

Identificación de sitios de interés para conservación del agua y la biodiversidad asociada en la cuenca del río Limarí, norte de Chile

Identification of priority sites for water conservation and associated biodiversity in the Limarí river basin, northern Chile

Claudio Delgado¹ , Robin Weisselberg² y Jaime A. Cursach³

RESUMEN

Para las regiones del norte y centro de Chile se proyecta un alto riesgo de sequía por efecto del cambio climático. Sus impactos dependerán de la habilidad de las comunidades para enfrentar el fenómeno, en un contexto de fragilidad de instituciones y mercados, deterioro del medio ambiente y falta de planificación para la conservación. El objetivo del presente artículo es compartir parte de la experiencia de un proceso de planificación para la conservación y gestión del agua en la cuenca del río Limarí (30° S), norte de Chile. Se realizó una adaptación de la metodología de estándares abiertos para impulsar la protección de sistemas hídricos y su biodiversidad, definiendo objetos de conservación, calificando sus amenazas, e identificando sitios prioritarios para conservación. Esto se desarrolló durante la primavera del 2017, e involucró revisión bibliográfica, análisis geoespacial, entrevistas a científicos y actores claves, junto con talleres ampliados en diferentes zonas de la cuenca. Se identificaron 11 objetos de conservación, que son amenazados por 17 actividades humanas. También se identificaron 14 sitios de interés para la conservación del agua y la biodiversidad en la cuenca del río Limarí. Los resultados son un insumo para la planificación territorial y definición para futuras áreas silvestres protegidas.

Palabras clave: Análisis geoespacial, estándares abiertos, planificación, participación.

ABSTRACT

For the northern and central regions of Chile, a high risk of drought due to the effect of climate change is projected. Its impacts will depend on the ability of the communities to face this situation in a context of institutions and markets fragility, deterioration of the environment and lack of conservation planning. This article is aimed to share part of the experience of a planning process for conservation and water management along the Limarí river basin (30 ° S), northern Chile. An adaptation of the conservation standards methodology was carried out to promote water systems and their biodiversity protection, defining conservation targets, rank their threats, and identify priority sites for conservation. This was developed during the spring of 2017, and involved bibliographic re-

¹ Fundación Conservación Marina Valdivia, Chile. Correo electrónico: cdelgado@fcmarina.cl

² WWF Valdivia, Chile. Correo electrónico: r.e.weisselberg@gmail.com

³ Fundación Conservación Marina Valdivia, Chile. Correo electrónico: jcsach@cmarina.org

view, geospatial analysis, interviews with scientists and key actors, along with expanded workshops in different areas of the basin. Thus, 11 conservation objects were identified, which are threatened by 17 human activities. In addition, 14 sites of interest for the conservation of water and biodiversity in the Limarí river basin were identified. The results are an input for territorial planning and definition of protected wild areas.

Keywords: Geospatial analysis, conservation standards, planning, participation.

Existe un amplio consenso científico en que el fenómeno del cambio climático es un hecho inequívoco, causado principalmente por la acción del hombre (IPCC, 2013-2014). Los efectos del cambio climático son considerados como amenazas cuyos impactos pueden poner en riesgo el bienestar humano y la integridad ecosistémica a nivel mundial (IPCC, 2013-2014). Donde numerosas especies, vegetales y animales, debilitadas ya por la contaminación y la pérdida de hábitat, no sobrevivirán los próximos años (Galbraith *et al.*, 2014; Zhao *et al.*, 2019). Chile es un país vulnerable al cambio climático, proyectando una intensificación de la aridez en la zona norte, avance del desierto hacia el sur y reducción hídrica en la zona central (Boisier *et al.*, 2016).

La vulnerabilidad al cambio climático se define como la predisposición a verse afectados de manera adversa, incluyendo susceptibilidad al daño, y falta de capacidad para hacer frente al cambio climático y adaptarse (IPCC, 2013-2014). Por lo cual, la adaptación al cambio climático es un proceso de ajuste al clima y sus efectos actuales o esperados. En sistemas humanos, la adaptación busca moderar o evitar impactos negativos, mientras en algunos sistemas naturales, intervenciones del hombre podrían facilitar los ajustes al clima y sus efectos esperados (IPCC, 2013-2014; Harou *et al.*, 2020).

La conservación y gestión efectiva de áreas naturales es reconocida como una importante solución basada en la naturaleza para mitigar el cambio climático (Marquet *et al.*, 2019; Hannah *et al.*, 2020). Las áreas protegidas juegan un papel clave en el mantenimiento global de los procesos ecosistémicos y los beneficios ambientales que estos brindan a la humanidad (Durán *et al.*, 2013; Hannah *et al.*, 2020). Las estrategias de priorización de áreas para la conservación de la naturaleza se han guiado en gran medida por el uso de planificaciones sistemáticas (Margules y Pressey, 2000; Sarkar *et al.*, 2006). La planificación es importante para el éxito de cualquier proceso, más aún cuando las repercusiones de problemáticas como la sequía se relacionan con la mala gestión del uso de agua (Velasco *et al.*, 2005). Al considerar que en una cuenca hidrográfica la biodiversidad se relaciona positivamente con la calidad del agua, es posible que metodologías de planificación contribuyan con la gestión local del uso de agua (Tognelli *et al.*, 2016). Sin embargo, se requiere de mayor participación ciudadana para lograr su representatividad en la cuenca hidrográfica, y hacer viable la ejecución de planes para conservación de la naturaleza (Henríquez-Dole *et al.*, 2018).

Los argumentos a favor de la participación ciudadana se basan en principios democráticos y su contribución a la eficacia en la gestión de la conservación de naturaleza (Jones-Walters & Çil, 2011; Kovács *et al.*, 2017). Sin embargo, la mayoría de las áreas protegidas existentes en Chile no han sido designadas o establecidas mediante procesos participativos. La participación es un proceso mediante el cual diversos actores dialogan y toman decisiones, apoyando el intercambio y retroalimentación de ideas, junto con estimular la integración del conocimiento y adaptación de la gobernanza en los diferentes contextos del desarrollo sostenible (Yu Iwama & Delgado, 2018; Pérez-Orellana *et al.*, 2019).

Durante el año 2017, por encargo de la organización internacional The Nature Conservancy, se elaboró un Plan de conservación de los recursos hídricos para la cuenca del río Limarí (30° S), en el norte de Chile. Entre los resultados obtenidos, se identificaron sitios con prioridad de conservación para garantizar la disponibilidad natural del agua y la biodiversidad asociada. Por ello, el objetivo del presente trabajo es compartir la experiencia de planificación participativa que permitió definir sitios de interés para la conservación del agua y su biodiversidad asociada en la cuenca del río Limarí.

