

ESTUDIO DE CUENCAS

Análisis de las condicionantes para el desarrollo hidroeléctrico en las cuencas del Maule, Biobío, Toltén, Valdivia, Bueno, Puelo, Yelcho, Palena, Cisnes, Aysén, Baker y Pascua



Ministerio de
Energía

Gobierno de Chile

ESTUDIO DE CUENCAS

Análisis de las condicionantes para el desarrollo hidroeléctrico en las cuencas
del Maule, Biobío, Toltén, Valdivia, Bueno, Puelo, Yelcho, Palena, Cisnes, Aysén,
Baker y Pascua



ESTUDIO DE CUENCAS.

ANÁLISIS DE LAS CONDICIONANTES PARA EL DESARROLLO HIDROELÉCTRICO EN LAS CUENCAS DEL MAULE, BIOBÍO, TOLTÉN, VALDIVIA, BUENO, PUELO, YELCHO, PALENA, CISNES, AYSÉN, BAKER Y PASCUA
Ministerio de Energía, División de Desarrollo Sustentable, 2016.

Cita recomendada:

Ministerio de Energía, 2016. Estudio de cuencas. Análisis de las condicionantes para el desarrollo hidroeléctrico en las cuencas del Maule, Biobío, Toltén, Valdivia, Bueno, Puelo, Yelcho, Palena, Cisnes, Aysén, Baker y Pascua. Gobierno de Chile, Santiago, 104 pp.

La presente publicación ha sido preparada por la División de Desarrollo Sustentable (DDS) del Ministerio de Energía en base a los resultados del estudio “Análisis de las condicionantes para el desarrollo hidroeléctrico. Del potencial de generación a las dinámicas socio-ambientales” (licitación pública N° 584105-23-LP15 para las cuencas del Maule, Biobío, Toltén, Valdivia, Bueno, Puelo y Yelcho, y N° 584105-40-LP15 para las cuencas del Palena, Cisnes, Aysén, Baker y Pascua), que han sido desarrollados entre 2015 y 2016 por la consultora TECO Group SpA, la Pontificia Universidad Católica de Chile, la Universidad de Chile y el Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile de la Universidad de Concepción.

EQUIPO TÉCNICO

La supervisión técnica de los estudios estuvo a cargo de la División de Desarrollo Sustentable. Ministerio de Energía: Nicola Borregaard (Coordinadora), Esteban Tohá, Meliza González, Carlos Olivares, Julio Maturana.

Diseño y diagramación: Macarena Márquez, Calicoo, www.calicoo.cl

Impresión: ALERCE Talleres Gráficos.

AGRADECIMIENTOS

En el proceso completo de Mapeo de Cuencas, entre 2014 y 2016, la participación de las comunidades locales ha sido vital, por lo que agradecemos a las más de 1200 personas que compartieron su sentir, sus críticas y sus inquietudes sobre el desarrollo hidroeléctrico en Chile con transparencia y respeto, a través de entrevistas, talleres, seminarios y reuniones de trabajo. Igualmente, reconocemos el valioso aporte de autoridades y organizaciones locales, municipios, organizaciones no gubernamentales, la industria generadora, académicos, expertos y especialistas de distintas áreas del conocimiento.

La colaboración de otras instituciones públicas también ha sido de extrema relevancia, especialmente al compartir información sectorial y bases de datos para el procesamiento de productos de este estudio. Sumamos a los agradecimientos al Ministerio del Medio Ambiente; al Ministerio de Obras Públicas y especialmente a la Dirección General de Aguas; al Ministerio de Agricultura y sus servicios; a la Corporación Nacional de Desarrollo Indígena; al Ministerio de Economía, Fomento y Turismo y sus servicios; la Armada de Chile; al Ministerio de Vivienda; al Consejo de Monumentos Nacionales; y al Instituto Nacional de Estadísticas.

Finalmente, agradecemos a los profesionales y técnicos del Ministerio de Energía por los valiosos comentarios y el apoyo a la ejecución de los diferentes estudios que sustentan este documento, especialmente, a los equipos regionales de las SEREMI del Maule, del Biobío, de La Araucanía, de Los Ríos, de Los Lagos y de Aysén.



Lago Tagua Tagua, Región de Los Lagos © David Valdés | Banco Audiovisual SERNATUR).

PRÓLOGO

Chile es un país de ríos abundantes y caudalosos, que constituyen ecosistemas complejos y que son utilizados para fines muy diversos, incluyendo recreación, conservación y usos productivos, entre ellos, la generación de energía. La hidroelectricidad ha acompañado el desarrollo del país desde fines del siglo XIX, cuando se construyó la primera central hidroeléctrica, Chivilingo. La inauguración de cada nueva central era vista por ciudadanos, ejecutivos y autoridades como un símbolo de progreso.

Durante la última década, el abundante capital social acumulado por la hidroelectricidad en más de un siglo se ha reducido considerablemente. La comunidad ha expresado sus aprehensiones respecto de la generación hidroeléctrica, particularmente por temor a los eventuales perjuicios que las centrales les pueden ocasionar; al no percibir beneficios directos de estos desarrollos; y por preocupación por los impactos ambientales de esta industria. Así, en la actualidad existe una situación de naturaleza dual. Por un lado, se requieren que las energías de fuente renovable constituyan un pilar importante en la matriz energética y, por otro, el aprovechamiento de esta fuente energética enfrenta grandes desafíos para su

inserción en el ecosistema ambiental, social y cultural, por la asociación del potencial con los derechos de aprovechamiento de aguas de tipo privado; por la competencia con otros usos, productivos, espirituales o de conservación; por la asimetría de información entre quienes desarrollan proyectos y la comunidad, que no accede en forma expedita a información “oficial” que no haya sido generada por el mismo proyecto; por sentirse excluida del proceso de desarrollo hidroeléctrico, al no tener una participación ciudadana vinculante; y, finalmente, por la falta de claridad de la comunidad sobre los riesgos y beneficios que puede representar un determinado desarrollo hidroeléctrico en su territorio.

Sin embargo, las oportunidades que ofrece la hidroelectricidad son muy relevantes para la meta definida en la Política Energía 2050, que busca tener un 70% de energía renovable en la matriz de generación para el año 2050. La hidroelectricidad es uno de los principales contribuyentes a la seguridad e independencia energética; tiene costos competitivos; no causa emisiones nocivas; y es capaz de regular las variaciones en la provisión de energía, permitiendo la penetración desde fuentes renovables



variables como la eólica y solar, agregando respaldo y flexibilidad al sistema eléctrico.

Sin desconocer el marco institucional y legal vigente, se deben enfrentar las aprehensiones de la ciudadanía con diálogo social y nuevos instrumentos de gestión. Se deben fortalecer los círculos virtuosos y las oportunidades que pueden darse, por ejemplo, a través de asociatividad con las comunidades o fortaleciendo el nexo entre turismo y energía. Para ello se debe avanzar en fortalecer el desempeño ambiental del sector y mejorar la relación con las comunidades, a través de la identificación de los impactos socio-culturales y promoviendo el desarrollo local, teniendo un mejor entendimiento territorial. Con este fin es que se han realizado los estudios del **Mapeo de Cuencas**, cuyos resultados de la segunda fase se presentan en esta publicación, respondiendo tanto en lo definido en la Agenda de Energía como en la Política Energía 2050. El presente estudio ha permitido generar nueva y mejor información sobre 12 cuencas del país, lograr un mejor entendimiento del territorio y entregar información y herramientas concretas

para apoyar los procesos de planificación y toma de decisiones locales en torno a la hidroelectricidad y el desarrollo energético territorial.

Durante la realización de esta fase de estudios, la comunidad ha indicado que el Estado debe tener un rol más activo como ente planificador y regulador, y que para reducir las asimetrías de información se debe mejorar la información transparente, científica y sin intencionalidad de aprobar un determinado proyecto. Este tipo de demandas comienzan a ser abordadas con la definición de la Política Energética 2050, con la Mesa Participativa de Hidroelectricidad Sustentable, con el presente estudio de cuencas y la plataforma de Hidroelectricidad Sustentable, y especialmente con el impulso del Ministerio de Energía a un diálogo social e inclusivo para aportar a una gestión energética sustentable, participativa y con horizontes de largo plazo.

Nicola Borregaard
Coordinadora de la División de
Desarrollo Sustentable
Ministerio de Energía



Huilo Huilo, Región de Los Ríos © Kristel Paola Rubio Bernal (Banco Audiovisual SERNATUR).

