, saneamiento inadecuado e insalubridad. Además, gran parte de las personas que viven en los países en desarrollo sufren de enfermedades causadas directa o indirectamente por el consumo de agua o alimentos contaminados o por organismos portadores de enfermedades que se reproducen en el agua. Con el suministro adecuado de agua potable y de saneamiento, la incidencia de contraer algunas enfermedades y consiguiente muerte podrían reducirse hasta en un 75 %.

Las áreas de escasez y de demanda de agua van en aumento, especialmente en el norte de África y en Asia occidental. Durante las próximas dos décadas, se espera que el mundo precise de un 17 % más de agua para cultivar alimentos para las crecientes poblaciones de los países en desarrollo, y el consumo total del agua aumentará en un 40 %. La tercera parte de los países en regiones con gran demanda de agua podrían enfrentar escasez severa de agua en este siglo, y para el 2025, dos tercios de la población mundial probablemente vivan en países con escasez moderada o severa.

De acuerdo al Inventario de glaciares en Chile, publicado por el Laboratorio de Glaciología, del Centro de Estudios Científicos y la Universidad de Chile, en Chile se han inventariado, hasta el año 2002, 1.751 glaciares con una superficie de 15.260 kms² de hielo. Se estima además una superficie no inventariada de 5.315 kms² de hielo, lo que totaliza para el país una superficie cubierta de glaciares de 20.575 kms².

Durante la última era glaciaria, los glaciares llegaron a cubrir más del 30 por ciento de la superficie terrestre, lo cual actualmente se ha disminuido hasta un 10 % por causa del calentamiento global. Registros muestran que los glaciares en la Cordillera Blanca (Ancash, Perú) se han ido reduciendo desde

1970 conllevando a una disminución del área en un 75% durante un periodo de 25 años con impactos significantes sobre la disponibilidad de agua y aumento en peligros de deslaves así como avalanchas de hielo. Más de 20 eventos catastróficos de inundaciones han sido registrados desde el comienzo del siglo XVIII. al ser destruidos asentamientos con la pérdida de miles de vidas

En el caso del sur de Asia y China, según estudios científicos el 40% de las personas podrían sufrir su escasez en 50 años, a medida que el calentamiento global derrita los glaciares del Himalaya, principal fuente acuifera de la región.

Los glaciares proporcionan unos 8,6 millones de metros cúbicos al año a los ríos asiáticos, incluidos el Yangtse y el río Amarillo de China, el Ganges en La India, el Indo en Pakistán, el Brahmaputra en Bangladesh y el Irrawaddy en Birmania. Sin embargo, a medida que el calentamiento global aumenta, los glaciares se reducen con rapidez, con temperaturas medias que se incrementaron en un grado centígrado desde la década de 1970.

Un informe del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), señaló, en marzo de 2005, que un tercio de los glaciares del mundo podrían desaparecer hacia el año 2050 y la mitad para alrededor de 2100 por efectos del cambio climático y el incremento de la agricultura de montaña. Los expertos están preocupados, pues aproximadamente un 67% de los casi 34.000 kilómetros cuadrados de glaciares están retrocediendo y a largo plazo, a medida que el hielo disminuya, el flujo de los ríos caerá, llevando a una grave escasez de agua en la región. El glaciar Gangotri, donde nace el Ganges, disminuye su tamaño en 23 metros al año.

Un estudio de la Universidad de Santiago, Chile, señala que si bien los ecosistemas polares se conservan todavía relativamente intactos cuando se les compara con otros, su condición -alguna vez prístina- ya está mostrando los signos del cambio climático y otras presiones. Los efectos del cambio climático en las regiones polares son mayores que en cualquier otro punto de la Tierra. Todavía no está claro si el adelgazamiento del hielo que se ha notado en ciertas áreas es parte de una variación climática natural o consecuencia de la actividad humana; tampoco queda claro si la masa total de las placas de hielo polar está aumentando, disminuyendo o fluctuando dentro de parámetros normales. Pero las regiones polares proporcionan una evidencia amplia de calentamiento a través de los núcleos de hielo y la retirada de los glaciares (Watson et al. 1998:90-91). Entre tanto, la perturbación inmediata causada por la contaminación y por niveles insostenibles de pesca comercial de algunas poblaciones de peces es significativa y continúa aumentando.

En julio de 2005 informes de la NASA revelan que los glaciares se están derritiendo más rápido de lo previsto. Indica esta información que, en los últimos 50 años, el nivel del mar ha aumentado a un ritmo estimado de 1,8 centímetros por año, pero en los últimos doce años este ritmo parece ser de 3 centímetros por año. Esto supone un ritmo un 50 % mayor que la media de los últimos 50 años. Casi la mitad de esta subida era atribuida hasta ahora a la expansión del agua de los océanos debido al aumento de la temperatura, según Steve Nerem, del Centro de Investigación Astrodinámica de Colorado.

Sin embargo, las nuevas medidas por satélite de las que dispone la NASA han permitido a los científicos determinar que la principal causa de este aumento es el incremento del deshielo. Las evidencias señalan que el nivel del mar sube y baja cuando el hielo sobre la tierra crece o disminuye. Con las nuevas medidas ahora disponibles, es posible determinar el ritmo al que el hielo está creciendo y disminuyendo. Se estima que más de 100 millones de personas que viven desde el delta del Mississippi hasta las islas Maldivas y en multitud de zonas costeras alrededor de todo el mundo se verán afectadas por un incremento de un metro en el nivel del mar, según señala Waleed Abdalati, responsable del Programa de Criosfera (regiones cubiertas por nieve o hielo) del Centro Goddard de Vuelos Espaciales de la NASA.