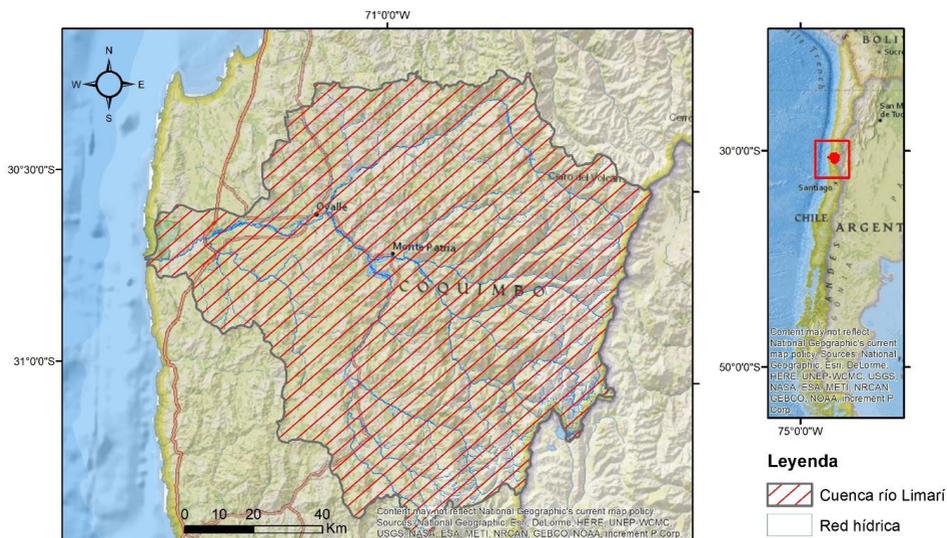
Metodología

Descripción del área de estudio

La cuenca del río Limarí se ubica en la Región de Coquimbo (30° S), norte de Chile, y posee una superficie de 11800 km² (Figura N°1). El río Limarí se forma de la reunión de los ríos Hurtado y Grande. Ambos ríos nacen en la cordillera de Los Andes a 4500 m.s.n.m. y confluyen originando el río Limarí, a casi 4 km al oriente de la ciudad de Ovalle (30°36'14''S; 71°11'48''W). Desde ese punto, el río Limarí corre en dirección al mar por valles abiertos y aterrizados, recibiendo dos afluentes de escasa importancia (esteros Ingenio y Punitaqui), llegando al océano Pacífico luego de recorrer 64 km. Climatológicamente, la cuenca del río Limarí se ubica en la Macroregión del Norte Chico de Chile, dominada por un clima árido, salvo en las altas elevaciones de Los Andes donde el clima es polar (Sarricolea et al., 2017). Con ello, el régimen hídrico del río Limarí es del tipo nivo-pluvial, existiendo la presencia de tres embalses de agua en la cuenca: Recoleta (30°29'26,8''S; 71°05'46,6''W), Cogotí (31°01'02,9''S; 71°05'09,9''W) y La Paloma (30°44'10,8''S; 71°01'20,2''W).

Figura N°1.

Ubicación geográfica de la cuenca del río Limarí, en la Región de Coquimbo, norte de Chile



Fuente: Elaboración propia en base a información de servicios públicos (INE, MOP, DGA, MMA).

Proceso de planificación

Desde agosto 2017 a enero 2018, se elaboró un Plan de conservación de los recursos hídricos de la cuenca del río Limarí, por encargo de The Nature Conservancy en Chile. El trabajo utilizó la metodología de Estándares Abiertos para Conservación de la Naturaleza, enfocada en la planificación sistemática de las estrategias de conservación, basados en la definición de objetos de conservación, análisis de amenazas y actores claves dentro de un área de planificación, lo que permite una conceptualización integradora para el diseño de acciones orientadas a la conservación (CMP, 2013; 2020). El presente trabajo forma parte de uno de los resultados de la planificación, y corresponde a la identificación de sitios prioritarios para conservación del agua y su biodiversidad asociada en la cuenca del río Limarí.

Durante agosto de 2017, se realizó una búsqueda de los estudios publicados sobre la cuenca del Limarí y los componentes de su biodiversidad, en bases de datos electrónicos del Clarivinder Analytics ISI Web of Knowledge, Blackwell Synergy, ScienceDirect, SpringerLink, Scielo, y el buscador de Google Académico. Las palabras de búsqueda fueron: Limarí, Coquimbo. Durante la búsqueda se leyeron los resúmenes de los estudios y se seleccionaron aquellos vinculados a la cuenca del río Limarí y su biodiversidad, recopilando un total de 27 documentos.

La revisión bibliográfica permitió la creación de un primer listado de objetos de conservación potenciales y sus amenazas, como también identificar a los(as) expertos(as) y científicos(as) vinculados con el estudio de la cuenca del río Limarí y su biodiversidad. Durante septiembre de 2017, se realizaron entrevistas semi-estructuradas a estos(as) científicos (n= 14), de forma presencial, con previa validación del instrumento por el equipo de The Nature Conservancy en la Región de Coquimbo. Así, se generó un nuevo listado de objetos de conservación y sus amenazas para el área de planificación.

Los objetos de conservación pueden ser naturales y culturales. Sin embargo, el presente trabajo se enfocó exclusivamente en objetos de conservación naturales. Estos son especies, ecosistemas o procesos ecológicos representativos de la biodiversidad del área de planificación (Granizo *et al.*, 2006; CMP, 2020). Los criterios de selección son el estado de conservación, endemismo y relevancia ecológica de las especies, como también la representatividad, singularidad, fragilidad, biodiversidad y funciones ambientales que sostienen los ecosistemas (Granizo *et al.*, 2006; CMP, 2020). Por otra parte, las amenazas son toda acción humana que de forma directa degrada a uno o más objetos de conservación, también pueden ser fenómenos naturales alterados a causa de actividades antrópicas (Granizo *et al.*, 2006; CMP, 2020).

El 19 de octubre de 2017, en la ciudad de La Serena, se realizó un taller ampliado con expertos(as), científicos(as) y profesionales de servicios públicos (n= 19) vinculados con biodiversidad y temas ambientales de la cuenca del río Limarí. Se conformaron tres grupos de trabajo para la selección de objetos de conservación, identificar sus amenazas y priorizarlas mediante el método de Clasificación Simple de Amenaza, contenido en el software Miradi V4, que apoya la metodología de estándares abiertos (TNC, 2007; CMP, 2013; 2020). Luego, de forma ampliada, se concretó el listado de objetos de conservación y sus amenazas para la cuenca del río Limarí. Este listado fue posteriormente ajustado, mediante un taller ampliado con actores locales clave sobre temas ambientales y de agua en la cuenca (n= 33), realizado el 22 de noviembre de 2017, en la ciudad de

Ovalle. Los(as) actores locales invitados al taller representaron comunidades, organizaciones ciudadanas, asociaciones, empresas, comités de agua potable rural, de regadío, y municipalidades de la cuenca del río Limarí.

Luego de obtener el listado validado de objetos de conservación y sus amenazas, se realizó un ejercicio de georreferenciación espacial de estos en la cuenca del río Limarí. Para ello se utilizaron datos espaciales provistos por servicios públicos del Estado de Chile e información facilitada por The Nature Conservancy. Esto permitió obtener información espacial vectorial para cada objeto de conservación y sus amenazas. Posteriormente, mediante el criterio de elegir los espacios donde confluye la mayor presencia de objetos de conservación con una menor frecuencia de ocurrencia de amenazas, se realizó un análisis geoespacial para identificar sitios de interés para la conservación del agua y su biodiversidad asociada en la cuenca del río Limarí.

Resultados

Se identificaron 11 objetos de conservación y 17 amenazas para la cuenca del río Limarí. En el Cuadro N°1 se entregan descripciones de los objetos de conservación, y en la Figura N°2 su ubicación espacial dentro de la cuenca. Mientras que en el Cuadro N°2 se entregan descripciones de las amenazas, y en la Figura N°3 su ubicación espacial dentro de la cuenca.

Cuadro N°1.

Breve descripción de los objetos de conservación identificados para la cuenca del río Limarí, Región de Coquimbo, norte de Chile.