1 INTRODUCCIÓN	10
2 INCORPORANDO AL TERRITORIO EN EL PROCESO	14
2.1 El valor de la percepción local	15
2.2 El aporte de la información	18
2.3 Comunicación y difusión de resultados	18
3 CONTEXTO HISTÓRICO DEL DESARROLLO HIDROELÉCTRICO	20
4 OBJETOS DE VALORACIÓN	28
4.1 Construcción	30
4.2 Resultados	31
4.2.1 OdV Fluviales	32
4.2.2 OdV Terrestres	37
4.2.3 OdV Sociales	40
4.2.4 OdV Culturales	43
4.2.5 OdV Productivos	46
4.2.6 OdV Fiordos	50
4.3 Recomendaciones	52
5 POTENCIAL HIDROELÉCTRICO	54
5.1 Métodos de estimación del potencial	55
5.2 Resultados	57

CONTENIDOS

5.3 Efectos del cambio climático sobre el potencial hidroeléctrico	60
5.3.1 Método	60
5.3.2 Resultados	62
6 EJERCICIOS DE MODELACIÓN	64
6.1 La energía como un asunto territorial	65
6.2 Descripción del mecanismo de modelación	66
6.3 Ejemplos	68
6.4 Alcances de los ejercicios de modelación	73
7 CONCLUSIONES	76
8 INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA	80
8.1 Referencias	81
8.2 Informes de estudios de cuencas	84
8.3 Sitios web recomendados	85
9 ANEXOS	86
9.1 Resumen de Objetos de Valoración	87
9.2 Siglas y acrónimos	99
9.3 Equipos de trabajo	101
9.3.1 Maule, Biobío, Toltén	101
9.3.2 Valdivia, Bueno, Puelo, Yelcho	102
9.3.3 Palena, Cisnes, Aysén, Baker, Pascua	102

1. INTRODUCCIÓN



Laguna Quillehue, Región de La Araucanía © Juan Cristóbal Hurtado (Banco Audiovisual SERNATUR).

La percepción de la sociedad respecto de la hidroelectricidad ha cambiado a lo largo del tiempo, pasando de asociar este desarrollo energético con progreso, desarrollo y calidad de vida, a tener un fuerte cuestionamiento sobre los impactos que generan sobre el ecosistema y los medios de vida en los territorios.

Para abordar la situación actual descrita, El Ministerio de Energía, a través de la Agenda de Energía (2014) propuso, entre otras cosas, elaborar un diagnóstico preliminar desde el punto de vista ambiental, social y económico de las cuencas hidrográficas del centro y del sur del país, lo que se concretó a través del primer estudio de cuencas. Luego, de la mano de los desafíos planteados en la Política Energética de Chile 2050 (Lineamiento 22), el **Ministerio se planteó el desafío de profundizar este análisis, de modo de contribuir con información ecológica, social, cultural, ambiental y económica a la planificación y gestión energética territorial**. Así se desarrolla el segundo estudio de cuencas, donde se han identificado los elementos que la sociedad valora en su territorio para 12 cuencas del país: Maule, Biobío, Toltén (zona centro), Valdivia, Bueno, Puelo, Yelcho (zona sur), Palena, Cisnes, Aysén, Baker y Pascua (Región de Aysén). En particular, el estudio para estas últimas cuencas también se convierte en un apoyo a la elaboración de la Hoja de Ruta para la Política Energética Regional de Aysén. Estos estudios de cuencas, liderados por la División de Desarrollo Sustentable, han trabajado con tres equipos multidisciplinarios de profesionales y expertos nacionales (ver Anexo 9.3).

1. El detalle de los ejercicios de estimación de costos de transmisión de la hidroelectricidad se encuentran disponibles en detalle en los informes finales correspondientes a los tres estudios de cuencas que dan origen a esta publicación (ver Capítulo 8.2).

En este estudio se ha identificado el potencial hidroeléctrico del territorio involucrado, a escala de sub-subcuenca y se plantean los efectos que distintos escenarios de cambio climático podrían tener sobre la generación futura. También se ha realizado un ejercicio de estimación de costos de asociados a la transmisión del potencial identificado, considerando los OdV como elementos que pueden restringir o hacer más costosas las inversiones en infraestructura de conexión y de transmisión¹.

Para las 12 cuencas involucradas en esta segunda fase, se han identificado 50 Objetos de Valoración que representan los elementos que la sociedad valora en su territorio

y que pueden considerarse como condicionantes de la hidroelectricidad, dado que podrían verse afectados por este tipo de desarrollo energético. También se ha construido un contexto territorial a escala de cuenca que, con una perspectiva histórica, permite conocer y entender los procesos sociales locales vinculados al desarrollo de la hidroelectricidad y los diferentes intereses que compiten por el uso del agua. Ello permite que los resultados de los Objetos de Valoración sean abordados con una perspectiva más amplia que su mera existencia y ubicación espacial.

Como una forma de integrar la información de potencial hidroeléctrico y de los Objetos de Valoración, como elementos condicionantes en los territorios, se propone una herramienta que combina la ubicación de ambas variables para identificar la forma en que interactúan bajo diferentes escenarios dados de desarrollo energético. Esto permite modelar un sinfín de escenarios posibles y ser un insumo de información valioso para apoyar los procesos de planificación energética local y la toma de decisiones asociadas a políticas, instrumentos e incentivos de desarrollo de los territorios. Los ejercicios de modelación no corresponden a decisiones tomadas ni a planificaciones rígidas de desarrollo energético, sino que sólo corresponden a una propuesta de análisis para apoyar la gestión territorial local.

Con el mismo objetivo, se ha realizado una revisión detallada de los instrumentos de planificación territorial con competencia energética en las cuencas de estudio, para identificar de qué forma se está abordando la temática de energía en ellos y cómo los productos de este estudio pueden vincularse y aportar en estos procesos.

Los distintos capítulos de este reporte de resultados están orientados a facilitar la comprensión general o estructural de los principales productos que se han generado, sin embargo, vale la pena tener en consideración que estos productos dialogan entre sí, gracias al trabajo coordinado entre los tres equipos que han desarrollado los estudios de cuencas y la División de Desarrollo Sustentable. Así, los principales aportes de la segunda fase del estudio de cuencas corresponden a: i) nueva y mejor información; ii) mejor entendimiento del territorio; y iii) apoyo a la toma de decisiones (ver Figura 1).