Nuestra Constitución Política se preocupa especialmente de la preservación de la naturaleza y del derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, garantizando, en el N° 8 de su artículo 19°, el derecho de todas las personas a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, a la vez que impone al Estado el deber de velar por que este derecho no sea afectado y tutelar la preservación de la naturaleza. Asimismo, faculta al legislador para establecer restricciones específicas al ejercicio de determinados derechos o libertades para proteger el medio ambiente.

Por otra parte, al tratar la garantía constitucional del derecho de propiedad, en el inciso segundo del N° 24 del mismo artículo, autoriza expresamente a la Ley para establecer las limitaciones y obligaciones al derecho de propiedad que deriven de su función social, precisando que dicha función social comprende, entre otros factores, las exigencias de la conservación del patrimonio ambiental.

La jurisprudencia de los Tribunales Superiores ha señalado que el “medio ambiente”, el “patrimonio ambiental”, la “preservación de la naturaleza” de que habla la Constitución y que ella asegura y protege, es todo lo que naturalmente nos rodea y que permite el desarrollo de la vida y tanto se refiere a la atmósfera como a la tierra y sus aguas, a la flora y fauna, todo lo cual conforma la naturaleza con sus sistemas ecológicos de equilibrio entre los organismos y el medio en que viven. Por tanto, han concluido reiteradamente, el medio ambiente se afecta si se contamina o si se altera de modo perjudicial para el mejor desarrollo de la vida.

Es indudable que la valoración y protección de los glaciares, como ecosistemas que forman parte fundamental del entorno natural de nuestro país, y que representan una de las más importantes reservas de agua dulce para la Humanidad, debe ser reconocida e impulsada por el legislador, en cumplimiento del deber que le impone la Constitución de velar por que el derecho de vivir en un medio ambiente libre de contaminación no sea afectado y, especialmente, de su obligación de tutelar la preservación de la naturaleza.

Creemos que los antecedentes anotados justifican proponer una legislación especial que, junto con valorar y resguardar la preservación de los glaciares, como ecosistemas que incluyen agua superficial o subterránea que constituyen una gran reserva de agua dulce del Planeta, prohíba la intervención y la ejecución de cualquier tipo de proyectos en ellos, e imponga la obligación de monitorear estudiar y ejecutar las obras que garanticen la protección de los glaciares, en aquellos proyectos que se desarrollen en sus inmediaciones o en su área de influencia. En cuanto a las obras que por algún motivo estén afectando glaciares, la Ley establecerá que deberán monitorearse, efectuar un plan definiendo un plazo de no intervención del glaciar y la realización de obras y planes piloto para reconstituir los glaciares en la medida y donde sea posible.

El aporte científico que han hecho al conocimiento de los glaciares en Chile glaciólogos como John Mercer, Luis Lliboutry, Cedomir Marangunic y Gino Cassasa, geógrafos como Andrés Rivera, geólogos como Juan Brügger, Ingenieros Hidráulicos como Ludwig Stowas, expedicionarios como Federico Reichert, Alfredo Kölliker, Alberto María de Agostini, Harold W. Tilman, Jorge Peterek, Geoffrey Blatt, Eric Shipton, Claudio Lucero, Eduardo García, Chotaro Nakasima, H. Sakagami, Toshio Takeuchi, Takeo Tsusuki, Takeo Yoshizawa, Pedro Svarca, Ferry Mc Sweeney, Jacquetta Smith, Boirin, Prudhomme, Etienne, Mardal, Roger Henon, Marc Rocquefere, Jean Louis Hourcadette, Berbard Doliguez, Casimiro Ferrari, Giuliano Maseri, Arved Fuchs, Pablo Besser, Rodrigo Fica, Iorae Crosslev, José Pedro Montt, entre otros.

En la protección de los glaciares está incluido el derecho a la vida, por tratarse de reservas de agua dulce.

Por las razones expuestas, tenemos el honor de proponeros la siguiente:

MOCIÓN
PROYECTO DE LEY SOBRE VALORACIÓN Y
PROTECCIÓN DE LOS GLACIARES

Artículo 1º.-“Los glaciares son ecosistemas constituidos por grandes masas de hielo, con o sin agua intersticial, de límites bien establecidos, originados sobre la tierra por metamorfismo a hielo de acumulaciones de nieve, y que fluyen lentamente deformándose bajo el influjo de la gravedad y según la ley de flujo del hielo, y por un lento deslizamiento sobre el lecho basal si el hielo está a 0º C. En las masas de hielo existe una variada cantidad de impurezas, esencialmente de material detrítico, desde virtualmente imperceptible hasta algo más de 20 %; el material detrítico es principalmente de origen rocoso, en tamaño desde grandes bloques a finas partículas de arcillas, que caen desde las laderas sobre el glaciar o son llevadas por el viento y se incorporan a las masas de nieve y hielo, y también fragmentos erosionados en la base del glaciar e incorporados al hielo de su base. El detrito rocoso puede cubrir íntegramente un glaciar. Una parte muy menor del detrito en los glaciares suele ser orgánico (fragmentos o especímenes enteros) y proviene principalmente del arrastre eólico hasta la superficie del glaciar, donde se incorpora a la masa de hielo. En algunos glaciares existe toda una biodiversidad propia de este ecosistema.”

“Una clasificación primaria de glaciares distingue las siguientes formas: sabana de hielo continental, campo de hielo, casquete o calota de hielo, glaciar de pie de monte, glaciar de valle, glaciar de montaña, glaciarete, banquisa o plataforma de hielo flotante, y glaciar de roca.”

