

Glaciares del semiárido chileno en el contexto de cambio climático y explotación minera

Chilean semiarid glaciers in context of climate change and mining exploitation

Hans Fernández Navarro¹

RESUMEN

El contexto de cambio climático y presión sobre recursos hídricos que reviste la agricultura, la expansión urbana y las actividades extractivas como la minería, han situado en la discusión pública la importancia de los glaciares como reservorios de agua y piezas fundamentales del equilibrio ecosistémicos y social de los territorios. La zona semiárida de Chile ha estado relacionada a continuos episodios de sequía y aumento de temperaturas mínimas, lo que ha incidido en el retroceso de glaciares, principal fuente de agua para la región. Agravando el problema, se ha detectado que la minería a gran escala ha eliminado volumen glaciar en zonas de alta montaña. A pesar de lo anterior, en el país aún no se construye un cuerpo normativo que proteja a los glaciares frente a intervenciones de origen antrópico. Los intentos legislativos de construir un marco legal que proteja a los glaciares no han llegado a buenos resultados.

Palabras claves: glaciares, semiárido, legislación, recurso hídrico, sustentabilidad.

ABSTRACT

The context of climate change and pressure on water resources for agriculture, urban expansion and extractive activities such as mining, have placed in the public discussion the importance of glaciers as reservoirs of water and fundamental pieces of the ecosystem and social balance of the territories. The semiarid zone of Chile has been related to continuous episodes of drought and increase of minimum temperatures, which has affected in the retreat of glaciers, main source of water for the region. Aggravating the problem, it has been detected that large-scale mining has eliminated volumen of glaciers in high mountain areas. In spite of the above, a normative body that protects the glaciers in front of interventions of anthropic origin is not yet built in the country. Legislative attempts to build a legal framework that protects glaciers have not been successful.

Keywords: glaciers, semiarid, legislation, water resource, sustainability.

¹ Programa de Doctorado en Geografía-Centro del Desierto de Atacama UC, Pontificia Universidad Católica de Chile. Email: hdfernandez@uc.cl

Introducción

En la actualidad los principales proyectos mineros se concentran en las partes superiores de las cuencas de la Región de Valparaíso y Región Metropolitana, respondiendo de alguna forma al desplazamiento geográfico que la minería ejerce desde el norte. A pesar de la llegada de nuevos proyectos, la zona central ya conoce de los impactos de la minería en ambientes glaciares y periglaciares, los que han provocado reducciones en la carga glaciar y en la seguridad hídrica de las poblaciones. Brenning (2005), Brenning y Azocar (2010) y Bellisario et al. (2013), han dado cuenta de intervenciones inéditas en la criósfera de la zona central de Chile. La remoción total o parcial de glaciares, la creación de depósitos de lastres sobre la cubierta glaciar o la construcción de caminos sobre formas periglaciares, son los modos más recurrentes de intervención minera en alta montaña. Brenning (2008) ha estimado que entre 1990 y 2008, la División Andina, perteneciente a la Corporación Nacional del Cobre, eliminó aproximadamente 2,1 km² de glaciares rocosos en la parte alta de la cuenca del río Aconcagua, lo que es equivalente a volúmenes de 15 a 25 millones de m³ de agua dulce.

Sin embargo, el actual contexto de cambio climático y la presión sobre recursos hídricos que reviste la agricultura, la expansión urbana y las actividades extractivas como la minería, han situado en la discusión pública la importancia de los glaciares como reservorios de agua y piezas fundamentales del equilibrio ecosistémico y social de los territorios. En este sentido, el caso chileno es particular, pues la Cordillera de los Andes, debido a su gradiente altitudinal y latitudinal, cuenta con distintos tipos de glaciares que mantienen el balance hídrico y climático de las cuencas; aportando aguas a ríos, lagos y napas subterráneas, además de mantener los procesos estacionales de acumulación y derretimiento de hielo que posteriormente abastecen de agua a aproximadamente el 70% de la población del país (Bórquez et al, 2006).