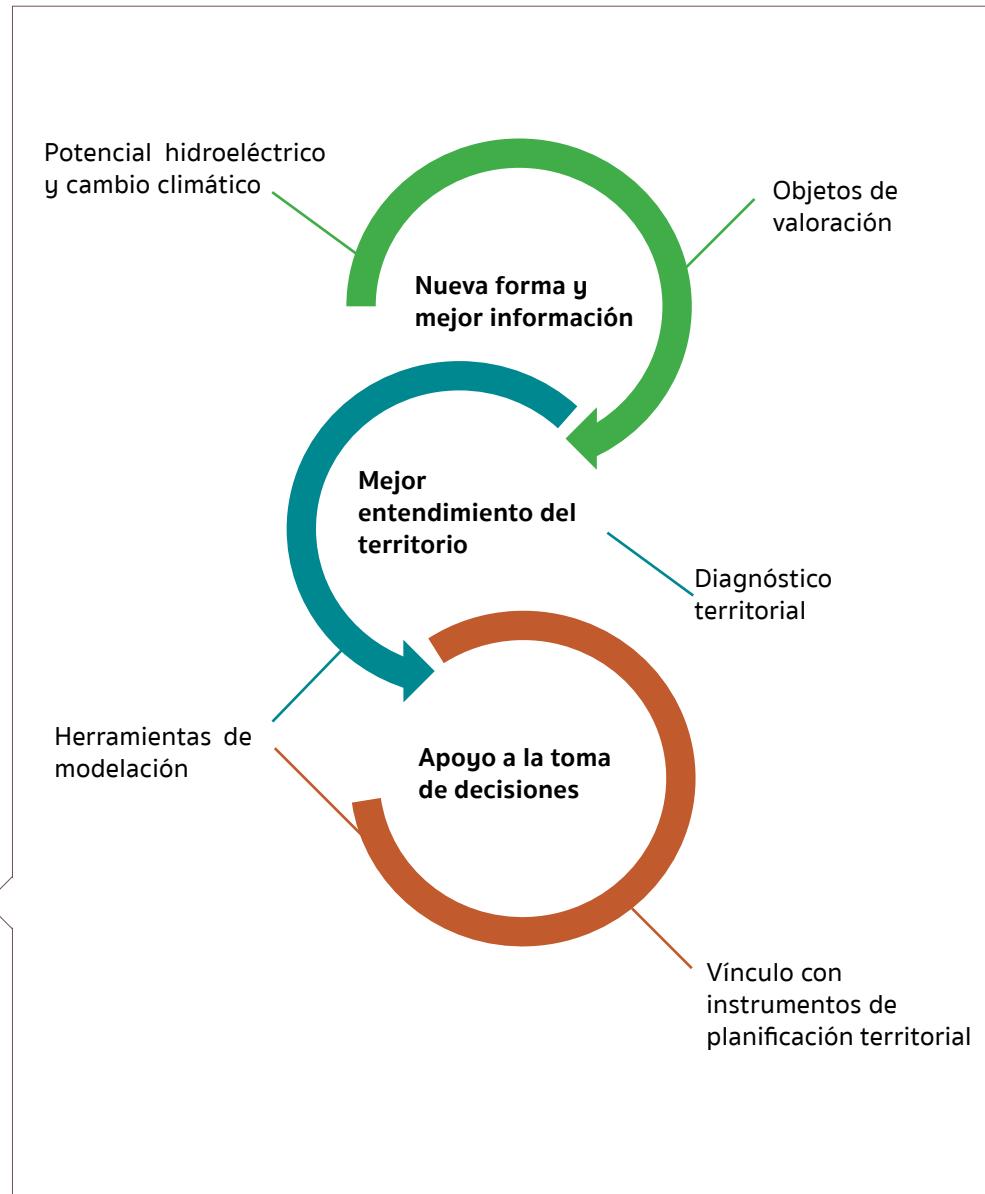


Figura 1.
Principales
productos de la
segunda fase
del estudio de
cuencas

*Fuente:
elaboración
propia.*

2. INCORPORANDO AL TERRITORIO EN EL PROCESO



Lago Neltume, Región de Los Ríos © Patricio Váñez Strange (Banco Audiovisual SERNATUR).

Uno de los aspectos cubiertos por el estudio de cuencas fue ampliar la cobertura de la información disponible para apoyar la toma de decisiones locales, considerando temas ecológicos o ambientales, sociales, culturales e históricos. El trabajo que se desarrolló en terreno, en las doce cuencas estudiadas, no se realizó únicamente para corroborar o tomar datos; fue muy importante en este proceso poder recoger la percepción y opiniones de las personas que habitan estos territorios, de modo que el estudio tuviese un adecuado respaldo basado en la participación de la ciudadanía, dentro de las posibilidades que ofrecían los recursos disponibles y de la disposición de las comunidades a ser parte de este proceso, algo que fue dispar dependiendo del territorio abordado, de su experiencia histórica y de las situaciones coyunturales en las que se veían involucrados.

2.1 EL VALOR DE LA PERCEPCIÓN LOCAL

Al inicio del estudio se desarrollaron seminarios y talleres con el fin de dar continuidad a las actividades realizadas en la fase anterior del mapeo de cuencas, y presentar los objetivos y alcances de la etapa actual. En algunas de estas instancias, también se realizaron jornadas de trabajo con los mismos asistentes. El foco de estas actividades fue aportar en la identificación de hitos históricos sobre desarrollo energético en las cuencas y que fueron considerados como motivo de progresos o de conflictos. Como recomendación desde la fase anterior, estos encuentros se programaron tratando de abordar tanto las zonas más pobladas de las cuencas como las zonas al interior de ellas. De esta forma, se realizaron seminarios de inicio en San Clemente, Los Ángeles, Nacimiento, Valdivia, Panguipulli, Lago Ranco, Puerto Montt, Futaleufú, Villa O'Higgins, Caleta Tortel, Cochrane, La Junta, Lago Verde, Coyhaique, Puerto Aysén y Puerto Cisnes.

Específicamente para la definición y ajuste de los objetos de valoración, se realizaron talleres de trabajo con especialistas de la academia, del mundo mapuche y del sector público, cuyos valiosos comentarios sobre los métodos y objetivos planteados fueron recogidos ajustando los métodos propuestos, complementando el análisis de los resultados obtenidos y como recomendaciones a futuro.



Con el fin de completar información sobre los Objetos de Valoración culturales, y la construcción de un diagnóstico territorial con perspectiva histórica, se realizaron diferentes actividades en terreno, de acuerdo a las metodologías planteadas por los equipos de trabajo. Para ello, se realizaron entrevistas con actores locales en Maule, Biobío y Toltén; entrevistas y reuniones de retroalimentación en las cuencas de Valdivia, Bueno y Yelcho; entrevistas en las cuencas de Palena, Cisnes, Aysén, Baker y Pascua y un taller de trabajo solicitado especialmente por la comunidad en Cochrane. La Figura 2 sintetiza este proceso. Las entrevistas incluyeron a ciudadanos particulares, autoridades de los municipios y gremios locales, autoridades tradicionales del pueblo mapuche y organizaciones sociales.

Finalmente, se realizaron seminarios de presentación de resultados en Talca, Concepción, Temuco, Valdivia, Panguipulli, La Unión, Puerto Montt, Futaleufú y Coyhaique, en estrecha coordinación con los equipos regionales del Ministerio de Energía.

Cada una de las instancias señaladas ha permitido enriquecer los resultados de este estudio. Se han podido identificar los efectos que tuvieron conflictos históricos en las cuencas, se han recogido opiniones a favor y en oposición al desarrollo de hidroelectricidad y han permitido afinar los resultados de los Objetos de Valoración, especialmente los que son de índole social y cultural. En algunas ocasiones, las comunidades prefirieron reservar esta opinión, al considerar que corresponde a información privada. En otras instancias, se encontró reticencia de los participantes por desconfianza en procesos de diálogo con el Estado. Estas situaciones también son recogidas como un aporte que permite dar un contexto histórico y realista donde situarse a la hora de tomar la información que se ha generado y utilizarla en apoyo a los procesos de planificación energética y toma de decisiones a escala local.

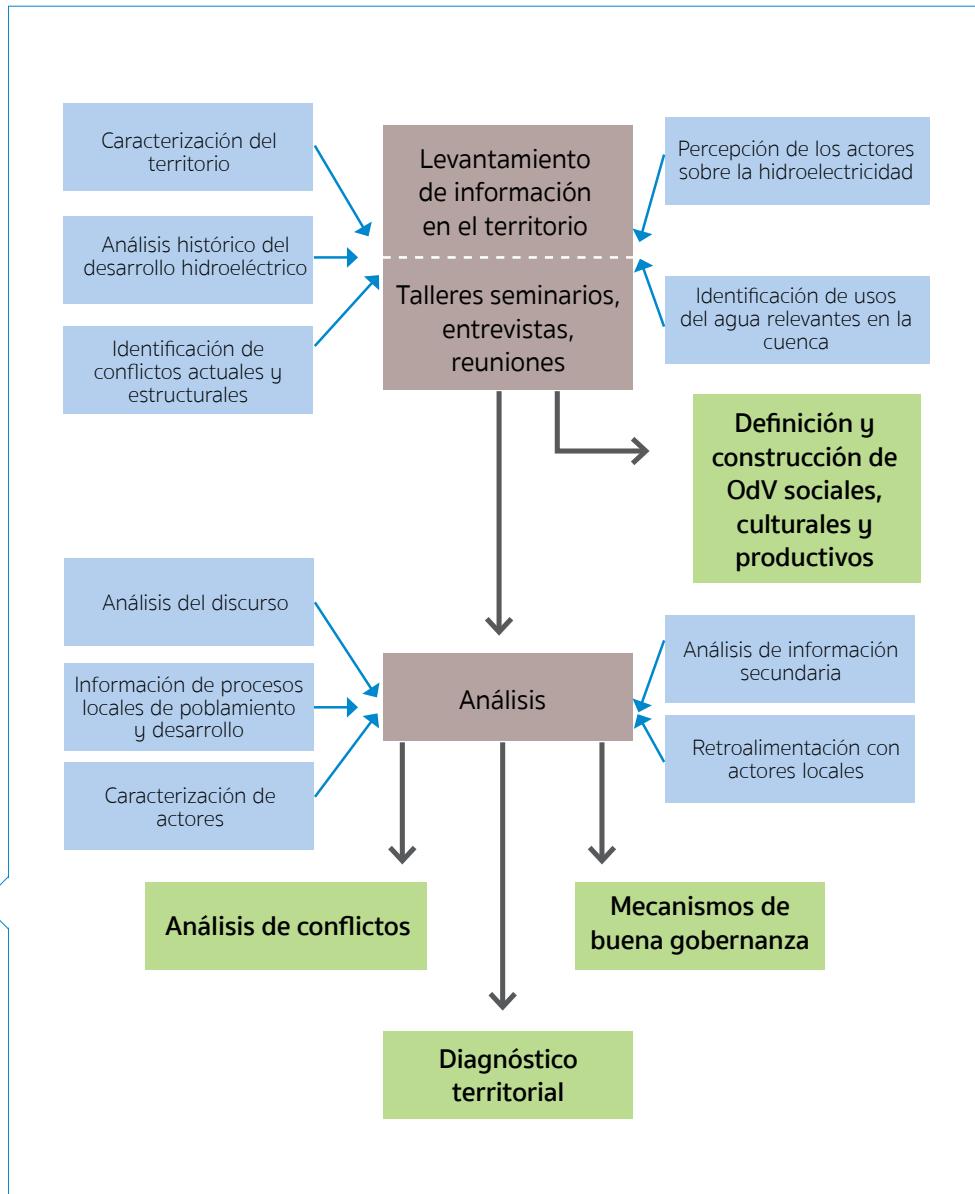


Figura 2.