Objetos de Conservación	Descripción
Red hídrica funcional	Corresponde al tránsito natural por donde el agua recorre superficialmente la cuenca hidrográfica, transitando y originando las distintas expresiones de vida que logran habitar el territorio (Galizia y Matsumura, 2008). La funcionalidad de la red hídrica es la suma de los distintos roles ecológicos capaces de desarrollar a lo largo de su distribución, como por ejemplo sostener biodiversidad acuática y a la vez facilitar la biota terrestre, recargar acuíferos, transporte de nutrientes, y variados usos para la humanidad (Galizia y Matsumura, 2008).
Glaciares	Son toda masa de hielo perenne, formado por acumulación de nieve, considerados ecosistemas frágiles y estratégicos (Brenning, 2005; Brenning y Azócar, 2010). Constituyen el origen del agua para la cuenca, regulan naturalmente los caudales de agua y la mantención del balance climático local (Brenning, 2005; Brenning y Azócar, 2010).
Humedales altoandinos	Son los ecosistemas más productivos de la alta montaña debido a su asociación con cursos de agua (superficiales, sub-superficiales y subterráneas) y la presencia de una densa vegetación herbácea (Osorio <i>et al.</i> , 2006; Squeo <i>et al.</i> , 2006). Son ecosistemas frágiles que presentan una alta riqueza de flora y fauna nativa, más un importante conjunto de servicios ecosistémicos (Osorio <i>et al.</i> , 2006; Squeo <i>et al.</i> , 2006b).

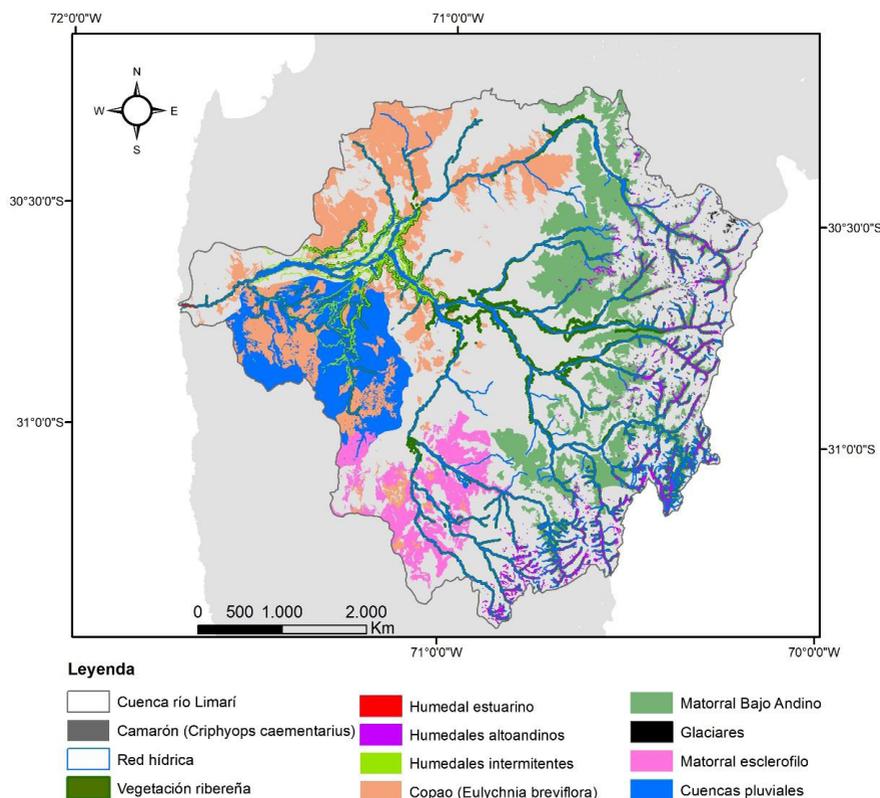
Objetos de Conservación	Descripción
Vegetación ribereña	Corresponden idealmente a vegetación boscosa nativa que cubre en continuo la zona ribereña de cauces de agua, conformando un hábitat relevante para la biodiversidad local y su conectividad, influyendo en la recarga de acuíferos, mitigación de inundaciones, retención de sedimentos (por escorrentía), calidad del agua (superficial y subterránea), y el clima local (Freeman y Ray, 2001; Naiman <i>et al.</i> , 2005).
Humedales intermitentes o estacionales	Son ríos, arroyos (o quebradas) estacionales, intermitentes o irregulares que tienden a ser de corto recorrido, atravesando pendientes muy inclinadas e incrementando su nivel de agua únicamente cuando ocurren lluvias continuas que duran algunos días (Ramsar, 2006). Dentro de los resultados del taller de expertos, se identificó a estos ambientes como vitales para la retención de agua en superficie y su infiltración hacia acuíferos subterráneos, dando origen a diversas interacciones ecológicas y servicios ecosistémicos de importancia.
Matorral bajo tropical-mediterráneo andino (<i>Adesmia hystrix</i> y <i>Ephedra breana</i>)	Es una asociación vegetal nativa de matorral espinoso, xeromórfico, que crece en laderas andinas y subandinas de la región (Luebert y Plissock, 2006). La especie <i>A. hystrix</i> es endémica del norte de Chile, y uno de los principales arbustos nativos utilizados para producir carbón vegetal en el Norte Chico, y sufre una fuerte presión de extracción (Estévez <i>et al.</i> , 2010). Mientras que <i>E. breana</i> presenta una distribución geográfica mayor, y posee propiedades medicinales (Bell y Bachman, 2011). Esta asociación vegetal es fuente importante de recursos para insectos, aves y mamíferos nativos (Squeo <i>et al.</i> , 2006a).
Matorral arborescente esclerófilo mediterráneo interior	Se compone de la asociación vegetal de las especies quillay (<i>Quillaja saponaria</i>) y guayacán (<i>Porlieria chilensis</i>), ambas endémicas y con problemas de conservación (Luebert y Plissock, 2006). Esta asociación vegetal constituye una comunidad de árboles y arbustos ubicados en laderas con buen drenaje y humedad (INFOR-INDAP-FIA, 2000). Corresponde a una de las asociaciones vegetales más amenazadas en Chile (Luebert y Plissock, 2006). Dentro de los resultados del taller de expertos, este ambiente fue identificado como un ecosistema relevante para conservar, debido a que constituye hábitat para otras especies de flora y fauna nativa, como también facilita la retención de agua en superficie y su infiltración hacia acuíferos subterráneos.
Copao (<i>Eulychnia acida</i>)	Cacto de crecimiento preferentemente arborescente de 1,5 a 4 m de altura, muy ramificado y generalmente con tronco único (Hoffmann y Walter, 2004). Es una especie endémica de Chile, que habita entre las regiones de Atacama y Coquimbo, clasificada como Casi Amenazada (MMA, 2017). Esta especie posee importantes funciones ecológicas, como la retención de humedad en el suelo, conformación de hábitat para la biodiversidad local, y un nutritivo fruto de valor comercial y cultural (MMA, 2017).
Camaron de río del norte (<i>Cryphiops caementarius</i>)	Crustáceo nativo que habita en ríos de la costa occidental de Perú y norte de Chile, desde los 10°S hasta los 32° 55' S, se alimenta de restos orgánicos animales y vegetales (Meruane <i>et al.</i> , 2006). Es un recurso alimenticio tradicional, considerado una especie vulnerable debido a su sobreexplotación. Dentro de los resultados del taller de expertos, se reconoció a este animal como un símbolo identitario y potencial especie carismática para el territorio, como también bioindicador de aguas con buen nivel de oxigenación.

Objetos de Conservación	Descripción
Cuenca pluvial de Punitaqui	Las cuencas pluviales son aquellas que reciben agua únicamente por medio de lluvias, tanto sus cuerpos superficiales como los acuíferos subterráneos (CADE-IDEPE, 2004). Dentro de los resultados del taller de expertos, la cuenca pluvial de Punitaqui fue identificada como ecosistema relevante para conservar, debido a que posee particularidades propias y distintas a lo que ocurre en la gran cuenca del río Limarí.
Humedal estuarino	Es un ambiente de transición entre la red hídrica continental y el mar, permitiendo la conectividad ecológica, el reciclaje de nutrientes (por actividad biogeoquímica, sedimentación, productividad biológica), y la mantención de pesquerías (provee hábitat adecuado para reproducción y crianza) (Lotze et al., 2006; Barbier et al., 2011). Este humedal estuarino es un reconocido sitio prioritario para la conservación de la biodiversidad en la región (MMA, 2016).