Chile es uno de los países con mayor abundancia y variedad de glaciares en el mundo. Los 4.000 kilómetros de extensión territorial contienen cerca de 23.000 km² de superficie glaciar (DGA, 2014), valor que significa cerca de 3.175 km³ de agua (Segovia, 2014), el 3,8% del total mundial (sin considerar a Antártica y Groenlandia) y el 76% de los glaciares de Sudamérica, los cuales han sido estimados en 28.286 km² (CECs, 2009). La concentración de masa glaciar chilena se encuentra principalmente en las grandes alturas de la Cordillera de Los Andes, Campo de Hielo Patagónico Norte, Campo de Hielo Patagónico Sur y en la Cordillera de Darwin. Lo anterior pone en discusión la desigual distribución y características de los glaciares en el país, pues la cordillera andina de la zona norte se define por su gran altura, pero a su vez también por su aridez, mientras que en Patagonia se evidencian climas fríos, lluviosos y con excepcional latitud. Por otro lado, la Zona Sur y Austral, cuentan con mayores estudios y un buen número de glaciares se circunscribe al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE).

Sin lugar a duda que la zona más crítica desde la perspectiva de la dependencia del recurso hídrico glaciar es la que va desde Arica hasta el río Maule. Dicha área concentra el 50% del territorio del país, el 74% de la población y el 85% del Producto Interno Bruto y es, a su vez, la que presenta cada vez más periodos de déficits hídricos que acentúan la dependencia de los glaciares como fuentes de abastecimientos para actividades de subsistencia, productivas y ecológicas a escala de cuencas (Janke et al, 2015).

En un estudio que abarcó entre las regiones de Coquimbo y la Araucanía, el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2, 2015) ha dado cuenta de un déficit de precipitaciones cercano al 30% desde el año 2010, lo que se complementa con el aumento de 0.8°C en los últimos 5 años en esa área. El Centro de Análisis de Políticas Públicas de la Universidad de Chile (CEPPUCH, 2012) si bien reafirma lo anterior, que el fenómeno generaría un ascenso en la línea de nieve o isoterma cero, lo implicaría en términos prácticos que:

“[...] el volumen de agua precipitada que se transforma en hielo o nieve y que es fuente de reservas para el periodo estival, ha disminuido, lo que traería consigo un aumento en los caudales en el periodo invierno-primavera y una disminución en el periodo verano-otoño” (CEPPUCH, 2012:90).

Carrasco et al. (2010) advierten que entre las latitudes 30° S y 45° S, la disminución de nieve estacional debido al aumento de la temperatura y la disminución de las precipitaciones en alta montaña tendrá un impacto directo en los recursos hídricos. Así se proyectan escenarios que afectan negativamente actividades agrícolas, energéticas y productivas, como también el consumo humano. Es importante recalcar que mientras aumenta la temperatura y varían o disminuyen las precipitaciones, los glaciares retroceden y la disponibilidad de agua se acentúa en periodos de verano y otoño a partir del proceso de fusión. La situación en la zona semiárida chilena permite proyectar situaciones de escasez hídrica que colocarán la demanda por sobre la disponibilidad del recurso (Janke et al, 2015).

Las acciones desde el Estado y la definición de glaciar

Existen diversos criterios para la definición y clasificación de glaciares, ya que estos se pueden caracterizar por su morfología, dinámica, contexto climático o por su estado térmico (Bórquez et al, 2006). Para efectos de este escrito, y sobre todo colocando atención a los glaciares de la zona semiárida del país, se ha decidido colocar atención a definiciones que respondan a origen, morfología y estructura interna. Bajo estos criterios se encuentran:

Glaciares descubiertos: son los glaciares con cantidades imperceptibles de impurezas y que, por lo tanto, se aprecian esencialmente blancos (Geoestudios, 2011). Los también denominados glaciares verdaderos (Janke et al, 2015) evidencian vestigios de glaciaciones pasadas en las altas montañas y en la zona austral de Chile, particularmente en la zona de los grandes campos de hielo. Estos glaciares son los más estudiados y conocidos en Chile.

Glaciares cubiertos: dan cuenta de una masa de hielo cubierta por detritos con espesores variables, los que provienen principalmente de avalanchas y caídas de rocas desde laderas con alta pendiente. Su manto rocoso superficial puede considerarse delgado y discontinuo, por lo cual no presenta necesariamente morfología de flujo viscosos. Además, no requieren presencia de permafrost para su desarrollo (Monnier y Kinnard, 2015). Este tipo de glaciar tiene su origen en glaciares blancos que, luego de un proceso de deslizamiento de rocas, es cubierto por escombros, los que luego, incluso, podrían terminar como glaciar rocoso en la parte inferior. Los glaciares cubiertos presentan características como una zona de acumulación reducida; diversidad en formas, longitudes, anchos, y espesores de la lengua; un manto de escombros de espesores variables y una extensión de la cobertura derivada de un

complejo conjunto coluvial, morrénico o de material depositado después de los periodos de fusión (Janke et al, 2015).