Síntesis del proceso de comunicación, consulta y participación de las comunidades en el estudio de cuencas

*Fuente:
elaboración
propia.*

En las diferentes instancias descritas, han participado más de 900 personas entre las doce cuencas abordadas en el estudio. En la primera fase del mismo, se contó con la presencia de 400 personas más, lo que es reflejo de la ciudadanía desea ser un actor relevante, o el principal, de las decisiones que le conciernen día a día y que tocan sus actividades cotidianas y sus modos de vida. La percepción de cada una de estas personas está reflejada en diferentes capítulos del estudio, especialmente en la construcción de lo que se ha denominado “diagnóstico territorial”, que corresponde a una imagen ambiental, social e histórica sobre el desarrollo hidroeléctrico y energético en las cuencas y que permite comprender los demás resultados de este mapeo de cuencas en un contexto apropiado y particular para los diferentes territorios.

2.2 EL APORTE DE LA INFORMACIÓN

La información que se ha generado en este estudio ayuda a la conformación de bases de datos territoriales más robustas, tanto para fortalecer al sistema público como para quedar a disposición de otros usuarios interesados en acceder a ellas, ya sea con la información que se ha generado de datos puntuales, como aquello que se refiere a contextos generales del territorio a escala de sub-subcuenca. Esta información, expresada en los Objetos de Valoración (OdV), da cuenta de cuáles son los elementos que deben considerarse en un desarrollo hidroeléctrico para que éste pueda ser sostenible; de esa forma han sido considerados en el planteamiento de los ejercicios de modelación, pues al representar elementos condicionantes de la hidroelectricidad, reflejan los elementos que este desarrollo energético debe tener para ser considerado ambiental, social y culturalmente sustentable. Así, los OdV se transforman en elementos de sustentabilidad.

Tanto en el levantamiento y construcción de los Objetos de Valoración como en otras áreas del estudio, el trabajo coordinado de los tres equipos involucrados en el proceso ha sido de gran valor para que la información generada sea de una calidad que está a la altura del desafío planteado con el Mapeo de Cuencas. El trabajar con las más destacadas universidades y centros de investigación colaborativamente ve reflejado el esfuerzo en todos y cada uno de los productos que se generaron en este estudio. El detalle de los equipos de trabajo se encuentra en el Anexo 9.3.

2.3 COMUNICACIÓN Y DIFUSIÓN DE RESULTADOS

Los informes finales que sustentan este documento de difusión, para cada grupo de cuencas, se encuentran publicados en la página web del Ministerio de Energía, sección

2. Disponible en <http://www.energia.gob.cl/sustentabilidad>

Sustentabilidad². Sumado a ello, los *shapes* de cada Objeto de Valoración se encuentran disponibles en la plataforma de Hidroelectricidad Sustentable, sección Información Territorial, desde donde pueden visualizarse, por cuenca, tanto de a un OdV como por clase o visualizar varios OdV a la vez. Además, cada OdV en cada cuenca puede ser descargado en formato *shape*.

La plataforma Hidroelectricidad Sustentable es un recurso de difusión y comunicación que fue creado especialmente a partir de demandas de comunidades de acceder a la información que se estaba levantando en la primera fase del estudio de cuencas. A la fecha, se presentan los informe finales de cada estudio, los resúmenes de resultados de la primera y de la segunda fase, y la cartografía de Objetos de Valoración para su visualización y descarga en la sección de Información Territorial. Se accede a la plataforma en la dirección www.hidroelectricidadsustentable.gob.cl

www.hidroelectricidadsustentable.gob.cl

Figura 3.
Vista de inicio, plataforma Hidroelectricidad Sustentable

Fuente:
elaboración propia.



3. CONTEXTO HISTÓRICO DEL DESARROLLO HIDROELÉCTRICO

En el pasado, el desarrollo de la hidroelectricidad dependía principalmente del potencial hidroeléctrico natural de un territorio y de las necesidades de electrificación del país. Con el tiempo, tras cambios estructurales en la propiedad de los recursos naturales, en el rol del Estado en el tema energético, en la valorización del patrimonio ambiental y cultural, y en la revalorización de los pueblos originarios, la hidroelectricidad se ha visto enfrentada a diferentes actores que, muchas veces, tienen intereses contrapuestos con el desarrollo de este tipo de energías. Hoy no es posible pensar el desarrollo de esta fuente energética sin contar con la licencia social de las comunidades que habitan el territorio donde se proyecta una central hidroeléctrica. Con independencia del tamaño de un proyecto, las exigencias hacia la industria son cada vez mayores, buscando el respeto por sitios de significación cultural y espiritual, el cuidado del paisaje y la biodiversidad, y la compatibilización con otros usos productivos del agua. Por ello, se realizó un diagnóstico de la situación actual de la hidroelectricidad en las cuencas en estudio, con una perspectiva histórica que permita identificar elementos estructurales que condicionan la ocurrencia de conflictos en los territorios. Este contexto permite entender la identificación de objetos de valor en el territorio, y dar un marco adecuado para el análisis de los resultados de diferentes ejercicios de modelación.

Para construir este contexto se realizó una revisión bibliográfica utilizando: bases de datos e informes de servicios públicos o realizados con financiamiento público (como por ejemplo, la Dirección General de Aguas –DGA–, el Servicio Meteorológico de Chile, la Corporación Nacional Forestal –CONAF–, el Banco Mundial y diferentes ministerios, entre otros); documentos sobre la historia del desarrollo hidroeléctrico (Memoria Chilena, Biblioteca Nacional, Corporación Chilena de Fomento a la Producción –CORFO– y literatura especializada); prensa digital; y publicaciones nacionales e internacionales. Dicha información fue contrastada y complementada con la opinión de las comunidades, organismos y autoridades locales, a través de talleres, reuniones de trabajo y entrevistas. Casi mil personas fueron contactadas o participaron de estas instancias en las 12 cuencas contempladas en el estudio.



Izquierda

Central Abanico

Derecha

Central Cipreses,
Endesa, Zig-Zag.
1955.

Fuente:
Memoria Chilena,
Biblioteca
Nacional de
Chile.

La hidroelectricidad en Chile comenzó a desarrollarse de forma inorgánica y a partir del impulso de iniciativas privadas, siendo casos emblemáticos el de la central Chivilingo en Lota (1897) y el del embalse Sloman en el río Loa (1904), la primera represa usada en el país para generar energía hidroeléctrica (Villalobos, 1990). En 1936, un estudio de Reinaldo Harnecker (1936) calificaba a la electricidad como un artículo de primera necesidad y un servicio de extrema necesidad pública. El documento proponía un plan de desarrollo de 12 años que contemplaba la construcción inicial de centrales con sus líneas de transmisión en diversas zonas del país, abastecidas de forma independiente y el progresivo avance hacia la creación de un sistema interconectado. Siguiendo los planteamientos de Harnecker, la CORFO, creada en 1939, comenzó a diseñar la primera política eléctrica nacional. En 1943 se estableció en propiedad el Plan de Electrificación del país, que suponía la creación de centrales generadoras y líneas de distribución primaria para grandes bloques productivos, a través de CORFO. El mismo año se constituyó la Empresa Nacional de Electricidad S.A. (ENDESA) para ejecutar el plan con la flexibilidad comercial que exigía el desarrollo de dichos proyectos, lográndose desarrollar el Sistema Interconectado Central (SIC) y la construcción de varias centrales, como por ejemplo, Abanico (1948), Cipreses (1955) y Rapel (1968). La magnitud de las obras civiles y del desarrollo tecnológico de esta última inauguraron una etapa de construcción de proyectos de gran magnitud, complementado en décadas posteriores con las obras de las centrales El Toro (1973), Antuco (1981) y otras obras mayores como las de Colbún-Ma-chicura (1985), Pehuenche (1991), Pangue (1996) y Ralco (2004), hito de cierre de los grandes proyectos de represas hasta el momento.