Fuente: Elaboración propia en base a la metodología participativa.

Figura N°2.

Ubicación espacial de los objetos de conservación seleccionados en la cuenca del río Limarí, Región de Coquimbo, norte de Chile.



Fuente: Elaboración propia en base a información proveniente de las fuentes indicadas.

Cuadro N°2.

Breve descripción de las amenazas identificadas para la conservación del agua y la biodiversidad asociada en cuenca del río Limarí, Región de Coquimbo, norte de Chile.

Amenaza	Descripción
Cambio climático	Los escenarios proyectados del cambio climático en la región indican una disminución de la precipitación y un avance progresivo del desierto hacia el sur (IPCC, 2013-2014). Por lo que la disponibilidad de agua disminuirá a nivel crítico en la zona, generando efectos negativos en los sistemas socio-ecológicos locales (Boisier <i>et al.</i> , 2016; Mills-Novoa <i>et al.</i> , 2016).
Actividades agro-industriales	Comprenden la producción, industrialización y comercialización de productos alimenticios y no alimenticios, generados por la agricultura, ganadería y forestal (Schejtman, 1994). Esto genera contaminación difusa en el suelo por aplicación de fertilizantes y agroquímicos (plaguicidas), como también su erosión al remover la cobertura vegetal nativa, generando pérdida de hábitat para biodiversidad y de retención de humedad en el suelo (McLaughlin y Mineau, 1995; CFCN, 2010). Estos efectos de la producción intensiva también alcanzan a los sistemas acuáticos cercanos, ingresando elementos contaminantes al agua, generando alteraciones a estos habitats y su biodiversidad (Habit y Parra, 2001; CFCN, 2010).
Ganadería caprina	La cabra (<i>Capra aegagrus</i>) es un mamífero rumiante domesticado para su consumo como carne y leche. Este animal constituye la principal actividad ganadera de la cuenca y conforma un ámbito sociocultural de relevancia local (Osorio <i>et al.</i> , 2006). Mediante transhumancia, estos animales son trasladados estacionalmente hacia humedales antoandinos (conocidos como zonas de veranada) en donde pastorean. Su acción de ramoneo limita el posterior crecimiento natural de las plantas consumidas, y junto al importante ingreso de fecas al agua, hacen que el pastoreo extensivo afecte la calidad ambiental de estos humedales, fuente de origen del agua en la cuenca (Osorio <i>et al.</i> , 2006; CFCN, 2010).
Minería (extracción)	La extracción minera genera reconocidos impactos (directos, indirectos y acumulativos) en los sistemas socio-ecológicos (Sánchez y Araya, 2000; ICMM, 2006).
Proyectos hidráulicos (embalses y canales)	Los efectos de los embalses de agua son variados y operan a distintas escalas. El principal impacto de los grandes embalses son las inundaciones generadas río arriba por efecto directo de una represa y luego a causa de los cambios en el patrón de sedimentación del río intervenido (MRE-MMAyA, 2014). Este proceso puede agravarse por los cambios climáticos incidiendo en la ocurrencia de eventos extremos de sequía e inundación local (MRE-MMAyA, 2014). Los embalses y sus represas constituyen una barrera casi absoluta para la biodiversidad acuática que evolutivamente realiza migraciones en los ríos, como por ejemplo peces y crustáceos nativos que ya no pueden llegar a su lugar de desove (MRE-MMAyA, 2014).
Ganadería mayor	Se refiere a la crianza de animales de gran tamaño como vacunos y caballos, tanto en lugares estables como de trashumancia. Esta actividad es una importante fuente de contaminación difusa por sobre-fertilización de praderas y el ingreso directo de fecas al agua cuando el pastoreo se realiza en humedales (Cade-Idepe, 2004). Así también, se genera la destrucción de hábitats por efectos de acción física como el pisoteo del suelo, ramoneo, y deforestación nativa para expansión de praderas (WingChing-Jones <i>et al.</i> , 2009).

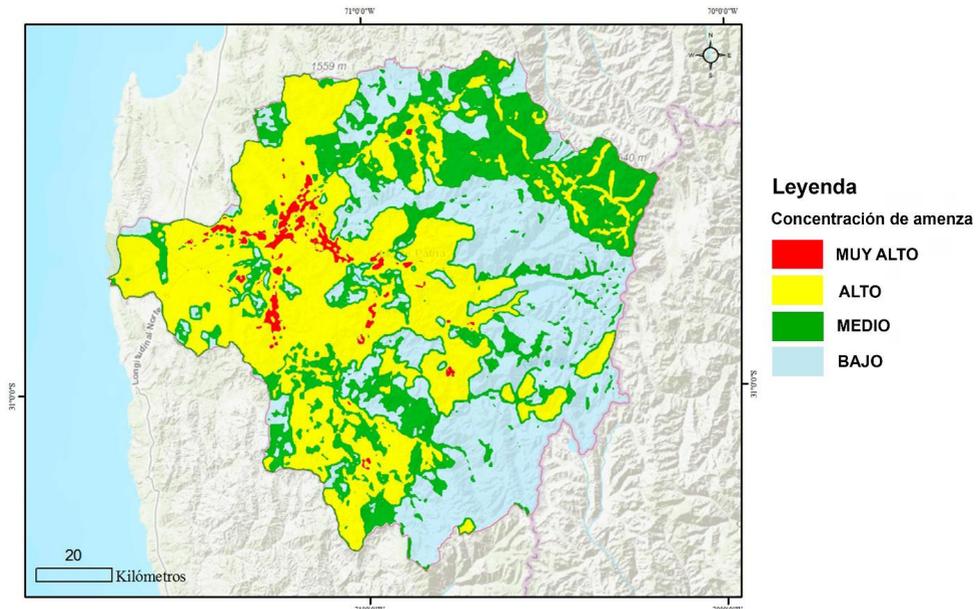
Amenaza	Descripción
Construcción de caminos	Los proyectos de infraestructura carretera o vial consisten en la construcción de caminos para tránsito vehicular y producen distintos impactos al medio ambiente, según los tipos de construcción (e.g., asfalto hidráulico, concreto, ripio, etc.) y sus diferentes etapas (e.g., preparación, construcción, mantenimiento) (Martínez y Damián, 1999). Entre los impactos negativos destacan el desmonte, modificación de cauces, contaminación del agua, erosión del suelo y modificación de la topografía (Martínez y Damián, 1999).
Especies introducidas invasoras	Corresponde a la introducción de especies, de flora y fauna, en el territorio por acción humana. En la cuenca del río Limarí, los principales efectos negativos de especies introducidas se han descrito para el ambiente acuático, donde peces, anfibios y crustáceos nativos son vulnerables a la depredación por la trucha arcoiris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) y la rana africana (<i>Xenopus laevis</i>) (Lobos y Jaksic, 2005; Lobos et al., 2013).
Contaminación hídrica (sanitaria e industrial)	Se refiere a la contaminación puntual de las aguas y lecho ribereño por causa del vertimiento de residuos industriales y domiciliarios urbanos (CFCN, 2010). Los contaminantes de fuentes industriales son metales pesados, compuestos orgánicos (microorganismos patógenos, nutrientes y carbono orgánico), aceites, grasas y productos químicos (CFCN, 2010). Los desechos domésticos provienen de los sistemas de alcantarillado y escorrentía pluvial (CFCN, 2010).
Extracción de áridos en ríos	La extracción de áridos desde los ríos y sus terrazas es realizada mediante maquinaria pesada, en cuya operación genera modificaciones físicas directas en el entorno, como destrucción de vegetación ribereña, alteración del cauce natural, turbiedad del agua, destrucción de hábitat y la biota acuática asociada (Bahamonde et al., 1998; Habit et al., 2006).
Extracción indiscriminada de agua desde napas	En zonas de clima árido y semiárido, las aguas subterráneas constituyen el único recurso hídrico disponible, estratégico y susceptible para hacer frente a las necesidades humanas (Pulido, 2000). La sobreexplotación de acuíferos consiste en la extracción de agua desde napas subterráneas en una cantidad superior a la tasa de recuperación natural de su nivel (Pulido, 2000). El efecto inmediato de esta sobreexplotación es el descenso continuado de los niveles piezométricos, que se acompaña normalmente del agotamiento de las surgencias de agua (Pulido, 2000).
Fabricación de carbón (de cordillera)	La producción de carbón vegetal a partir de arbustos leñosos es una de las principales amenazas para la vegetación nativa en zonas áridas (Estévez et al., 2010). La reducción de la cobertura arbustiva aumenta el lavado de nutrientes, disminuye la disponibilidad de agua, aumenta la escorrentía, reduce el establecimiento y crecimiento de plántulas, acelerando los procesos de erosión y desertificación (Gutiérrez y Squeo, 2004).