“Los glaciares son formaciones de hielo que constituyen una gran reserva de agua dulce del planeta. Son parte constituyente de cada glaciar las lagunas que se encuentran en su superficie.”

Artículo 2º.- “La intervención de glaciares se clasifica como:

- a) Actividad turística en los glaciares, realizada solo a pie o sobre esquís.
- b) Actividad científica en los glaciares, realizada solo a pie o sobre esquís, con eventual toma de muestras manuales obtenidas de pozos excavados manualmente y hasta de 12 m de profundidad o con taladros activados manualmente, y que no deja o abandona materiales (por ejemplo, estacas de control, puntos topográficos, elementos de estación meteorológica o pluviométrica, materiales de campamento, diversos otros) en los glaciares.
- c) Actividad turística realizadas con el auxilio de medios mecanizados de transporte, tales como mototoboganes, vehículos sobre orugas o ruedas o cojines de aire, helicópteros, aviones que aterrizan sobre glaciares, y otros.
- d) Actividad científica en los glaciares, realizadas con el auxilio de medios mecanizados de transporte, o con obtención de muestras de sondajes mecanizados, o que deja indefinidamente materiales en los glaciares (estacas, señales varias, instrumentos, etc.), o que introduce cualquier tipo de trazadores, en cualquier cantidad, en el glaciar o sus aguas.
- e) Actividad científica, turística o industrial que excave un túnel en el glaciar, de más de 10 m de longitud o de más de 2.5 metros de diámetro.
- f) Actividades industriales, tales como:
 - Remoción de masas de hielo o de detrito rocoso superficial del glaciar, en exceso de 50 metros cúbicos.
 - Carga del glaciar con cualquier tipo de material o estructura, incluyendo carga artificial de nieve o de avalanchas inducidas o dirigidas, en exceso de dos toneladas o de 30 metros cúbicos de material, emplazadas puntualmente y de manera permanente o semipermanente.

- *Corrida de camino sobre el glaciar, de cualquier longitud y con o sin el empleo de material de estabilizado.*
- *Cobertura total o parcial del glaciar con cualquier tipo de material o colorante.*
- *Drenaje artificial de agua intra-glaciar o sub-glaciar, en cualquier caudal.*
- *Recarga artificial del glaciar con nieve, hielo o agua, en cualquier cantidad.*
- *Fuente de polvo u otro contaminante industrial, distante a menos de 10 Km. de un glaciar.*
- *Vibraciones inducidas por la actividad industrial, distante a menos de 5 Km. de un glaciar.*

g) Emergencias aéreas en los glaciares.

h) Incendios intencionales, que afectan a los glaciares por depósitos de cenizas.

La intervención de glaciares de los tipos a) y b) solo requiere de avisos a las autoridades correspondientes (Carabineros y Municipalidad) y observar la norma de no dejar desecho alguno en los glaciares.

La intervención de los tipos c), d) y e) debe hacerse previo una Declaración de Impacto Ambiental.

La intervención del tipo f) requiere de un Estudio de Impacto Ambiental.

La intervención de tipo g) debe remediarse removiendo desde el glaciar todos los restos de materiales caídos o depositados en él con motivo de la emergencia o de las acciones de rescate o remedio. Esta remoción debe hacerse previa Declaración de Impacto Ambiental.

La intervención de tipo h) será según lo establezca esta Ley, sin perjuicio de lo que señalen otros cuerpos legales.

Los glaciares pueden avanzar lenta y paulatinamente, o rápidamente y de manera esporádica, o bien deslizarse violentamente y de manera catastrófica. El diseño y construcción de instalaciones en la eventual senda de avance o de deslizamiento de un glaciar debe prever esto y evitarlo. En ningún caso pueden realizarse acciones para interferir el avance de un glaciar."

Artículo 3º.- Agrégase la siguiente oración a la letra b) del Artículo 11 de la Ley 19.300 General de Bases del Medio Ambiente, antes del punto y coma (;), reemplazando éstos por una coma (,): "efectos adversos sobre glaciares:"

Artículo 4º.- "Todo lo que se refiera a glaciares se regirá por una Ley especial"

Artículo 5º.- "Para todos los efectos de control, monitoreo, catastro, investigación, prevención, valoración y cuidado de los glaciares. éstos se considerarán parte del ciclo hidrológico de las aguas".

Artículo 6º.- "Se prohíbe intervenir o depositar elementos extraños que puedan afectar la condición natural de los glaciares".

Artículo 7º.- "Cualquier infracción en lo que atañe a la intervención de glaciares será sancionado con una multa de 10 a 500 UTM más los gastos que signifique la reposición del glaciar, sin perjuicio de las responsabilidades civiles que se aenoren. en conformidad a las normas pertinentes del Título III de la Ley 19.300."

Artículo 8º.- "Los glaciares que estén, históricamente o actualmente, siendo afectados, deberán monitorearse y los responsables de ellas efectuar un plan definiendo un plazo de no intervención del glaciar que no superará los 180 días considerando la realización de obras y planes piloto para preservar la reconstitución de los glaciares."

Artículo 9º.- "Se establece un plazo de 180 días para que toda actividad en área de glaciares, ya sea turística, científica o industrial. incluyendo caminos y carreteras. haya una declaración de intervención

de glaciares, según los numerales a) a f) del Artículo 2º. Para ello, y sin ser excluyente, debe entenderse como área en la que pueden existir glaciares el territorio nacional:

- a) al Norte de 20° de latitud, por sobre la cota de 4.000 m,
- b) entre los 20° y 25° de latitud, por sobre la cota de 3.600 m,
- c) entre los 25° y 35° grados de latitud, por sobre la cota de 2.500 m,
- d) entre los 35° y 40° de latitud, por sobre la cota de 1.600 m,
- e) entre los 40° y 45° de latitud, por sobre la cota de 400 m,
- f) al Sur de los 45° de latitud, por sobre el nivel del mar.