Glaciares rocosos: cuentan con fragmentos detríticos que constituyen una mezcla con hielo, produciendo formas características de distintos tamaños en alta montaña. Cuentan de un núcleo congelado y una capa activa superior que presenta estados de congelamiento y descongelamiento estacional (Milana y Güell, 2008). La importancia hidrológica de los glaciares rocosos está primeramente relacionada con la capacidad de almacenamiento de hielo a largo plazo en las zonas semiáridas, el almacenamiento y la liberación de agua en estaciones definidas, y la interacción con el flujo de agua que fluye a través o debajo de estos (Burger et al, 1999).

Para mejorar la gestión y monitoreo gubernamental sobre los recursos hídricos en estado sólido, la Dirección General de Aguas (DGA) realizó un catastro de los glaciares de Chile central al año 2011. En el proceso se lograron identificar 1.740 glaciares entre las subcuencas y cuencas de los ríos Aconcagua, Maipo, Rapel, Mataquito y Maule. Del total, 1.228 glaciares - casi el 70%- corresponden al tipo rocoso, los cuales se concentran principalmente en la cuenca de los ríos Aconcagua y Maipo con 519 y 718 observaciones respectivamente.

Si bien los glaciares descubiertos se pueden observar a simple vista y catastrar mediante imágenes satelitales de alta resolución, los glaciares rocosos al tener una superficie cubierta de detritos o escombros no permiten distinguir la nieve o el hielo interno a través de percepción remota. Esta característica morfológica ha llevado a que los glaciares rocosos generalmente no sean considerados como un tipo de glaciar (Ferrando, 2003; Haeberli et al, 2006), ya sea desde el ámbito social, normativo o en estudios de proyectos para intervención de la alta montaña (Brenning y Azocar, 2010). Evidenciando la necesidad de protección de los recursos hídricos glaciares, la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA, predecesora del actual Ministerio de Medio Ambiente en Chile) encomendó la realización de la Política para la Protección y Conservación de Glaciares (2008). En aquel entonces se caracterizaron los glaciares como:

“Toda masa de hielo perenne, formada por acumulación de nieve, cualesquiera que sean sus dimensiones y formas [considerándose como] ecosistemas frágiles que requieren un cuidado especial, por tratarse de procesos naturales estratégicos, y también como componentes del paisaje y fuente de recursos hídricos, susceptibles de un uso sustentable [...]” (CONAMA, 2008:5).

Se podría considerar de forma crítica que las definiciones anteriores son amplias y ambiguas respecto a las particularidades de los distintos glaciares que se encuentran en Chile. Además, con una cada vez más consolidada institucionalidad ambiental, conceptos como los definidos por la Política para la Protección y Conservación de Glaciares, no permiten una gestión operativa o normativa sobre los cuerpos de hielo a lo largo del país.

En un intento de sentar bases técnicas y prácticas sobre el entendimiento de los glaciares la DGA, servicio dependiente del Ministerio de Obras Públicas (MOP), elaboró una serie de documentos que buscan mejorar el catastro, estudio, monitoreo y gestión brindando, además, una complejización del concepto. Una de las concepciones más relevantes y

específicas es la que presenta la Estrategia Nacional de Glaciares del año 2009 realizada en conjunto con el Centro de Estudios Científicos (CECs). En ella los glaciares son entendidos como:

“Toda superficie de hielo y nieve permanente generada sobre suelo, que sea visible por períodos de al menos 2 años y de un área igual o superior a 0,01 km² (una hectárea). Esto incluye además cualquier superficie rocosa con evidencia superficial de flujo viscoso, producto de un alto contenido de hielo actual o pasado en el subsuelo” (CECs, 2009:8).

La última definición es útil para identificar y cuantificar morfológicamente las propiedades de los glaciares. Y no solo haciendo referencias a los glaciares blancos que se encuentran a simple vista en superficie, sino también a otros tipos de glaciares, tales como los cubiertos y rocosos, estos últimos tanto activos como inactivos. A pesar de lo anterior, cabe precisar que también se han descrito múltiples glaciares del tipo rocosos con área inferiores a 0,01 km² (Barsch, 1996).