En 1978 se creó la Comisión Nacional de Energía (CNE) con la finalidad de elaborar y coordinar los planes del sector eléctrico, antecedente directo de la Ley General de Servicios Eléctricos de 1982, que se constituyó en un marco legal fundamental para la generación de una nueva política eléctrica en el país, que buscaba separar al Estado del manejo la generación de hidroelectricidad, así como de otras áreas productivas y de servicios (Vergara, 2012). El rol del Estado fue, desde entonces, exclusivamente normativo y regulador, procediéndose al proceso de privatización del sector eléctrico, siendo la privatización de ENDESA, a contar de 1987, uno de los hitos más relevantes.

En 1994 se lanzó un Programa Nacional de Electrificación Rural, que fue coordinado por la CNE y que logró aumentar de forma significativa la cobertura eléctrica, especialmente en las zonas más críticas correspondientes a las regiones de Coquimbo, de la Araucanía y de Los Lagos. A mediados de la década de 1990 hubo un plan de diversificación de la matriz energética que buscó el aprovechamiento del gas argentino como combustible barato para la generación eléctrica, el que quedó truncado luego del corte del suministro de gas desde Argentina en 2004.

La década del 2000 al 2010 se caracterizó por la actualización de normativas de desarrollo eléctrico, destacando las leyes 19.940 de 2004 (Ley Corta) y 20.018 de 2005 (Ley Corta II), que vinieron a modificar la Ley General de Servicios Eléctricos de 1982 con el objetivo de regular aspectos relacionados con la transmisión de electricidad, estableciendo incentivos para empresas de generación no convencionales y proyectos más pequeños (2004) y estimulando nuevas inversiones de generación a través de licitaciones de suministro que fueran realizadas por empresas dedicadas a la distribución (2005). La década culminó con la creación del Ministerio de Energía en febrero de 2010, el que pasó a ser responsable de las políticas, planes y normas para el desarrollo eléctrico, incluyendo también el manejo de concesiones, las líneas de transmisión, las subestaciones y la distribución eléctrica. El Ministerio pasó, además, a controlar la Comisión Nacional de Energía, organismo técnico que se convirtió en el responsable del análisis de las tarifas, precios y normas técnicas, además del plan de obras.

Los cambios en las normativas se dieron en un contexto de desarrollo minero que obligaba a fomentar el sector energético. En 2006, el 33% del consumo eléctrico nacional venía del sector minero, el 28% del industrial y el 11% del comercial. Por su parte, sólo el 16% del consumo provenía del ámbito residencial. Lo anterior, en un contexto de aumento progresivo de las importaciones de gas y petróleo con las que se generaba, en 2005, poco más del 40% de la energía eléctrica del país (Comisión Nacional de Investiga-

ción Científica y Tecnológica, CONICYT, 2007). En el año 2012 se lanzó una política energética denominada Estrategia Nacional de Energía, ENE, que se apoyaba en tres pilares fundamentales: energía limpia, segura y económica, y buscaba acelerar la incorporación de las energías renovables no convencionales (ERNC) y potenciar el desarrollo hidroeléctrico, de modo de ir disminuyendo la participación de la generación termoeléctrica, apoyada en un crecimiento sostenido de la eficiencia energética, una mayor competitividad en el mercado eléctrico y la proyección de una carretera eléctrica de carácter público, como eje estructurador del Sistema Interconectado.

A partir del 2014 el accionar público en materia de energía se delineó a través de la Agenda de Energía y uno de sus compromisos fue la creación de una política de largo plazo, que fue lanzada en diciembre de 2015 por el Ministerio de Energía: “Energía 2050 – Política Energética de Chile”, que consideró, en su elaboración, un inédito proceso de participación ciudadana a escala nacional, y que propone un desarrollo energético al año 2050 que sea confiable, sostenible, inclusivo y competitivo, y cuyas medidas y metas se estructuran en cuatro pilares: 1) Seguridad y calidad de suministro; 2) Energía como motor de desarrollo; 3) Energía compatible con el medio ambiente; y 4) Eficiencia y educación energética.

Como se ha visto, el desarrollo hidroeléctrico en el país ha pasado por diferentes etapas y ha experimentado cambios significativos en las últimas décadas. En el pasado, la construcción de una central era símbolo de progreso nacional, y una iniciativa bienvenida localmente, por las oportunidades de desarrollo que significaban para las comunidades locales en términos de empleo y de acceso a electrificación, educación y salud. Sin embargo, y a medida que la demanda eléctrica nacional ha ido siendo cubierta, los proyectos de generación y transmisión de energía no son percibidos de la misma forma por la ciudadanía, especialmente desde la década de 1990, que se inicia en el país un fenómeno de crecientes conflictos que confronta a la ciudadanía con la industria hidroeléctrica, lo que sumado al establecimiento de regulaciones ambientales y a los compromisos adquiridos por el país ante la comunidad internacional en relación a la protección ambiental y de los pueblos originarios, ha implicado que el proceso de diseño e implementación de proyectos hidroeléctricos sea mucho más complejo y exigente para la empresa privada y los servicios públicos con competencia en el tema, ya no sólo en el manejo del capital, la tecnología y los aspectos legales, sino también en la capacidad de relacionarse con los territorios donde se establecerán los proyectos. Esta nueva complejidad ha significado, en algunas ocasiones, retrasos importantes en los planes de inversión originales e incluso el desistimiento de proyectos. Aunque esta situación es generalizada en casi todo el territorio nacional, en las cuencas de este estudio toma especial importancia por tratarse de las

zonas de mayor potencial hidroeléctrico del país y donde los potenciales hidroeléctricos pueden coincidir con espacios naturales reconocidos como de alto valor, tanto por sus paisajes como por su riqueza biológica y donde, además, los pueblos originarios y sus intereses están fuertemente representados.

Los conflictos que se dan en torno a la hidroelectricidad tienen que ver con diferencias de intereses en cuanto al uso de un espacio o de los recursos naturales de dicho territorio entre los habitantes locales y la generación de energía (por ejemplo, turismo, agricultura, acuicultura, ganadería, usos tradicionales, usos recreativos). Una categorización propuesta para entender los conflictos se refiere a: conflictos ambientales (cuando el interés en contraposición al energético es el cuidado de la biodiversidad, o los efectos sobre los modos de vida tradicionales de una comunidad y de los pueblos originarios); conflictos por el uso de la tierra (por ejemplo, el turismo objeta que las modificaciones que puede hacer un proyecto hidroeléctrico sobre el ambiente pueden deteriorar la belleza escénica y la forma en que las personas que visitan esos espacios los perciben, especialmente en lo relativo a su grado de naturalidad y el acceso a zonas de interés); conflictos territoriales (responden a la forma en que las personas establecen una relación con el espacio (Folchi, 2001), determinando los intereses que tienen sobre él, y no necesariamente se limitan a la residencia, propiedad o dependencia de los recursos naturales que allí existen, sino que tiene un componente psicológico, social y cultural (Aliste, 2010, Bowen *et al.*, 2012)); y conflictos de autodeterminación (que ocurren cuando los actores y comunidades locales, en sus diversos niveles como comuna, pueblos originarios y organizaciones funcionales, por nombrar algunos ejemplos, no se sienten vinculados con las necesidades a nivel país que ofrece suplir un proyecto hidroeléctrico, con lo que se origina un estado de autodeterminación o de libre determinación³).

- 3.** Esto es descrito por las Naciones Unidas en el Pacto Internacional de Derechos Civiles e Internacionales de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (Artículo I), como un derecho que los pueblos tienen a la libre determinación para establecer su condición política y proveerse a sí mismos para su desarrollo económico, social y cultural; también se consigna en dicho artículo el deber de los Estados de promover el derecho a la libre determinación.

La relación entre un espacio geográfico y las personas es lo que lo que transforma dicho espacio en territorio. El territorio de un grupo o comunidad se corresponde con la idea compartida acerca de la importancia que tiene el espacio, material y simbólicamente. Por ello, esta idea compartida define para una comunidad o grupo, quién tiene el legítimo derecho de realizar una transformación del espacio y de qué forma pueden hacerlo, sin que necesariamente esto dependa o esté ligado a la idea de propiedad, pues al transformar un espacio, se transforma también la relación que existe entre las personas y dicho espacio. Esto permite comprender que una misma intervención en dos lugares distintos puede tener diferentes reacciones de los actores locales, y que un proyecto hidroeléctrico genere el interés o la acción de grupos que, aparentemente, no se encuentran dentro de lo que se define como área de influencia de un proyecto en los procesos de evaluación de

impactos ambientales, y se ha visto, de acuerdo a Romero *et al.* (2009), que los actores que se oponen a un proyecto hidroeléctrico rara vez se restringen a personas relacionadas directamente con el proyecto. Esta definición de territorio también ayuda a entender la formación de alianzas entre diferentes grupos de interés (por ejemplo, turismo y acuicultura) que en otras instancias tienen posiciones contrapuestas o antagonistas. El actuar de las personas no responde a un conjunto finito, reconocible y estable de causas, sino que es el resultado de motivaciones y creencias que se construyen y reconstruyen de forma dinámica en la vida cotidiana y naturalmente en el transcurso del propio conflicto (Stamm y Aliste, 2014).