“Cualquier actividad que realice intervención en un glaciar según los numerales a) y b) del Artículo 2º, en un plazo de 180 días debe presentar un programa con medidas de protección del glaciar.

“Cualquier actividad que realice intervención en un glaciar según los numerales c), d) y e) del Artículo 2º, en un plazo de 365 días debe presentar un programa con medidas de protección y con medidas de limpieza del glaciar.”

“Cualquier actividad que realice intervención en un glaciar según el numeral f) del Artículo 2º, en un plazo de 500 días debe presentar un estudio de Línea Base del glaciar y un programa de reposición de daños causados al glaciar.

Antonio Horvath Kiss
Senador

2.- MOCION PARA LA PROTECCIÓN DE GLACIARES, PRESENTADA POR EL DIPUTADO LEOPOLDO SANCHEZ (2005)

ESTABLECE LA PROHIBICIÓN DE EJECUTAR PROYECTOS DE INVERSIÓN EN GLACIARES
BOJIFIN N° 3947-12

CONSIDERANDO:

- 1.- *Que existe conciencia en casi todas las naciones del mundo sobre los efectos perniciosos, actuales y futuros del cambio climático en nuestro planeta.*

La Comunidad Científica Internacional, ha estimado que el clima global se verá alterado significativamente, en el próximo siglo, como resultado del aumento de concentraciones de gases invernadero tales como el dióxido de carbono, metano, óxidos nitrosos y clorofluorocarbonos. Estos gases están atrapando una porción creciente de radiación infrarroja terrestre y se espera que hará aumentar la temperatura planetaria entre 1,5 y 4,5°C. Como respuesta a esto, se estima que los patrones de precipitación global, también se alterarán en los próximos cincuenta años.

También existen estudios serios que indican que se están produciendo gravísimas alteraciones en los ecosistemas globales. Así, por ejemplo, algunas investigaciones dan cuenta del hecho que los rangos de especies arbóreas, podrá variar significativamente como resultado del cambio climático global. Por ejemplo, estudios realizados en Canadá proyectan pérdidas de aproximadamente 170 millones de hectáreas de bosques en el sur Canadiense y ganancias de 70 millones de hectáreas en el norte de Canadá, por ello un cambio global como el que se sugiere, implicaría una pérdida neta de 100 millones de hectáreas de bosques.

Estos cambios medioambientales necesariamente tendrán como consecuencia, desequilibrios económicos, pues se acrecienta la vulnerabilidad de las economías de los países que dependen fuertemente de recursos naturales.

En relación al impacto directo del cambio climático sobre seres humanos, se ha concluido, que en este fenómeno se encuentra la causa última de la expansión del área de enfermedades infecciosas tropicales, las enormes inundaciones de terrenos costeros y ciudades, la prevalencia de tormentas más intensas, y el aumento estadístico de la ocurrencia de episodios más prolongados de sequías.

- 2.- *Que resulta indispensable, por lo anteriormente expuesto, que las naciones del orbe junto con cumplir con los compromisos adquiridos al suscribir el Protocolo de Kyoto que pretende disminuir la emisión de gases con efecto invernadero, que están siendo decisivos en la generación del cambio climático global, deben preocuparse también de asegurar muy especialmente la disponibilidad, acceso y uso racional de los recursos hídricos, los cuales están siendo directamente amenazados por la amenaza constante de la sequía, los cambios demográficos, los regímenes de apropiación y la contaminación de los cursos y demás sitios naturales de agua dulce.*

Cada año, más de mil millones de seres humanos se ven obligados a recurrir al uso de fuentes de abastecimiento de agua potencialmente nocivas. Este hecho según Naciones Unidas perpetúa una crisis humanitaria silenciosa que acaba con la vida de unos 3.900 niños al día. El fracaso colectivo para abordar este problema se traduce en unas perspectivas de futuro muy poco esperanzadoras para los miles de millones de personas que viven atrapados en una espiral de pobreza y enfermedad.

Cuatro de cada diez personas en el mundo no tienen acceso a un baño o de pozo y casi dos de cada diez no tienen una fuente de agua potable segura. Con el fin de frenar esta terrible situación, entre los Objetivos del Desarrollo del Milenio (ODM) se incluye reducir a la mitad el porcentaje de personas que carezcan de acceso sostenible al agua potable y a servicios básicos de saneamiento antes de 2015

- 3.- *Que, en relación a la cada vez más escasa disponibilidad de recursos hídricos destinados al consumo humano y a la explotación agrícola, son muchos los científicos sociales y líderes mundiales que postulan como Steve Loneran que las tensiones por el agua dulce aumentarán a medida que se agrave su escasez. Este autor cita por ejemplo al ex secretario general de las Naciones Unidas, Boutros Ghali, y al difunto rey Hussein de Jordania- quienes habrían sostenido que "la próxima guerra en Medio Oriente será por el agua", y esto es por la sencilla razón que la demanda aumenta, a un ritmo alarmante, en algunas regiones, debido al crecimiento de la población y al incremento del consumo por habitante. En muchos países con escasez de recursos hídricos, como Jordania e Israel, no existe una forma obvia ni económica de aumentar la oferta de agua, y por tanto es probable que surjan tensiones entre diferentes usuarios. La segunda crisis es la del deterioro de la calidad del agua. La agricultura es el mayor contaminante: el creciente uso de fertilizantes y pesticidas químicos ha contaminado tanto fuentes de agua superficiales como subterráneas. También está en aumento la contaminación doméstica e industrial, y el problema afecta tanto a países industrializados como en desarrollo*

Finalmente, Lonemag, quien ha sido director de la División de Alerta Temprana y Evaluación del PNUMA, el uso del agua tiene una dimensión geopolítica.