El Laboratorio de Glaciología del Centro de Estudios Científicos² aclara que una definición exacta de glaciar es complicada de realizar porque, por ejemplo, si se consideran los signos de flujo, la nieve invernal también podría ser considerada erróneamente dentro de la definición. Asimismo, pueden existir masas de hielo perenne de dimensiones importantes que no evidencian flujo por la topografía donde se encuentran. Existen otros cuerpos glaciarios que no necesariamente están en movimiento, pues requieren decenas, miles o millones de años para su formación. Otro ejemplo para el caso anterior es la realidad geológica de los hielos árticos y antárticos.

A escala internacional los glaciares también han sido conceptualizados. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) han definido a los glaciares como masas de hielo que fluyen pendiente abajo por deformación interna y deslizamiento de la base que a su vez es limitada por la topografía que le rodea; entendiendo a la topografía como la base rocosa y principal influencia sobre la dinámica y movimiento de un glaciar (IPCC, 2001). Claramente, tal definición no presenta particularidades y se asemeja bastante a lo indicado por la institucionalidad político-administrativa chilena.

Un factor importante que revisar en las pasadas definiciones es la connotación de permanencia o eternidad que se les otorga a los glaciares. Hoy se sabe con certeza que la mayoría de los glaciares del planeta se encuentran en retroceso, ya sea por el Cambio Climático Global o por intervención antrópica, sobre todo si se hace referencia a los cuerpos de hielo alojados en alta montaña. Estudios del IPCC (2014) estiman que para el año 2100 el volumen global de los glaciares, excluidos los glaciares de la periferia de la Antártida y los mantos de hielo de Groenlandia y la Antártida, habrán disminuido entre un 15% y 55% en el mejor escenario, o un 35% a 85% en el peor de los casos. Por estas razones se cree que las definiciones de glaciares carecen de un componente de temporalidad acorde a la escala humana. Si consideramos los años necesarios para la formación de un glaciar y la velocidad con que actualmente se encuentran retrocediendo, las definiciones cambian y se ya pueden

² Otras definiciones aplicadas sobre glaciares, ambientes de montaña entre otros datos, pueden ser consultados en la web <http://www.glaciologia.cl> [Consultada en noviembre de 2017].

situar los glaciares como recursos de agua en estado sólido cuasi o no renovables (Brenning y Azocar, 2010; Torres et al, 2013).

Chile minero: país de vocación extractivista

La historia productiva de Chile se ha caracterizado por una predominancia minera. En los últimos 50 o 60 años, el rubro cuprífero es quien ha aportado mayores dividendos al Estado chileno a partir de exportaciones e inversiones de origen extranjero. Pero existe claridad que la profundización de un modelo extractivista y la apertura al mercado neoliberal marcó un antes y un después en el rubro. Como bien señalan Bottaro et al. (2014), el modelo minero contemporáneo en Chile debe su inicio al gobierno de la dictadura de Augusto Pinochet, cuando fueron establecidas las fundaciones para la desnacionalización de la minería en Chile y la eventual aceleración de inversión extranjera que hoy en día domina el sector. Este proceso posteriormente, y ya en democracia, fue desarrollado a cabalidad por la Concertación, coalición política que genera las condiciones óptimas para la apertura del mercado a inversiones mientras extranjeras.

Claramente que las condiciones de explotación minera se entrelazan con las necesidades del cuidado del agua por parte de las comunidades del semiárido chileno. Lo anterior ha generado una serie de conflictos que la lógica de mercado no ha podido regular (Romero et al, 2009). El análisis de una relación problemática entre la sociedad y el medio casi siempre ha omitido el componente de organización espacial, sin embargo no es posible continuar con dinámicas contradictorias en los propios territorios si esto conlleva exponer a la población a fenómenos socioecológicos desconocidos. El Cambio Climático Global tiene repercusión a escala de cuencas hidrográficas que todavía generan incertidumbre.