Amenaza	Descripción
Urbanización	Se refiere al cambio en el uso del suelo para construcción de infraestructura habitacional y vial que conforman ciudades y paisajes urbanos, considerados como una de las principales causas de cambio ambiental a múltiples escalas (Pauchard <i>et al.</i> , 2006; Grimm <i>et al.</i> , 2008). La demanda urbana por materiales de construcción y consumo humano altera el uso y cubierta del suelo, la biodiversidad y los sistemas hídricos a escala regional (Pauchard <i>et al.</i> , 2006; Grimm <i>et al.</i> , 2008). A la vez, la generación y descarga de residuos urbanos afectan los ciclos biogeoquímicos y climáticos tanto locales como globales (Grimm <i>et al.</i> , 2008).
Relaves mineros	Los relaves mineros constituyen uno de los principales desechos de la actividad minera, y corresponden a mineral finamente molido en solución acuosa, desde el cual no ha sido posible extraer más minerales (Ginocchio y Santibáñez, 2009). Los relaves salen de las plantas mineras y son embancados en depósitos artificiales ubicados a la intemperie, donde la lluvia y viento los disemina sin control por el medio ambiente, provocando silenciosos impactos negativos sobre la naturaleza y vida humana (Ginocchio y Santibáñez, 2009).
Microbasurales	Los microbasurales son espacios en donde de forma clandestina se han acumulado residuos sólidos de actividades domiciliarias, comerciales e industriales (Carrasco y Milic, 2017). Entre los impactos que generan los microbasurales, destacan la afectación visual o paisajística, la contaminación del recurso hídrico y de los suelos, impactos en la flora y fauna local, aumento de vectores como perros, ratones y moscas, e impactos en la salud humana (Carrasco y Milic, 2017).
Desforestación	La desforestación corresponde a la tala y remoción de la vegetación nativa, debido principalmente a la expansión de la frontera agrícola, monocultivos forestales y urbanización (Sodhi y Ehrlich, 2010). La remoción de la vegetación natural en grandes superficies tiene impactos negativos sobre el clima local (temperatura y radiación solar), la biodiversidad (pérdida de especies) e hidrología (pérdida de agua) del lugar afectado (Sodhi y Ehrlich, 2010).
Malas prácticas turísticas y deportivas	La falta de planificación facilita el desarrollo de malas prácticas vinculadas al turismo y actividades deportivas. La afluencia de turistas puede influir negativamente sobre la estructura social y costumbres locales, la vida silvestre y sus hábitats (Lusseau, 2004; Fernández-Juricic <i>et al.</i> , 2005). También los deportes motorizados (e.g., rally) deterioran la naturaleza y generan complejas transformaciones en comunidades locales (Marei <i>et al.</i> , 2004).

Fuente: Elaboración propia en base a la metodología participativa.

Figura N°3.

Distribución espacial del grado de concentración de amenazas identificadas para la conservación del agua y la biodiversidad asociada en la cuenca del río Limarí, Región de Coquimbo, norte de Chile.



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del ejercicio participativo de ponderación y priorización de las amenazas para los objetos de conservación seleccionados se entregan en el Cuadro N°3.

Cuadro N°3.

Sitios identificados como de interés para la conservación del agua y su biodiversidad asociada en la cuenca del río Limarí, Región de Coquimbo, norte de Chile.

Amaznas \ Objetos	Glaciares	Red hídrica funcional	Humedales altoandinos	Matorral bajo mediterráneo	Humedales intermitentes	Cuencas pluviales	Vegetación ribereña	Matorral arborescente esclerófilo mediterráneo interior	Copao	Camarón de río del norte	Humedales estuarino	Calificación de amenazas
Cambio climático	Muy alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Medio	Muy alto
Actividades agroindustriales		Alto			Medio	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Alto
Ganadería caprina			Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio				Alto
Minería (extracción)	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio		Medio		Alto
Proyectos hidráulicos (embalses y canales)		Alto			Medio	Medio	Medio	Medio		Medio	Medio	Alto
Ganadería mayor (bovinos - caballos)		Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio			Medio	Medio
Construcción de caminos		Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo	Medio				Medio	Medio
Especies introducidas invasoras		Medio				Medio					Medio	Medio
Contaminación hídrica (sanitaria e industrial)		Medio				Medio				Alto	Medio	Medio
Extracción de áridos en río		Medio					Medio			Medio	Bajo	Medio
Extracción indiscriminada de agua desde napas		Medio	Medio		Medio							Medio
Fabricación de carbón (de cordillera)				Medio			Medio	Medio				Medio
urbanización		Medio			Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio		Medio
Relaves mineros		Bajo				Medio	Bajo				Medio	Medio
Microbasurales						Medio	Bajo				Medio	Medio
Deforestación							Bajo	Medio				Bajo
Malas prácticas turísticas y deportivas							Bajo	Bajo			Medio	Bajo
	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	Muy alto

Fuente: Elaboración propia en base a la metodología participativa.

Se identificaron 14 sitios de interés para la conservación del agua y su biodiversidad asociada en la cuenca del río Limarí. En el Cuadro N°4 se entregan descripciones de los sitios interés identificados, y en la Figura N°4 su ubicación espacial dentro de la cuenca del río Limarí.

Cuadro N°4.

Sitios identificados como de interés para la conservación del agua y su biodiversidad asociada en la cuenca del río Limarí, Región de Coquimbo, norte de Chile.