- 4.- *Que ante este escenario, Chile se encuentra en una situación de privilegio en el contexto global, pues es poseedor de importantes reservas de agua dulce calculadas en millones de metros cúbicos. Estas reservas, tienen como base esencialmente la presencia a lo largo del territorio nacional de más de mil quinientos glaciares, y de dos grandes campos de hielos, uno en la Región de Aysén y el otro en la Región de Magallanes, Campos de Hielo Norte y Sur, respectivamente, que son los que nutren en la temporada estival los ríos y buena parte de los lagos de nuestro país.*

Cuidar en consecuencia nuestro patrimonio glaciar debiera ser una preocupación relevante de todos los chilenos y especialmente del Estado que tiene que ser capaz, con una mirada estratégica, incluso de seguridad nacional, de salvaguardar la integridad de esos recursos naturales no renovables y que se encuentran amenazados de desaparecer.

En efecto, científicos latinoamericanos han indicado que los glaciares andinos han entrado en una fase acelerada de retroceso debido al calentamiento global y al fenómeno meteorológico conocido como El Niño, estimándose que estarán gravemente deteriorados en los próximos 20 o 30 años. Esta situación, se estaría produciendo tanto en el norte de la cordillera (Ecuador, Perú y Bolivia), como en el sur (glaciares Echaurren y Piloto Este, en los Andes de Santiago y Mendoza, respectivamente) y el extremo sur (San Lorenzo, Andes de Patagonia y Tierra del Fuego).

Más aún, científicos de la NASA aseguraron recientemente que los glaciares se están derritiendo mucho más rápido de lo esperado, debido fundamentalmente a los cambios en las placas de hielo de Groenlandia y la Antártida. Waleed Abdalati, responsable del Programa de Criosfera de la Agencia Espacial Norteamericana, explicó que "se estima que más de 100 millones de personas se verán afectadas por el incremento de un metro en el nivel de los océanos, en los próximos cincuenta, años." Las consecuencias, de este fenómeno sin duda que serán nefastas para amplias poblaciones del mundo, tanto por la disminución de los recursos disponibles, para consumo humano y para la producción de alimentos, a lo cual hay que sumar las áreas habitadas que serán inundadas de manera permanente por el mar.

- 5.- *Que nuestra legislación nacional lamentablemente no contiene disposición alguna referida a la conservación de los glaciares. Ni en la Ley ambiental ni en la legislación sobre el uso y aprovechamiento de las aguas se contiene normas que permitan proteger a los glaciares del uso*

abusivo de sus cualidades, tanto como fuente de agua y también como depositarios únicos de oxígeno milenario y testigos fieles de la evolución del clima en nuestro planeta.

- 6.- *Que atendido lo anterior, considerando la urgencia que impone generar un marco protector idóneo, es que proponemos a la H. Cámara de Diputados, este proyecto de ley, de un Artículo único, mediante el cual agregamos un inciso tercero y final, al artículo 11 de la Ley N° 19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente, para excluir, aún, con sometimiento, al sistema de evaluación de impacto ambiental todos los proyectos o actividades humanas realizadas directa o indirectamente sobre glaciares, con la sola excepción de aquellas que tengan por finalidad el aprovechamiento de su valor paisajístico natural y el desarrollo de actividades de investigación científica o ecoturísticas y el aprovechamiento del derretimiento natural de los mismos*
- 7.- *Que, confiamos, en que la H. Cámara de Diputados pueda analizar a partir de esta sencilla propuesta legislativa una materia como es el patrimonio glaciar chileno que ha estado absolutamente ausente, hasta que se hicieron públicos los impactos del proyecto minero de Pascua Lama, de la agenda de asuntos de interés público, de manera tal de que podamos responsablemente generar una normativa que permita su conservación en el tiempo y su aprovechamiento probablemente en el futuro, cuando contemos con la tecnologías más adecuadas para disminuir al máximo posible los impactos ambientales negativos, que cualquier actividad humana sea o no con fines económicos, que se realice sobre ellos o en su área de influencia directa.*

POR TANTO

El Diputado que suscribe, viene en presentar el siguiente:

PROYECTO DE LEY.

ARTÍCULO ÚNICO.- *agréguese el siguiente inciso tercero y final nuevo, al Artículo 11 de LA Ley N° 19.340 de Bases Generales del Medio Ambiente:*

Con todo, ni aún sometido al sistema de evaluación de impacto ambiental podrá desarrollarse actividades o ejecutarse proyectos en las zonas glaciares, salvo que estas tengan exclusivamente finalidades de investigación científica o de aprovechamiento ecoturístico o de aprovechamiento del derretimiento natural del hielo y el escurrimiento de las aguas. En estos casos, los proyectos deberán ser sometidos al sistema de evaluación de impacto ambiental".