El tema por discutir es central, ya que Chile sustenta buena parte de su economía en la minería, pero cabe cuestionarse si es posible obtener renta monetaria a costa de la eliminación de recursos hídricos estratégicos. Respondiendo a la inquietud, un grupo de diputados de diversos sectores políticos elaboraron el año 2014 la más reciente propuesta de Ley para la Protección y Preservación de Glaciares³, que tenía como propósito “la preservación y conservación de los glaciares; los ambientes glaciares y periglaciares y el permafrost”. Si bien la Ley no es precisa en términos conceptuales ni tampoco legales, se infiere cierta preocupación política por la situación de los recursos hídricos glaciares.

A pesar de lo anterior, el Poder Ejecutivo aplicó una indicación sustitutiva que cambió la naturaleza del proyecto original, dándole un nuevo objetivo:

³ Cámara de Diputados de Chile (2014). Boletín N° 9364-12: Moción parlamentaria que establece una ley de protección y preservación de glaciares que indica, sus ambientes glaciares y periglaciares y regula y prohíbe las actividades que puedan realizarse en ellos. 20 de mayo de 2014. Disponible en <http://congresoabierto.cl/proyectos/9364-12> [Consultado en noviembre de 2017].

“[...] la protección y conservación de los glaciares ubicados en el territorio nacional, que se reconocen como parte del patrimonio ambiental del país, constituyen reservas de agua dulce y proveen servicios ecosistémicos”⁴.

Esta definición para la Corte Suprema⁵ genera conflictos, ya que al sindicarlos “simplemente como reservas de agua dulce” se está disponiendo de ellos en un futuro próximo o lejano sin especificar si es con fines económicos o no, lo que en parte también transgrediría el principio de patrimonio ambiental de Chile, categoría correspondiente a la de bien nacional conforme al inciso 1º del artículo 589 del Código Civil, el cual señala estos no se pueden explotar bajo ningún aspecto y que además son pertenecientes a todos los chilenos.

De forma contradictoria y poco entendible, la propuesta del Ejecutivo señala que la DGA podrá conceder permisos sectoriales ambientales a proyectos interesados en realizar obras en glaciares, siempre y cuando se entregue el respectivo Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y se garantice la no afectación significativa a la escorrentía de la cuenca. El proyecto sustitutivo también exige otras informaciones al Estudio como descripción de la obra, localización y características del glaciar, análisis de los efectos esperados en el glaciar derivados de la obra o proyecto, descripción de caudales aportados por el glaciar con y sin proyecto, descripción de medidas que eviten, minimicen mitiguen o compensen la alteración de la escorrentía aportada por el glaciar, y finalmente, programas de monitoreo y seguimiento⁶. Los requerimientos técnicos y humanos de tales requerimientos se caracterizan por ser de difícil acceso y costosos.

El artículo 6 del Título II que trata de “Regulación de actividades que afecten glaciares” es confuso y es quizás uno de los párrafos más conflictivos de la indicación, pues declara:

“Se prohíbe la realización de toda obra, programa o actividades con fines comerciales que se desarrolle en o en el entorno de un glaciar ubicado dentro de una región virgen, reserva nacional o de un parque nacional”.

En Chile aún no existe la figura administrativa de región virgen ni tampoco de Reserva Estratégica Glaciar, que es otra de las figuras propuestas por el ejecutivo. Además, la propuesta mandata que se acogerán a la ley los glaciares que se encuentren dentro del Inventario Público llevado a cabo por la DGA. Dicho inventario aún no está completo, encontrando dificultades de pesquisa sobre todo en lo referido a los glaciares rocosos de la zona semiárida. Si consideramos que la mayoría de cuerpos glaciarios se encuentran en el Reservas y Parques Nacionales en el sur del país, la indicación no estaría protegiendo a los cuerpos de hielo del centro y norte del país. Cabe recalcar que hasta el momento en la ley

⁴ Presidencia de la República de Chile. Oficio Nº 1170-362: Formula indicación sustitutiva al proyecto de ley que establece Ley de Protección y Preservación de Glaciares (Boletín Nº 9364-12). 06 de marzo de 2015. Disponible en <http://congresoabierto.cl/proyectos/9364-12> [Consultado en noviembre de 2017].

⁵ Corte Suprema de Chile. Oficio Nº 110-2016: Informe Proyecto de Ley Nº26-2016. 05 de agosto de 2016. Disponible en <http://congresoabierto.cl/proyectos/9364-12> [Consultado en noviembre de 2017].