Nombre del sitio	Descripción
Cabecera río Hurtado	Ecosistema de alta montaña, en donde nace el agua y por gravedad recorre la superficie conformando la subcuenca del río Hurtado. Emplazado en la Cordillera de Los Andes, el paisaje de este sitio se caracteriza por laderas con pendientes muy abruptas, cubiertas por matorral bajo tropical-mediterráneo andino, y vegetación ribereña en el cauce del río y quebradas, encontrando humedales altoandinos en la zona alta terminal. Para la cuenca del Limarí, el río Hurtado es el único que proviene desde el norte y sus aguas se contienen en el embalse Recoleta. Las principales amenazas para la biodiversidad de este sitio son la pérdida de vegetación nativa, el ingreso de especies invasoras, la construcción de caminos y actividades ganaderas.
Cabecera río Los Molles	Ecosistema de alta montaña, en donde nace el agua y por gravedad recorre la superficie conformando la subcuenca del río Rapel. Emplazado en la Cordillera de Los Andes, el paisaje de este sitio se caracteriza por laderas con pendientes muy abruptas, cubiertas por matorral bajo tropical-mediterráneo andino, y vegetación ribereña en el cauce del río y quebradas, encontrando glaciares y humedales altoandinos en la zona alta terminal. Las principales amenazas para la biodiversidad de este sitio son la pérdida de vegetación nativa, el ingreso de especies invasoras, la construcción de caminos y actividades ganaderas.
Cabecera río Mostazal	Ecosistema de alta montaña, en donde nace el agua y por gravedad recorre la superficie conformando la subcuenca del río Mostazal. Emplazado en la Cordillera de Los Andes, el paisaje de este sitio se caracteriza por laderas con pendientes muy abruptas, cubiertas por matorral bajo tropical-mediterráneo andino, y vegetación ribereña en el cauce del río y quebradas, encontrando humedales altoandinos en la zona alta terminal. Las principales amenazas para la biodiversidad de este sitio son la pérdida de vegetación nativa y el ingreso de especies invasoras.
Cabecera río San Miguel	Ecosistema de alta montaña, en donde nace el agua y por gravedad recorre la superficie conformando la subcuenca del río Mostazal. Emplazado en la Cordillera de Los Andes, el paisaje de este sitio se caracteriza por laderas con pendientes muy abruptas, cubiertas por matorral bajo tropical-mediterráneo andino, y vegetación ribereña en el cauce del río y quebradas, encontrando humedales altoandinos en la zona alta terminal. Las principales amenazas para la biodiversidad de este sitio son la pérdida de vegetación nativa y el ingreso de especies invasoras.
Cabecera río Grande	Ecosistema de alta montaña, en donde nace el agua y por gravedad recorre la superficie conformando la subcuenca del río Grande. Emplazado en la Cordillera de Los Andes, el paisaje de este sitio se caracteriza por laderas con pendientes muy abruptas, cubiertas por matorral bajo tropical-mediterráneo andino, y vegetación ribereña en el cauce del río y quebradas, encontrando humedales altoandinos en la zona alta terminal. Las principales amenazas para la biodiversidad de este sitio son la pérdida de vegetación nativa, el ingreso de especies invasoras, actividades de ganadería y el desarrollo agroindustrial.

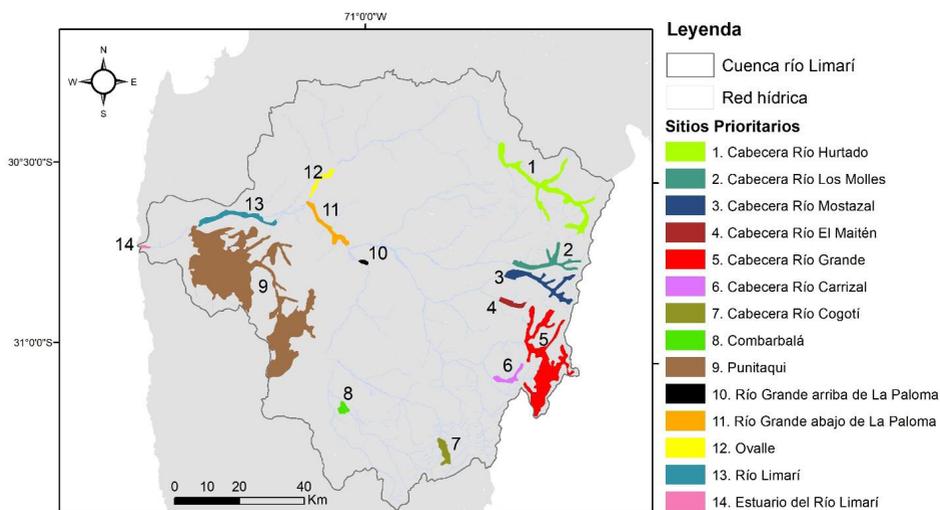
Cabecera río Carrizal	Ecosistema de alta montaña, en donde nace el agua y por gravedad recorre la superficie conformando la subcuenca del río Grande. Emplazado en la Cordillera de Los Andes, el paisaje de este sitio se caracteriza por laderas con pendientes muy abruptas, cubiertas por matorral bajo tropical-mediterráneo andino, y vegetación ribereña en el cauce del río y quebradas, encontrando humedales altoandinos en la zona alta terminal. Las principales amenazas para la biodiversidad de este sitio son la pérdida de vegetación nativa, el ingreso de especies invasoras, actividades ganaderas y el desarrollo agroindustrial.
Cabecera río Cogotí	Ecosistema de alta montaña, en donde nace el agua y por gravedad recorre la superficie conformando la subcuenca del río Guatulame. Emplazado en la Cordillera de Los Andes, el paisaje de este sitio se caracteriza por laderas con pendientes muy abruptas, cubiertas por matorral bajo tropical-mediterráneo andino, y vegetación ribereña en el cauce del río y quebradas, encontrando humedales altoandinos en la zona alta terminal. Las principales amenazas para la biodiversidad de este sitio son la pérdida de vegetación nativa y el ingreso de especies invasoras.
Combarbalá	Ecosistema de cerros y lomas de cima llana en el valle del río Combarbalá, que destaca por contener los últimos reductos de matorral arborescente esclerófilo mediterráneo interior en la cuenca del Limarí. En sus laderas también habitan copaos y vegetación ribereña en el cauce del río y quebradas. Las principales amenazas para la biodiversidad de este sitio son la pérdida de vegetación nativa, proyectos hidráulicos, el ingreso de especies invasoras, la presencia de microbasurales, junto a la ganadería y el desarrollo de la agroindustria.
Río Grande sobre embalse la Paloma	Ecosistema de valle en cuyo lecho principal corre el río Grande, antes de llegar al embalse La Paloma. El paisaje de este sitio se caracteriza por un lecho de río cubierto por una importante cobertura de vegetación ribereña y la presencia de humedales intermitentes. Las principales amenazas para la biodiversidad de este sitio son la pérdida de vegetación nativa y el ingreso de especies invasoras.
Río Grande bajo embalse Paloma	Ecosistema de valle en cuyo lecho principal corre el río Grande, luego del embalse La Paloma y antes de convertirse en el río Limarí (previo a Ovalle). El paisaje de este sitio se caracteriza por la presencia vegetación ribereña y humedales intermitentes, además en las aguas del río habita camarón de río del norte y en las laderas del valle abunda copao. Las principales amenazas para la biodiversidad de este sitio son la pérdida de vegetación nativa, proyectos hidráulicos, el ingreso de especies invasoras, la contaminación hídrica, urbanización y presencia de microbasurales, junto a la ganadería y el desarrollo agroindustrial.
Ovalle	Ecosistema de valle en cuyo lecho principal corre el río el Limarí, luego del embalse Recoleta antes de llegar a la ciudad de Ovalle. El paisaje de este sitio se caracteriza por la presencia vegetación ribereña y humedales intermitentes, además en las aguas del río habita camarón de río del norte y en las laderas del valle abunda copao. Las principales amenazas para la biodiversidad de este sitio son la pérdida de vegetación nativa, proyectos hidráulicos, el ingreso de especies invasoras, la contaminación hídrica, urbanización y presencia de microbasurales, junto a la ganadería y el desarrollo de la agroindustria.