*Leopoldo Sánchez Grunert.
Diputado de la República*

-
- Alianza para las Montañas. s.a. Principios rectores de la Alianza Internacional para el Desarrollo Sostenible en las Regiones De Montaña. Disponible en: <http://www.alianzamontanas.org/news/stories/2003/merano.html>
 - Aceituno, P. 2006. El estado del en la investigación científica asociada al cambio climático en Chile y el diálogo con los tomadores de decisiones. Ponencia en Seminario Taller: Adaptación Institucional al Cambio Climático: Oportunidades y desafíos para Chile. Mayo 29-30. Santiago
 - Acuña, C. 2001. Variaciones recientes de los glaciares entre 28° y 41° de latitud sur en Chile con relación con cambios climáticos. Memoria Geógrafo, Facultad de Vivienda y Urbanismo. Universidad de Chile. 90p.
 - Agencia Europea de Medio Ambiente. 2005. Aumenta la preocupación en Europa: el cambio climático encabeza las listas de retos medio ambientales (Bruselas), noviembre 29. Comunicado de Prensa, Agencia Europea de Medio Ambiente. Disponible en: http://org.es.eea.europa.eu/documents/newsreleases/soer2005_pp-es
 - Alianza de las Montañas. s.a. El cambio climático. Disponible en: <http://www.alianzamontanas.org/issues/climate.html>
 - Alonso, V. 2005. Glaciares, ideas básicas. Disponible en: http://alerce.cnice.mecd.es/~mala0017/ideas_basicas.html.
 - Ballesteros, M., E. Brown, U. Küffner y E. Zegarra. 2005. Administración del agua en América Latina: situación actual y perspectivas. Serie Recursos Naturales e infraestructura, CEPAL. Santiago, Chile. 77p.
 - Brenning, A. 2003. La importancia de los glaciares de escombros en los sistemas Geomorfológico e hidrológico de la cordillera de Santiago: fundamentos y primeros resultados. Revista Geográfica del Norte Grande, 30 (2003), p. 30: 7-22.
 - Brown, E. y Saldivia, J. 2000. Informa nacional sobre la gestión del agua en Chile. CD-ROM de la Biblioteca Virtual de Recursos Hídricos en América Latina y el Caribe, GWP-SAMTAC y CEPAL. Santiago, Chile. 117p.
 - Carrasco, J. 2006. Comportamiento reciente de la línea de nieve en la región central de Chile. Dirección Meteorológica de Chile y Centro de Estudios Científicos de Valdivia. Chile. <http://www2.ing.puc.cl/ich/DIHA%203.0/Seminarios/Carrasco%20-%203%20mayo.pdf>
 - Caviedes, J. 1979. Inventario de glaciares en la hoya del Río Cachapoal y predicción de la escorrentía de deshielo, Andes centrales. Memoria Geólogo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Santiago, Chile. 271p.
 - Centro de Estudios Científicos y Universidad de Chile. s.a. Conceptos glaciológicos básicos (Chile). Laboratorio de glaciología. Disponible en: <http://www.glaciologia.cl/chile.htm>.
 - Comité Nacional Asesor sobre Cambio Global. 2006. Estrategia Nacional de Cambio Climático. Santiago, Chile. 8 p.
 - Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA). 2003. Estrategia Nacional de Biodiversidad. Santiago, Chile. 21 p.
 - Croce, F. y Milana, J.P. 2002. Estudio de la capa activa, el permafrost y la hidrología del glaciar de rocas El Paso, Agua Negra, San Juan. XV Congreso Geológico Argentino, Calafate, Argentina (CD-ROM), 6p.

- De Pedraza, J. 1997. *El valor de la montaña*. Revista Ecosistemas, N° 20/21. España. Disponible en: <http://www.ucm.es/info/ecosistemas/ELVALOR3.htm>
- Díez-Cascón, J. 2003. *Las presas del siglo XXI*. Revista electrónica IT (62). Disponible en: http://www.sepreem.com/paginas/SeccionTecnica/PresasyEmbalses/LAS_PRE_SAS_EN_EL_SIGLO_XXI.pdf
- Dirección General de Aguas. 1999. *Política Nacional de Recursos Hídricos*. Santiago, Chile. Ministerio de Obras Públicas. 58p.
 - Dirección Meteorológica de Chile. *Descripción climatólogica de la VI Región*. Dirección General de Aeronáutica Civil. Santiago, Chile. Disponible en: <http://www.meteochile.cl/climas/climas.html>
 - Escobar, F., Casassa, G. y Pozo, V. 1995. *Variaciones de un glaciar de montaña en los Andes de Chile central en las últimas dos décadas*. Revista Bulletin Institute Francais Etudes Andines 24 (3): 683-695.
- Ferrando, F. 1991. *Glaciares relictuales en el marco andino del semiárido de Chile, IV región: análisis de caso*. En: Romero, H (ed). 1996. *Primer Taller Internacional de Geoecología de Montaña y Desarrollo Sustentable del los Andes del Sur*, octubre – noviembre 1991. Viña del Mar.
 - Ferrando, F. 2003. *Aspectos conceptuales y genéticos evolutivos de los glaciares rocosos: análisis de caso de los andes semiáridos de Chile*. Revista Geográfica de Chile Terra Australis (48): 43-74.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2000. *Año internacional de las montañas: documento de conceptos*. FAO, Roma, Italia. 29 p.
- Fundación Mundial para la Protección de la Vida Silvestre (WWF). s.a. Disponible en: <http://axxon.com.ar/not/133/c-1330002InfoGlaciares.htm>
- Garín, C. 1986. *Inventario de Glaciares de los Andes Chilenos desde 18° a los 32° Latitud Sur*. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas (DGA), Departamento de Hidrología, Santiago, Chile. 15p.
- Garín, C. 1987. *Inventario de Glaciares de los Andes Chilenos desde 18° a los 32° Latitud Sur*. Revista de Geografía del Norte Grande 14 (1987): 35-48.
- Gleick, P. 1998. *The world's water 1998-1999: the biennial report on freshwater resources*. Island Press, Washington, D.C., Unites Estados of America. 308p.
- Global Water Partnership (GWP). 2000. *Agua pasa el siglo XXI: de la visión a la acción, América del Sur*. Ediciones Tiempo Nuevo Comunicaciones Ltda., Santiago, Chile. 81p.
- Global Water Partnership (GWP) y Technical Advisory Committee (TAC). 2000. *Manejo integrado de los recursos hídricos*. TAC background papers n° 4, Global Water Partnership, Estocolmo, Suecia. 76p.
- Golder Associates. 2005a. *Informe viabilidad de manejo de glaciares, proyecto Pascua Lama*. Compañía Nevada Ltda. Santiago.
- Golder Associates. 2005b. *Revisión Geotécnica Nevada Norte-Proyecto Pascua Lama*, noviembre 2005.
- Greenpeace. s.a. *Los efectos del cambio climático en los glaciares del planeta*. Disponible en: <http://greenpeace.org/raw/content/reports/los-efectos-del-cambio-climati.pdf>
- Grupo de Trabajo para la Conservación de Glaciares (SNA, Chile Sustentable, IGM, DMAE) "Minuta Contenido Ley Protección de Glaciares" 27 de junio 2006.
- Grupo de Trabajo para la Conservación de Glaciares (SNA, Chile Sustentable, IGM) *Propuesta de Proyecto de Ley de Protección de Glaciares*, septiembre 2006.