⁶ Artículo 10, Indicación sustitutiva Nº 1170-362, 2015, Presidencia de la República de Chile. Oficio Nº 1170-362: Formula indicación sustitutiva al proyecto de ley que establece Ley de Protección y Preservación de Glaciares (Boletín Nº 9364-12). 06 de marzo de 2015. Disponible en <http://congresoabierto.cl/proyectos/9364-12> [Consultado en noviembre de 2017].

chilena no existe una autoridad formal que administre o supervigile a los glaciares (Herr, 2014; Berland, 2016). La Dirección General de Aguas actualmente cumple esa labor, pero no está sujeta a ninguna ley orgánica que reglamente o formalice su trabajo.

Conclusión

En un contexto donde los conflictos asociados a la disponibilidad y gobernanza del agua exigen respuestas integrales y coordinadas entre aparatos públicos, privados y la sociedad civil, Chile aún no avanza respecto a la materia. Los glaciares en Chile no tienen estatutos jurídicos de protección, estando sujetos a intervención antrópica en zonas donde se proyectan en el corto y mediano plazo escenarios de escasez hídrica.

La gran mayoría de los glaciares protegidos por ley se encuentran en el Sistema de Áreas Silvestres Protegidas del Estado, caracterizándose por una marcada presencia en la zona austral. Los glaciares que se encuentran en las zonas semiáridas no cuentan con protección especial, aunque se pueden considerar reservas hídricas estratégicas y fundamentales para el funcionamiento de los territorios más poblados y económicamente más poderosos del país.

Chile se ha sustentado históricamente por la actividad minera. Sin embargo, el agotamiento de yacimientos, la generación de conflictos, la movilización geográfica de la actividad y un Cambio Climático Global, hacen necesaria una revisión y reformulación a la forma en que el país está manejando sus reservas hídricas. Si bien se han hecho avances en estudios y catastros, la información obtenida aún no ha sido capitalizada por el poder político-legislativo. No es consecuente avanzar ni pensar en grados de desarrollo humano sustentables si una de las piezas claves que sustentan las formas de organización y sobrevivencia social no está garantizada. Además, no deja de ser llamativo que una de las empresas del Estado sea una de las responsables de mayor pérdida de recursos hídricos en una cuenca semiárida de la zona central del país.

Sin lugar a duda que hay mucho que avanzar, pero antes se debe entender que los glaciares y las sociedades mantienen relaciones frágiles pero estrechas. Los glaciares no son recursos renovables a escala humana, por lo mismo tampoco se puede pretender regular actividades desde una mirada fragmentada y sin proyecciones a largo plazo, considerando sus grados de retroceso y los niveles de intervenciones territoriales que se han presenciado.

Bibliografía

Barsch, D. (1996). *Rockglaciers*. Berlin: Springer.

Bellisario, A., Ferrando, F. y Janke, J. (2013). Water resources in Chile: the critical relation between glaciers and mining for sustainable water management. *Investigaciones Geográficas-Universidad de Chile*, 46: 3-24.

Berland, A. (2016). Glaciares en Chile semiárido: cambio climático, minería y seguridad hídrica. Informe preparado por Dr. Alexander Berland (University of Nottingham, Reino Unido) para Chile Sustentable. Disponible en <http://www.chilesustentable.net/wp->

content/uploads/2016/07/Glaciares-en-Chile-semiárido-cambio-climático-minería-y-seguridad-hídrica.pdf [Consultado en diciembre de 2017].

Bórquez, R., Larraín, S., Polanco, R. y Urquidi, J. C. (2006). *Glaciares chilenos: reservas estratégicas de agua dulce para la sociedad, los ecosistemas y la economía*. Santiago: LOM Ediciones.

Bottaro, L., Latta, A. y Sola, M. (2014). La politización del agua en los conflictos por la megaminería: discursos y resistencias en Chile y Argentina. *Revista Europea de Estudios Latinoamericanos y del Caribe*, 97: 97-115.

Brenning, A. (2005). *Climatic and geomorphological controls of rock glaciers in the Andes of Central Chile: combining statistical modelling and field mapping*. Berlín: Humboldt-Universität zu Berlin.

Brenning, A. (2008). The impact of mining on rock glaciers and glaciers: examples from Central Chile. En: Orlove, B. S., Wiegandt, E. y Luckman, B. (Eds.). *Darkening peaks: glacier retreat, science, and society*. Berkeley: University of California Press, p. 196-205.