Río Limarí	Ecosistema de valle en cuyo lecho principal corre el río el Limarí, rodeado por vegetación ribereña. En las aguas del río habita camarón de río del norte, y en las laderas del valle abunda copao. Las principales amenazas para la biodiversidad de este sitio son la pérdida de vegetación nativa, proyectos hidráulicos, el ingreso de especies invasoras, la contaminación hídrica y presencia de microbasurales, junto a la ganadería y el desarrollo de la agroindustria.
Punitaqui	Ecosistema de cerros en donde el agua precipitada recorre la superficie conformando la subcuenca del estero Punitaqui. Emplazado en la zona intermedia, este sitio constituye la principal cuenca pluvial del Limarí, y su paisaje se caracteriza por laderas de cerros cubiertas por copao y matorral arborescente esclerófilo mediterráneo interior, con vegetación ribereña en el cauce del estero y quebradas. Las principales amenazas para la biodiversidad de este sitio son la pérdida de vegetación nativa, la actividad minera, el ingreso de especies invasoras, la urbanización y presencia de microbasurales, junto a la ganadería y el desarrollo de la agroindustria.
Estuario del río Limarí	Ecosistema estuarino, en donde el río Limarí se conecta con el mar. Se caracteriza por un paisaje costero con presencia de vegetación ribereña e influencia de las mareas, siendo un ecosistema clave para el desarrollo de la biodiversidad local, como por ejemplo el camarón de río del norte. Las principales amenazas para la biodiversidad de este sitio son la pérdida de vegetación nativa, el ingreso de especies invasoras y la actividad ganadera.

Fuente: Elaboración propia.

Figura N°4.

Ubicación espacial de los sitios identificados como de interés para la conservación del agua y su biodiversidad asociada en la cuenca del río Limarí, Región de Coquimbo, norte de Chile.



Fuente: Elaboración propia.

En la zona alta de la cuenca se identificaron sitios prioritarios en las cabeceras de los ríos Hurtado, Los Molles, Mostazal, San Miguel, Grande, Carrizal, y Cogotí (Cuadro N°4; Figura N°4).

En estos sitios existen ecosistemas de alta montaña donde nace el agua y que por gravedad recorre la superficie, conformando las subcuencas de los ríos Hurtado, Rapel, Mostazal, Grande, y Guatulame. Emplazado en la Cordillera de Los Andes, el paisaje de estos sitios se caracteriza por glaciares y humedales altoandinos, cuya agua desciende por laderas con pendientes muy abruptas, cubiertas por matorral bajo tropical-mediterráneo andino, vegetación ribereña en quebradas y el cauce de los ríos.

En la zona media de la cuenca se identificaron sitios prioritarios en el sector de Combarbalá, el río Grande, las cercanías de Ovalle, y un tramo del río Limarí (Cuadro N°4; Figura N°4). En estos sitios existen ecosistemas de cerros y lomas en valles de los ríos Combarbalá, Grande y Limarí, donde se encuentran reductos de matorral arborescente esclerófilo mediterráneo interior, vegetación ribereña, humedales intermitentes, y algunas laderas con copao (*Eulychnia acida*).

En la zona baja de la cuenca se identificaron sitios prioritarios en el sector de Punitaqui y el estuario del río Limarí (Cuadro N°4; Figura N°4). En el sitio de Punitaqui existen cerros y quebradas, cubiertas por copao y matorral arborescente esclerófilo mediterráneo interior, que conforman la principal subcuenca pluvial del área de planificación. El estero Punitaqui tributa al río Limarí, el cual se acerca hacia el mar conformando un ecosistema estuarino clave para el desarrollo de la biodiversidad local, como por ejemplo el camarón de río del norte (*Cryphiops caementarius*).

Discusión

El presente trabajo identificó 11 objetos de conservación natural para la cuenca del río Limarí, los cuales se encuentran amenazados por 17 actividades humanas. La integración de esta información en un análisis geoespacial permitió la identificación de 14 sitios de interés para la conservación del agua y su biodiversidad asociada en la cuenca del río Limarí.

El principal criterio de selección de los sitios de interés fue elegir los espacios donde confluye la mayor presencia de objetos de conservación con una menor frecuencia de ocurrencia de amenazas. De esto, la principal limitación del estudio fue la disponibilidad de información espacial a la escala apropiada, tanto para la espacialización de los objetos de conservación y las amenazas. Otra debilidad del trabajo fue no identificar objetos de conservación culturales para la cuenca del río Limarí, considerando que su integración a la planificación facilita el interés y participación de comunidades locales en los procesos de cambio social que requiere la conservación y gestión de la naturaleza (Berkes, 2004).

Sin embargo, la presente metodología participativa permitió aumentar el número de sitios de interés o prioritarios para la conservación de la naturaleza en la cuenca del río Limarí. Algunos de los sitios identificados coinciden con los resultados obtenidos por servicios públicos en sus planificaciones para conservación de la biodiversidad en la Región de Coquimbo (CONAMA, 2003; MMA, 2016). Misma situación, con algunos sitios que coinciden con los identificados desde la academia (Squeo *et al.*, 2001). Por esto, los resultados del presente trabajo pueden considerarse válidos y plausibles en su ejercicio participativo. Además, se identificaron nuevos sitios de interés para la conservación, destacando una importante concentración de estos en la zona altoandina de la cuenca.

La Región de Coquimbo destaca por su condición biogeográfica que la considerada como zona de transición, y una de las regiones con mayor riqueza específica y menor superficie protegida del país (Lagos *et al.*, 2001). Actualmente, en la Región de Coquimbo existen cinco unidades de conservación, que forman parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas por el Estado, que suman un total de 49627 ha, correspondiente al 1,21% de la superficie regional (4.068.730 ha). Esta simple sumatoria revela la urgente necesidad de aumentar la superficie de áreas protegidas en esta región. Para lo cual, los resultados del presente trabajo pueden guiar la destinación de esfuerzo de forma específica para la cuenca del río Limarí. Como así también, su metodología puede ser replicada en otras cuencas hidrográficas de la región.

Para la Región de Coquimbo, se considera que la minería, el turismo, la ganadería, la agricultura y la pesca, son las actividades productivas que se relacionan de forma directa con la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, representando a la vez la mayor amenaza para estos (MMA, 2016). Para la cuenca del río Limarí se reconoce una vocación netamente agrícola, siendo la agricultura la principal actividad productiva del territorio (CONIC-BF, 2013). Los resultados del presente trabajo indican que las actividades agroindustriales son una de las principales amenazas para los objetos de conservación identificados en la cuenca del río Limarí. Los factores agropecuarios corresponden a contaminación de tipo difusa, debido a la dispersión de eventos y extensión de algunos usos del suelo o el agua, involucrando el manejo del riego, aplicaciones de fertilizantes y agroquímicos, entre otros (CFCN, 2010). Por lo anterior, es altamente recomendable que comiencen a operar acuerdos de producción limpia y buenas prácticas ambientales en las actividades agroindustriales de la cuenca.

Conclusión

Los resultados de este trabajo constituyen un insumo de importancia para la planificación territorial enfocada a la conservación del agua y su biodiversidad asociada en la cuenca del río Limarí. Así también, pueden constituir una herramienta práctica para la definición de áreas silvestres protegidas tanto públicas como privadas en la cuenca, fortaleciendo la sostenibilidad de la producción natural de agua y los beneficios ambientales que brinda la biodiversidad.

La recomendación es promover el desarrollo de iniciativas de conservación de la naturaleza en los sitios identificados, para con ello potenciar las capacidades adaptativas locales a los efectos adversos del cambio climático.

Agradecimientos

A The Nature Conservancy, y sus profesionales Llara Krintzner, Sebastian Bonelli, Francisca Bardi y Charles Wight, que apoyaron la facilitación de talleres participativos. A los(as) científicos y actores locales que participaron de los diversos talleres realizados. A dos revisores anónimos de RGNG por su ayuda en la mejora del escrito.

Referencias

BERKES, F. Rethinking community-based conservation. *Conservation Biology*, 2004, Vol. 18, p. 621-630.

CADE-IDEPE. *Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad*. Cuenca del río Limarí. Santiago de Chile: Dirección General de Aguas, 2004.