- Grupo de Trabajo para la Conservación de Glaciares "Propuestas de Definición de Glaciares Informe Técnico Proyecto de Ley sobre Protección de Glaciares" Chile Sustentable 12, septiembre 2006.
- Hinrichsen, D., Robey, B y Upadhyay, U. 1998. Populations reports. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. Volumen XXVI, Número 1 Septiembre de 1998. Disponible en: <http://www.inforhealth.org/pr/prs/sm14/sm14creds.shtml#top>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2001a. Climatic change: the scientific basis. Disponible en: <http://www.ipcc.ch>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2001b. Disponible en: http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/057.htm
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2001c. Disponible en: <http://www.ipcc.ch/present/graphics/2001syr/small/07.17.jpg>
- Inventario I de Glaciares de Chile, 2002. Chilean glacier inventory. <http://www.glaciologia.cl>
 - Ley 2/1990, del 21 de marzo, de Declaración de Monumentos Naturales de los Glaciares Pirenaicos. Disponible en: http://www.boe.es/tes/bases_datos/doc.php?coleccion=iberlex&id=1990/8486&codmap=
- Lliboutry, L. 1956. Nieves y glaciares: fundamentos de glaciología. Ediciones Universidad de Chile, Santiago. 471 p.
- Marangunic, C. 2006. Comunicación personal a Roxana Bórquez.
- Marangunic, C. 1979a. Inventario de glaciares hoyo del río Maipo. Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile. Santiago, Chile. 619p.
- Marangunic, C. 1979b. Inventario de glaciares de la hoyo del Río Mapocho y Colorado, hoyo del Río Maipo, Región Metropolitana. pp 4. 127-4. 140. In: Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica. IV Coloquio Nacional de Ingeniería Hidráulica, Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica, Universidad Técnica Federico Santa María. Valparaíso. Chile. 8 al 10 de Noviembre de 1979.
- Milana, J.P. 1998. Predicción de caudales de ríos alimentados por deshielo mediante balance de energía: aplicación en los Andes centrales, Argentina. Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología 2(5): 53-69
- Milana, J.P. 2005. Informe de glaciares y permafrost: línea base de la criósfera, Proyecto Pascua Lama, preparado para la Junta de Vigilancia del Río Huasco y sus afluentes, Anexo III-A, Adenda 2, Modificación del Proyecto Pascua Lama. 134 p.
- Milana, J.P. y Maturano, A. 1999. Application of Radio Echo Sounding at the arid Andes of Argentina: the Agua Negra Glacier. Global and Planetary Change 22 (1999) 170-191.
- Milana, J.P. y Güell, A. 2005. Diferencias mecánicas e hídricas del permafrost en glaciares de roca glaciélicos y criogélicos, obtenidas de datos sísmicos, Glaciar de El Tapado, Chile.
- Ministerio de Agricultura. 2006. "Lineamientos Programáticos de la Política Agroalimentaria y Forestal Chilena.
- Ministerio de Agricultura. 1984. Ley 18.362, crea Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas por el Estado. Chile. 13 p.
- Ministerio de Justicia. 1983. Código Minero. Chile. 58p.