La potencial amenaza que supondría el desarrollo de proyectos hidroeléctricos sobre el medio ambiente, los modos de vida de los pueblos originarios, y la competencia del uso del agua y la tierra con otros usos productivos (como la ganadería, la agricultura y el turismo), es reconocible dentro de los principales argumentos de la ciudadanía en su oposición a proyectos hidroeléctricos, algo que se refuerza también por el desarrollo poblacional y productivo histórico de estas cuencas. Por nombrar algunos ejemplos, en la cuenca del Maule se tiene un importante desarrollo agrícola y su competencia por el uso del agua se ha visto reflejada en los asuntos que aún no se resuelven totalmente entre regantes y ENDESA (hoy ENEL Generación), por el uso de aguas de la laguna del Maule. En las cuencas del Puelo y del Yelcho, la oposición a la hidroelectricidad indica que perjudicaría el desarrollo turístico, valor cultural y productivo de esas zonas, y afectaría a especies nativas que ya se encuentran bajo algún grado de amenaza. En otras cuencas, como Valdivia, Bueno y Toltén, las comunidades de pueblos originarios se oponen a las actividades extractivas donde no hay respeto por sus creencias y el territorio en que se desenvuelven. Hacia el extremo sur, el turismo y la ganadería que caracterizan a las cuencas de la Región de Aysén son actividades valoradas por sus habitantes y una parte importante de la población rechaza la instalación de grandes centrales hidroeléctricas en su territorio para, según indican, llevarla al centro y norte del país. Sin embargo, también existe la población que considera que es un uso adecuado de los recursos naturales del país, considerando que es una tecnología limpia, de suministro estable y que puede ayudar a solucionar problemas como el alto costo de la energía, la electrificación en zonas aisladas, o la contaminación que se produce en centros urbanos por usar otras fuentes de energía para calefacción.

Así, con independencia de cuáles sean los intereses en contraposición o la zona donde se busca emplazar un proyecto hidroeléctrico, es importante comprender los efectos que esto produce y que los conflictos son una manifestación de lo complejas que son las rela-

ciones sociales. Los correspondientes informes de los estudios en las diferentes cuencas, disponibles en el sitio web del Ministerio de Energía y en la Plataforma de Hidroelectricidad Sustentable, presentan mayor detalle sobre el tema y sobre algunos conflictos estructurales que se han estudiado en cada cuenca.

El análisis de los conflictos ocurridos en el pasado y que están vigentes o latentes en la actualidad, ofrece una oportunidad para acercarse a la comprensión de los procesos que, de una u otra forma, inciden en que los proyectos hidroeléctricos sean o no validados por la comunidad. Este capítulo buscó ayudar a comprender los conflictos que se han dado o que existen actualmente en los territorios, pero no pretendió realizar ningún tipo de juicio de valor o validación de la legitimidad de los mismos o de los actores que los sostienen.



Río Palena, Raúl Marín Batmaceda, Región de Aysén © María José Marillao.

4. OBJETOS DE VALORACIÓN



Río Emperador Guillermo, Región de Aysén © Carlos Olivares.

Uno de los objetivos centrales del estudio fue identificar y analizar elementos del territorio que son de valor para la sociedad y que pudieran verse afectados por un desarrollo hidroeléctrico. Durante la primera etapa del estudio de cuencas (Ministerio de Energía, 2015a) se propuso trabajar con el concepto de **Objetos de Valoración** (OdV) y se realizó un levantamiento de los diferentes elementos identificados a partir de la información disponible. En esta segunda etapa del estudio, se avanzó en completar las brechas de información pendientes para un levantamiento de los OdV más completo, realizándose un ajuste de las definiciones y metodologías a utilizar para las distintas clases, proponiendo nuevas categorías y objetos.

El concepto de Objetos de Valoración se inspira en metodologías internacionales para la identificación de elementos de conservación (Altos Valores de Conservación o *High Conservation Values* (Brown *et al.*, 2013)) y su rango conceptual fue ampliado en este estudio, incluyendo, por ejemplo, elementos de índole productiva. De esta forma, los Objetos de Valoración se han definido como “variables de distinta naturaleza que se consideran particularmente especiales y que pueden o no tener un nivel de protección o tutela por parte del Estado”. En este estudio se han considerado valores biológicos, ecológicos, sociales, culturales y productivos, agrupados en diferentes clases.

Los Objetos de Valoración permiten:



Contar con la mejor información sobre temas ambientales, sociales, culturales y productivos.



Entender estos fenómenos con una expresión espacial.



Analizar la información con mayor detalle, complementado por los resultados del diagnóstico territorial.

Figura 4.
Posibilidades que brindan los Objetos de Valoración

Fuente:
elaboración propia.

4.1 CONSTRUCCIÓN

Siguiendo la metodología de Brown *et al.* (2013), se definieron seis clases de OdV, una de las cuales fue creada especialmente para representar la relevancia ecosistémica de los fiordos en las cuencas de la Región de Aysén. El Anexo 9.1 presenta el listado definitivo de OdV levantados en este estudio, junto a los grupos de cuencas donde estos fueron levantados, que son tres: **zona centro (cuencas del Maule, Biobío y Toltén); zona sur (cuencas del Valdivia, Bueno, Puelo y Yelcho); y Aysén (cuencas del Palena, Baker, Aysén, Cisnes y Pascua).** La Región de Aysén posee características físicas, ecológicas y socioculturales diferentes a las de las demás cuencas, por lo que sus OdV se ajustaron para respetar dichas especificidades. En suma, para las 12 cuencas en estudio, se construyeron y levantaron 50 Objetos de Valoración.

4. En la construcción de los OdV se consideraron como fuentes de información: aquella que ha sido construida con recursos públicos (parcial, o totalmente); la que es proporcionada directamente por comunidades y autoridades locales; la que es levantada por los equipos consultores de los distintos estudios, tanto en terreno como a través de modelaciones; y la que aparece en publicaciones indexadas.

La definición de cada OdV permite identificar lo que se busca valorar y el tipo de información ideal que se requiere para construirlo, así como los métodos más adecuados para ello. Sin embargo, en ocasiones dicha información no está disponible⁴, ya sea porque no se han desarrollado los catastros correspondientes, porque las bases de datos oficiales se encuentran desactualizadas o porque quienes tienen la información no necesariamente desean compartirla, como ocurre, por ejemplo, con algunos tipos de información de índole cultural. Cuando la información directa para construir el OdV no estuvo disponible, se utilizaron medios de aproximación o *proxies* para construirlo. Por ejemplo, la información de Áreas de Desarrollo Indígena (ADI) corresponde a las áreas definidas por la Corporación Nacional de Desarrollo Indígena (CONADI), y su versión actualizada se encuentra disponible, por lo que el OdV respectivo se puede construir directamente con dicha información; en tanto, para los OdV de especies endémicas, sólo se tiene información parcial sobre la presencia de cada especie en cada cuenca (pues no todos los ecosistemas del país han sido estudiados con el nivel de detalle requerido), por lo cual se utiliza como proxy el resultado de modelos de nicho que, en función de las características físicas y climáticas de un lugar y de la información existente de presencia de especies en otros sitios con características similares, entrega una probabilidad de que ciertas especies se encuentren en dichos lugares.

La construcción de cada Objeto de Valoración utilizó una metodología específica para poder representarlo de la mejor manera posible, con la mejor información disponible en dicho momento. Algunos OdV que comparten la misma definición fueron levantados o construidos con metodologías diferentes, para adecuarse a la realidad de cada cuenca en estudio. Sin embargo, algunas metodologías comunes fueron aplicadas a grupos de OdV. Por ejemplo, en varios OdV fluviales y terrestres se utilizaron modelos de nicho para modelar la probabilidad de existencia de una especie de interés de flora o fauna, acuática o terrestre; o se analizaron imágenes satelitales para la identificación de las características de los tramos fluviales. La identificación de los tramos también permitió hacer el cruce de información de bases de datos y definir los sitios más apropiados para tomar datos en terreno.