CFCN. *Análisis de factores críticos que afectan la calidad de las aguas superficiales continentales de la cuenca del río Limarí*. Santiago de Chile: CONAMA, 2010.

CMP. Open standards for the practice of conservation. *Conservation Measures Partnership*. 2013. Disponible en Internet: <https://cmp-openstandards.org/wp-content/uploads/2018/02/CMP-Open-Standards-V3-Spanish.pdf>

CMP. Open standards for practice of conservation. *The Conservation Measures Partnership*. 2020. Disponible en Internet: <https://cmp-openstandards.org/download-os/>

CONAMA. *Estrategia regional y plan de acción de la biodiversidad IV Región de Coquimbo*. Coquimbo de Chile: CONAMA, 2003.

CONIC-BF. *Diagnóstico plan maestro para la gestión de recursos hídricos, Región de Coquimbo*. Coquimbo de Chile: Ingenieros Civiles Consultores Ltda., 2013.

DURÁN, A.P, CASALEGNO, S., MARQUET, P.A., & GASTON, K.J. Representation of ecosystem services by terrestrial protected areas: Chile as a case study. *PLoS ONE*, 2013, Vol. 8, e82643.

GALBRAITH, H., DESROCHERS, D.W., BROWN, S., & REED, J.M. Predicting vulnerabilities of North American shorebirds to climate change. *PLoS One*, 2014, Vol. 9, e108899.

GRANIZO, T., MOLINA, M.E., SECAIRA, E., HERRERA, B., BENÍTEZ, S., MALDONADO, Ó., LIBBY, M., ARROYO, P., ÍSOLA, S. & CASTRO, M. *Manual de planificación para la conservación de áreas*. Quito de Ecuador: TNC-USAID, 2006.

HABIT, E., VICTORIANO, P. & PARRA, O. Translocación de peces nativos en la cuenca del río Laja (Región del Bío-Bío, Chile). *Gayana*, 2002, Vol. 66, p. 181-190.

HANNAH, L., ROEHRDANZ, P.R., MARQUET, P.A., ENQUIST, B.J., MIDGLEY, G., FODEN, W., LOVETT, J.C., CORLETT, R.T., CORCORAN, D., BUTCHART, S.H., BOYLE, B., FENG, X., MAITNER, B., FAJARDO, J., MCGILL, B.J., et al. 30% land conservation and climate action reduces tropical extinction risk by more than 50%. *Ecography*, 2020, Vol. 43, p. 943-953.

HENRÍQUEZ-DOLE, L., USÓN, T.J., VICUÑA, S., HENRÍQUEZ, C., GIRONÁS, J., & MEZA, F. Integrating strategic land use planning in the construction of future land use scenarios and its performance: The Maipo River Basin, Chile. *Land Use Policy*, 2018, Vol. 78, p. 353-366.

IPCC. *Fifth Assessment Report, WG1 AR5*. 2013-2014. Disponible en internet: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>

JONES-WALTERS, L., & ÇIL, A. Biodiversity and stakeholder participation. *Journal for Nature Conservation*, 2011, Vol. 19, p. 327-329.

KOVÁCS, E., KELEMEN, E., KISS, G., KALÓCZKAI, A., FABÓK, V., MIHÓK, B., MEGYESI, B., PATAKI, G., BODORKÓS, B., BALÁZS, B., BELA, G., MARGÓCZI, K., ROBOZ, A., & MOLNÁR, D. Evaluation of participatory planning: Lessons from Hungarian Natura 2000 management planning processes. *Journal of Environmental Management*, 2017, Vol. 204, p. 540-550.

LAGOS, V., TORRES, J.M., & NOTON, C. Conservación de la diversidad biológica: El Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) como herramienta de gestión para la Región de Coquimbo. En: SQUEO, F., ARANCIO, G., & GUTIÉRREZ, J. Libro rojo de la flora nativa y de los sitios prioritarios para su conservación: Región de Coquimbo. La Serena de Chile: Ediciones Universidad de La Serena, 2001, p. 205-224.

MARGULES, C.R., & PRESSEY, R.L. Systematic conservation planning. *Nature*, 2000, Vol. 405, p. 243-253.

MARQUET, P.A., NAEEM, S., JACKSON, J.B., & HODGES, K. Navigating transformation of biodiversity and climate. *Science advances*, 2019, Vol. 5, eaba0969.

MMA. *Estado y tendencias de la biodiversidad: Región de Coquimbo*. Santiago de Chile: Ministerio del Medio Ambiente, 2016.

OSORIO, R., CABEZAS, R., REYES, C., ÁLVAREZ, P. & KONÉ, T. Humedales altoandinos de la IV región. En: CEPEDA, P. *Geoecología de Los Andes desérticos. La Alta Montaña del Valle del Elqui*. La Serena de Chile: Ediciones de la Universidad de La Serena, 2006, p. 153-239.

PÉREZ-ORELLANA, D.C., VILLALÓN-CUETO, A., DE RÍOS, R., VELÁZQUEZ-MENDOZA, C., TORRES-GÓMEZ, M., QUIÑONES-GUERRERO, D., DELGADO, L.E., CARO-VERA, J., & CAPRIROLI, F. Social actors and participation in environmental issues in Latin America. En: DELGADO, L.E., & MARÍN, V.H. *Social-ecological systems of Latin America: Complexities and challenges*. Cham de Suiza: Springer Nature Switzerland AG, 2019, p. 33-51.

PLISCOFF, P. *Aplicación de los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) para la evaluación de riesgo de los ecosistemas terrestres de Chile*. Santiago de Chile: Ministerio del Medio Ambiente, 2015.

SARKAR, S., PRESSEY, R.L., FAITH, D.P., MARGULES, D.P., FULLER, T., STOMS, D.M., MOFFETT, A., WILSON, K.A., WILLIAMS, K.J. WILLIAMS, P.H., & ANDELMAN, S. Biodiversity conservation planning tools: present status and challenges for the future. *Annual Review of Environment and Resources*, 2006, Vol. 31, p. 123-159.

SARRICOLEA, P., HERRERA-OSSANDON, M.J. & MESEGUER-RUIZ, O. Climatic regionalisation of continental Chile. *Journal of Maps*, 2017, Vol. 13, p. 66-73.

SQUEO, F., ARANCIO, G., & GUTIÉRREZ, J. *Libro rojo de la flora nativa y de los sitios prioritarios para su conservación: Región de Coquimbo*. La Serena de Chile: Ediciones Universidad de La Serena, 2001.

TNC. *Conservation Action Planning Toolbox 3. Identify Critical Threats*. 2007. Disponible en Internet: http://conserveonline.org/workspaces/cbdgateway/cbdmain/cap/practices/bp_4

TOGNETTI, M.F., LASSO, C.A., BOTA-SIERRA, C.A., JIMÉNEZ-SEGURA, L.F. & COX, N.A. *Estado de conservación y distribución de la biodiversidad de agua dulce en los Andes Tropicales*. 2016. Disponible en Internet: <https://www.iucn.org/es/content/estado-de-conservacion-y-distribucion-de-la-biodiversidad-de-agua-dulce-en-los-andes-tropicales>

VELASCO, I., OCHOA, L. & GUTIÉRREZ, C. Sequía, un problema de perspectiva y gestión. *Región y sociedad*, 2005, Vol. 17, p. 35-71.

YU IWAMA, A., & DELGADO, L.E. Acción: participación comunitaria en procesos de decisión en la conservación del territorio. *Cuadernos del Pensamiento Crítico Latinoamericano*, 2018, Vol. 56, p. 1-3.

ZHAO, Q., BOOMER, G.S., & ROYLE, J.A. Integrated modeling predicts shifts in waterbird population dynamics under climate change. *Ecography*, 2019, Vol. 42, p. 1470-1481.