Brenning, A. y Azócar, G., F. (2010). Minería y glaciares rocosos: impactos ambientales, antecedentes políticos y legales, y perspectivas futuras. *Revista de Geografía Norte Grande*, 47: 143-158.

Burger K. C., Degenhardt J. J., y Giardino, J.R. (1999). Engineering geomorphology of rock glaciers. *Geomorphology*, 31: 93-132.

Carrasco, J., Casassa, G., Pizarro, R. y Saravia, M. (2010). *Impactos del cambio climático, adaptación y desarrollo en las regiones montañosas de América Latina. Iniciativa Estratégica sobre los Impactos del Cambio Climático, Adaptación y Desarrollo en las Regiones de Montañas*. Santiago de Chile: FAO.

Centro de Análisis de Políticas Públicas-Universidad de Chile (2012). *Informe país: estado del medio ambiente en Chile*. Santiago de Chile: Instituto de Asuntos Públicos.

Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2) (2015). *Informe a la Nación. La megasequía 2010-2015: una lección para el futuro*. Santiago de Chile: CONICYT/ Universidad de Chile/Universidad Austral de Chile/Universidad de Concepción.

Centro de Estudios Científicos (CECs) (2009). *Estrategia Nacional de Glaciares, Fundamentos*. Santiago de Chile: Dirección General de Aguas.

Comisión Nacional Del Medio Ambiente (CONAMA). (2008). *Política para la Protección y Conservación de los Glaciares*. Santiago de Chile: CONAMA.

Dirección General de Aguas (DGA) (2014). *Glaciares de Chile*. Santiago de Chile: Ministerio de Obras Públicas.

Ferrando, F. (2003). Aspectos conceptuales y genético-evolutivos de los glaciares rocosos: Análisis de caso en los Andes semiáridos de Chile. *Revista Geográfica de Chile Terra Australis*, 48: 43-74.

Geoestudios (2011). *Catastro, Exploración y Estudio de Glaciares en Chile Central*. Santiago de Chile: Dirección General de Aguas.

Haeberli, W., Hallet, B., Arenson, L., Elconin, R., Humlum, O., Kääb, A., Kauffmann, V., Ladanyi, B., Matsuoka, M., Springman, S. y Vonder, D. (2006). Permafrost creep and rock glacier dynamics. *Permafrost and Periglacial Processes*, 17: 189-214.

Herr, L. (2014). *Los glaciares y su protección jurídica en Chile*. Memoria de prueba para optar al grado de Licenciada en Ciencias Jurídicas y Sociales. Facultad de Derecho, Universidad de Chile.

IPCC (2001). *Climate change 2001: the scientific basis*. Cambridge-New York: Cambridge University Press.

IPCC (2014). *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]*. Ginebra: IPCC.

Janke, J. R., Bellisario, A. C., y Ferrando, F. (2015). Classification of debris-covered glaciers and rock glaciers in the Andes of Central Chile. *Geomorphology*, 241: 98-121.

Milana, J. y Güell, A. (2008). Diferencias mecánicas e hídricas del permafrost en glaciares de rocas glaciogénicos y criogénicos, obtenidas de datos sísmicos en El Tapado, Chile. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 63(3): 310-325.

Monnier, S. y Kinnard, C. (2015). Reconsidering the glacier to rock glacier transformation problem: new insights from the central Andes of Chile. *Geomorphology*, 238: 47-55.

Romero, T., Romero, H y Toledo, X. (2009). Agua, poder y discursos en el conflicto socio-territorial por la construcción de represas hidroeléctricas en la Patagonia Chilena. *Anuario de Estudios Americanos*, 66(2): 81-103.

Segovia, A. (2014). *Caracterización glaciológica de Chile y valoración de servicios ecosistémicos de glaciares en base a mercados reales [estudio de caso del Monumento Natural El Morado]*. Santiago de Chile: Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile.

Torres, J. T., Brenning, A. y García, J. L. (2013). Balance de masa del glaciar cubierto del Pirámide (Chile Central, 33°S) entre 1965 y 2000 aplicando métodos geodésicos. *Revista de Geografía Espacios*, 3(5): 11-25.

Recibido: 28 de febrero de 2017
Aceptado: 28 de abril de 2017