4.2 RESULTADOS

Los OdV se presentan a escala de sub-subcuenca, la que había sido definida, previamente, como la escala más apropiada para entregar los resultados a un nivel de detalle compatible con la envergadura del estudio, de alcance nacional. Los resultados muestran siempre la presencia relativa de los OdV en las cuencas, es decir, el grado en que fueron identificados, con respecto a la realidad de cada cuenca. De esta forma, en las

cuenca de la zona centro y sur, y en la mayoría de las cuencas de Aysén, los OdV se presentan en categorías “Alto”, “Medio” y “Bajo” dependiendo de la presencia detectada de cada OdV, con la metodología utilizada, dentro de la cuenca. Así, por ejemplo, para un OdV dado, los valores o umbrales que determinan que tenga un resultado “Alto” en una sub-subcuenca del Biobío, no serán necesariamente iguales a los umbrales que determinan el mismo resultado “Alto” en la cuenca del Puelo. Esta decisión permite identificar tendencias en cuanto a similitudes y diferencias entre cuencas, respecto de la distribución de presencia relativa de un OdV, y también permite comparar resultados al interior de cada cuenca de forma individual. Sin embargo, el objetivo de ello no es la comparación de resultados entre cuencas, sino la posibilidad de tener una mirada global sobre todas las cuencas, que permita la identificación de realidades similares o distintas, a escala gruesa.

A continuación se presenta un ejemplo de OdV para cada una de las seis clases definidas, indicándose el nombre del Objeto, su definición, la metodología utilizada para construirlo, los resultados obtenidos y un análisis de los mismos. El listado completo de los Objetivos de Valoración se encuentra en el Anexo 9.1. Los resultados detallados de cada OdV levantado en cada cuenca se encuentran en los informes finales respectivos que originan esta publicación (ver Capítulo 8.2) y los mapas de OdV pueden visualizarse (o descargarse en formato *shape*) en la Plataforma de Hidroelectricidad Sustentable.

4.2.1 OdV Fluviales

Dentro de esta clase se incluyen los elementos que, dentro de su naturaleza, interactúan, se conforman o requieren de la red hidrográfica como elemento fundamental de su constitución, es decir, tienen relación con el cauce del río, o la variable que lo define existe en el mismo cauce del río, en su franja ribereña o en su planicie de inundación. Estos Objetos fueron ajustados respecto de la primera fase del estudio de cuencas (Ministerio de Energía, 2015a) y se agregaron nuevos OdV que no habían sido contemplados previamente, considerando, por ejemplo, cuerpos lacustres y glaciares. Para las 12 cuencas en estudio se levantaron 14 OdV Fluviales (ver Anexo 9.1).

Dos OdV fluviales se definieron desde un principio a escala de sub-subcuenca y corresponden a los OdV Régimen de sedimentos no alterado y al OdV Glaciares. Un segundo grupo de OdV fluviales fue evaluado a escala de tramo, aunque todos los resultados se expresan a escala de sub-subcuenca, que es la unidad de trabajo del estudio. Así, para la

5. Una excepción la constituye la cuenca del Biobío, que tiene una mayor cantidad de puntos de muestreo registrados (sobre 700, versus los 58 que existen, por ejemplo, para el Toltén).

6. Se utilizaron modelos de ecología de nichos, que permiten generar mapas de distribución de especies a través de una interpretación matemática de las variables ambientales bajo las que se han registrado previamente sus presencias (Guisan & Zimmermann, 2000). Las ventajas de estos modelos son diversas, por ejemplo: presentan información sobre ocurrencias en lugares que no han sido estudiados, permiten una mejor capacidad de interpretación de patrones espaciales a nivel biogeográfico y contribuyen en la planificación de esfuerzos de conservación de especies, generando información respecto de potenciales presencias de especies con escasos registros e investigación (Cayuela et al., 2009).

mayoría de los OdV, la metodología general comenzó con la identificación visual de tramos de río, trabajando con las imágenes satelitales más actuales disponibles en *Google Earth*. Para las 12 cuencas en estudio se identificaron 8.400 tramos fluviales y se completó, para cada tramo, un fichero con más de 60 campos de información que incluyen morfología, ubicación e intervenciones en el tramo (por ejemplo, presencia de bocatomas, puentes, islas fluviales y actividades en cada orilla del río, entre otros). Los tramos de río se definieron por homogeneidad morfológica (de acuerdo del confinamiento del tramo, según Rinaldi et al. (2013)) o por la presencia de discontinuidades relevantes, como presencia de obras mayores o por cambio de orden del río. Los datos adquiridos en el fichero se corroboraron mediante salidas a terreno. En terreno se usó una versión modificada del mismo fichero, para verificar y corregir la información recogida desde el análisis de las imágenes satelitales.

Un tercer grupo de OdV se relaciona con fauna íctica. Estos se construyeron a partir de los datos de peces del Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA) y del Ministerio del Medio Ambiente (MMA), los que, a su vez, fueron construidos con colaboradores del mundo científico, cuyos datos (presencia y tipología de peces) están concentrados en ciertas sub-subcuencas y ciertos tramos⁵, para lo cual se extendieron las mediciones disponibles a todos los tramos de las SSC, lo que se realizó desarrollando relaciones estadísticas⁶ entre proxies de variables hidrológicas, topográficas, climáticas, biológicas y de uso del suelo en ambiente SIG. Las relaciones estadísticas significativas para la predicción de la presencia de ciertas especies en una SSC ayudaron a generar probabilidades de presencia de caracteres físicos asociados a dichas presencias en las SSC con pocas o nulas mediciones. Junto con los datos de geomorfología obtenidos de los ficheros, además de información de uso de suelo, precipitaciones y topografía, se construyeron modelos de nicho. Los modelos fueron ajustados en sus variables físicas y antrópicas para cada especie, en forma de probabilidad de presencia de cierta especie (valores que van desde 0, nula probabilidad, hasta 1, que representa 100% de probabilidad). Luego, se realizaron trabajos en terreno a tramos específicos que fueron seleccionados en función de diferencias entre información existente y atributos visibles desde fotos aéreas (por ejemplo, ubicación de obras), donde hubiera accesibilidad al tramo, con los mayores valores de potencial hidroeléctrico, y buscando una buena distribución espacial (por ejemplo, algunos en cabeceras y algunos en zonas de baja pendiente). En cada tramo visitado se tomaron datos puntuales de temperatura, conductividad y turbidez, y se realizaron muestreos de pesca eléctrica y de macroinvertebrados para poder corroborar y extender la información de las bases de datos oficiales de peces mencionadas previamente. Se tomaron datos de peces en

más de 70 puntos en diferentes cuencas⁷ (Figura 5). Las comunidades de peces en Chile continental se caracterizan por tener, relativamente, bajas abundancias, baja diversidad y alta presencia de endemismos (e.g. Vila & Habit, 2015), con abundante presencia de especies exóticas (Iriarte *et al.*, 2005) de gran impacto sobre las especies nativas, ya sea por depredación (Pardo *et al.*, 2009) o por competición (Penaluna *et al.*, 2009). Por estas razones hay un OdV específico para las especies dulciacuícolas en peligro, vulnerables, insuficientemente conocidas o raras (OdV F.1), uno para las especies endémicas (OdV F.2) y uno focalizado en la presencia y abundancia relativa de especies exóticas (OdV F.11).



Figura 5. Muestreo de peces en cuencas de la zona centro (Maule, Biobío y Toltén)
Fuente: informe final estudio de cuencas, grupo: Maule, Biobío y Toltén.

7. Tanto en la cuenca del Biobío como en las cinco cuencas de la Región de Aysén, la información previa sobre peces fue considerada suficiente para no realizar muestreos (en el segundo caso, los consultores disponían de una amplia bases de datos propia). Así, los datos de peces tomados en terreno se realizaron en Maule, Toltén, Valdivia, Bueno, Puelo y Yelcho.

- 8.** Para algunas cuencas, habiendo disponibilidad de información, se consideraron también otros grupos de especies fluviales, como malacostracos (pancoras) y mamíferos (como el huillín).

A modo de ejemplo, se muestra el OdV **F.1 Especies fluviales en categoría de amenaza**, que se define como existencia de tramos de ríos con probabilidad de presencia de, al menos, una especie fluvial que el MMA considere en categoría de amenaza. Se utilizaron tanto las bases de datos oficiales de peces⁸ como los datos obtenidos a través de pesca eléctrica para estimar la probabilidad de encontrar alguna de ellas en los tramos de río. Operativamente, se consideró que existen especies en categoría de amenaza en un tramo de río si la probabilidad estimada de que, al menos, una especie estuviera presente, fuera mayor al 50%. Luego de identificar el OdV a nivel de tramo, se representó a escala de SSC clasificando los resultados en tres categorías (Alta, Media y Baja presencia relativa), de acuerdo al porcentaje de tramos de la SSC con presencia de dicho OdV. Los terciles de la distribución corresponden a los límites de los rangos de estas categorías.