- *Ministerio de Relaciones Exteriores. 2001. Tratado de Integración y Complementación Minera entre las Repúblicas de Chile y Argentina. Disponible en la página del Ministerio de Minería: <http://www.minmineria.cl/ima/Tratadominero.pdl>*
- *Morales, R. 2001. Manejo de morrenas en mina Sur Sur. Memoria Ingeniero Civil de Minas, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. 48 p.*
- *Naveroy, C. 1987. Inventario de glaciares de la hoya del río Mataquito. Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile. Santiago, Chile. 38p.*
- *Oficina Española de Cambio Climático (OECC), Ministerio de Medio Ambiente de España. s.a. Disponible en: <http://www.mma.es/oecc/>*
- *Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) y Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). 2005. Evaluaciones de desempeño ambiental, Chile. CEPAL. 246 p.*
- *Organización de las Naciones Unidas (ONU). 1992. Agenda 21, sección III: Conservación y gestión de los recursos naturales. Asamblea General de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo. Río de Janeiro, Brasil. Disponible en: <http://www.rolac.unep.mx/agenda21/esp/aq21es13.htm>*
- *Peña, H. y Nazarala, B. 1987. Snowmelt-runoff simulation model of a central Chile Andean basin with relevant orographic effects. En: Large Scale Effects of Seasonal Snow Cover. Proceedings of the Vancouver Symposium, IAHS Publ. 166, pp. 161-172*
- *Programa Chile Sustentable. "Naturaleza y valor de los Glaciares" para Grupo de Trabajo de Protección de Glaciares, mayo 2006.*
- *Programa Chile Sustentable "Glaciares Chilenos, Reservas Estratégicas de Agua Dulce" para Grupo de Trabajo para la Conservación de Glaciares, 15 de mayo 2006.*
- *Programa Chile Sustentable "Informe Técnico Proyecto de Ley sobre Protección de Glaciares" para Grupo de Trabajo para la Conservación de Glaciares; 12 de septiembre, 2006.*
- *Programa Chile Sustentable 2004. Recursos hídricos en Chile: desafíos para la sustentabilidad. LOM Ediciones, Santiago, Chile. 272 p.*
 - *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). 2004. Resumen de noticias, el mundo está cambiando. Disponible en: <http://www.pnuma.org/centinf/esp/noticias/abr12004/01abr04e.doc>*
- *Real Academia de la Lengua Española. Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española. Disponible en: www.rae.es*
- *Rivera, A. 1989. Inventario de glaciares entre las cuencas de los ríos Bío Bío y Petrohué, su relación con el volcanismo activo: caso Volcán Lonquimay. Memoria Geógrafo. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile. 189p.*
- *Rivera, A. 1990. Apuntes de glaciología teórica. Departamento de Geografía de la Universidad de Chile. 29 p.*
- *Rivera, A. 2005. Introducción a la glaciología, apuntes de clase 1. Departamento de Geografía, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile. 12p.*

- Rivera, A., Acuña, C., Casassa, G. y Bown, F. 2002. Use of remotely sensed and field data to estimate the contribution of Chilean glaciers to eustatic sea-level rise. *Annals of Glaciology* 34:367-372. International Glaciological Society. Disponible en: <http://www.glaciologia.cl/textos/rivera2002.pdf>
- Rivera y Casassa, 2004. Ice Elevation, Areal, and Frontal Changes of Glaciers from National Park Torres del Paine, Southern Patagonia Icefield. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, Vol. 36, No. 4, 2004, pp. 379-389. <http://www.glaciologia.cl/textos/riveraar.pdf>
- Rivera, A., Casassa, G., Acuña, C. y Lange, H. 2000. Variaciones recientes de glaciares en Chile. *Revista Investigaciones Geográficas, Universidad de Chile*, 34:29-60.
- Saffer, G. 2000. ¿Qué son las montañas?. Proyecto de Conservación y Protección de la Cordillera de Santiago de Chile. Asociación de Municipalidades Proyecto Protege. Disponible en: http://www.protege.cl/educa/montanas/index_main.htm
- Sociedad Nacional de Agricultura. "Rol de los Glaciares para la Agricultura de Riego" Carvallo, Javier; Comisión de Riego, SNA, junio 2006.
- Sociedad Nacional de Agricultura. 2006. "Modelos Legales de Protección a los Glaciares a Nivel Internacional" Urquidí, J.Carlos; Comisión de Medio Ambiente, SNA.
- "Stern Review : the Economics of Climate Change", Sir Nicholas Stern, octubre, 2006. (http://www.hmtrasury.gov.uk/independent_reviews/ster_n_review_economics_climate_change/sterreview_index.cfm)
- UNESCO. s.a. Comité del Patrimonio Mundial. Disponible en: http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL_ID=33776&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html
- UNESCO. 1999. Agua escasa, agua cara. *Correo de la UNESCO*, Febrero 1999. Disponible en: http://www.unesco.org/courier/1999_02/pdf/correo.pdf
- Universidad de Chile y Gobierno Regional Metropolitano. 2002. Planificación ecológica del territorio. Departamento de Investigación y Desarrollo de la Universidad de Chile, Deutsche Gesellschaft Technische Zusammenarbeit (GTZ) y Gobierno Regional Metropolitano. 90 p.
- Universidad de Chile y Gobierno Regional Metropolitano. 2003. Margo Legal del Ordenamiento Territorial Proyecto OTAS Santiago 61 p.
 - Uriarte, A. 2006. Estrategia Nacional de Cuencas. *Diario La Nación*, jueves 3 de agosto de 2006. Disponible en: http://www.lanacion.cl/prontus_noticias/site/artic/20060802/pags/20060802191851.html
- Valdivia, P. 1984a. Inventario de glaciares, Andes de Chile central (32°-35° latitud sur), Hoya de los Ríos Aconcagua, Maipo, Cachapoal y Tinguiririca. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas (DGA). Departamento de Hidrología. Santiago. Chile. 24p.
- Valdivia, P. 1984b. Inventario de glaciares hoya del Río Tinguiririca, VI Región. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas (DGA), Departamento de Hidrología, Santiago, Chile. 99p.
- Villagrán, C. 1991. El Cuaternario en Chile: evidencias del cambio climático. Pp.171-193. In: Romero, H. Primer Taller Internacional de Geoecología de montaña y desarrollo sustentable de los andes del sur. Santiago, Chile. Octubre-Noviembre, 1991. The United Nations University, Vña del Mar, Chile.