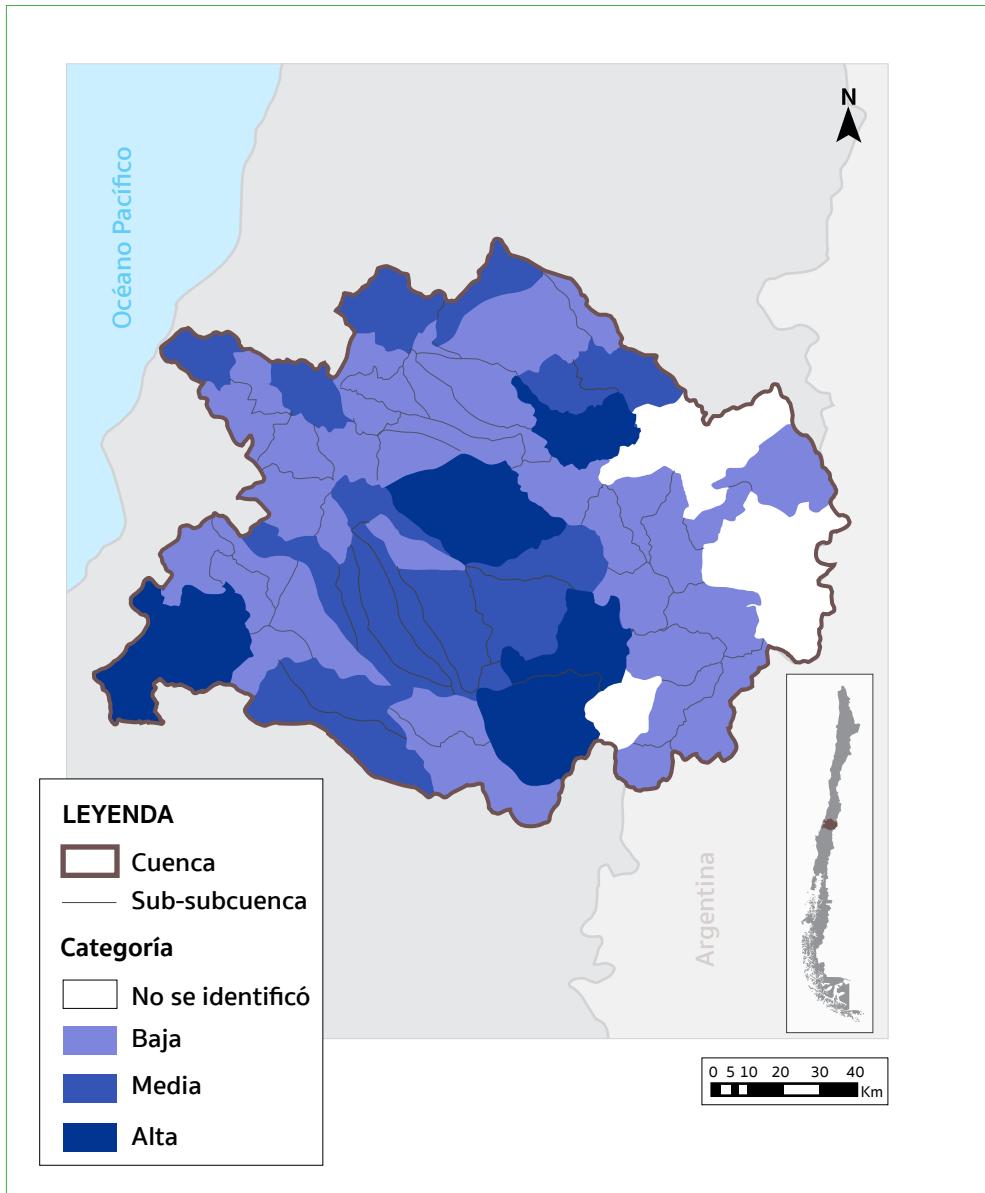
Como ejemplo de los resultados se presenta el OdV para la cuenca del Maule, donde se identificó la presencia de especies en categoría de amenaza en todas las SSC, pero sin que se evidencie un patrón claro que explique la distribución de los resultados. La Tabla 1 muestra los valores resultantes para cada rango en la representación del OdV y la Figura 6 muestra la distribución del OdV a escala de sub-subcuenca para la cuenca del Maule.

Tabla 1.

Rangos de categorías para el OdV Especies fluviales en categoría de amenaza, para la cuenca del Maule

RANGO	VARIABLE: Presencia relativa de especies fluviales en categoría de amenaza, de acuerdo a porcentaje de tramos donde se identifica esta presencia
Baja	1 – 13
Media	13 – 24
Alta	> 24

Fuente: informe final estudio de cuencas, grupo: Maule, Biobío y Toltén.



Vale mencionar que la distribución de resultados en tres categorías hace referencia a la presencia relativa del fenómeno que se está midiendo, respecto de cada cuenca y no deben realizarse otras interpretaciones respecto de estos resultados. El método de estimación ideal sería medir efectivamente en terreno y en todos los tramos, la presencia y abundancia de cada una de las especies en categoría de amenaza categorizadas por el MMA, tarea que escapa a los objetivos del estudio y de los recursos, tiempo y especialistas disponibles. De esta forma, se considera que la metodología aplicada es una buena aproximación, ya que utiliza variables físicas junto a información de terreno histórica y datos nuevos para lugares poco explorados previamente. Para futuras actualizaciones del OdV se ha sugerido implementar medidas que aumenten la base de datos, considerando más puntos de muestreo y múltiples mediciones a lo largo de un año.

4.2.2 OdV Terrestres

Los OdV Terrestres corresponden a elementos que, dentro de su naturaleza, interactúan, se conforman o requieren de un componente principalmente terrestre, o que no calzan en la categoría fluvial. Se asocian a las categorías de la metodología de Altos Valores de Conservación (Brown *et al.*, 2013) relacionadas principalmente con la identificación de condiciones de pristinidad de comunidades terrestres o de ecosistemas amenazados. En algunos casos, son variables que presentan una componente asociada a ambientes acuáticos, pero no una conexión a la red hidrográfica evidente, o bien tienen condiciones mixtas entre terrestres y acuáticos, como los humedales, pero han sido clasificados bajo esta clase para conseguir un ordenamiento más orgánico e intuitivo. Para el levantamiento de estos OdV se han incorporado fuentes de información actualizadas y mejoras metodológicas respecto de la primera etapa del estudio, por ejemplo, se utilizaron modelos de distribución de especies desarrollados para el Ministerio del Medio Ambiente (Marquet *et al.*, 2010), que sirvieron para completar o complementar la información oficial disponible

Para las 12 cuencas analizadas en esta fase se definieron 12 OdV Terrestres (ver Anexo 9.1) que reflejan la presencia de especies endémicas y especies en categorías de conservación, hábitats relevantes para especies, áreas con poca intervención humana, fragmentación de paisajes naturales, presencia de especies exóticas, ecosistemas particulares o amenazados, servicios ecosistémicos como la protección contra la erosión y representación de ecosistemas prístinos de gran extensión, tanto en figuras públicas como privadas de protección o de interés de conservación. Respecto de áreas prote-

gidas, por su extensión y características legales, se dividieron en tres OdV diferentes: parques nacionales; otras figuras del SNASPE y bienes nacionales protegidos; y sitios prioritarios de conservación junto a áreas privadas. En este apartado se muestra, a modo de ejemplo, el OdV **T.10 Parques Nacionales** para la cuenca del Yelcho.

Los parques nacionales se definen como “un área generalmente extensa, donde existen diversos ambientes únicos o representativos de la diversidad biológica natural del país, no alterada significativamente por la acción humana, capaces de autopropulsarse y en que las especies de flora y fauna o las formaciones geológicas, son de especial interés educativo, científico o recreativo. Los objetivos de un Parque son la preservación de muestras de ambientes naturales, de rasgos culturales y escénicos asociados a ellos; la continuidad de los procesos evolutivos, y en la medida compatible con lo anterior, la realización de actividades de educación, investigación y recreación” (CONAF, 2016). Los proyectos de generación hidroeléctrica podrían deteriorar la calidad de un parque en dos instancias: al instalarse en la frontera del mismo o trazando el tendido eléctrico de la central de generación a través de él. En el primer caso el impacto presenta mayor factibilidad que el segundo y dificultaría el cumplimiento del objetivo del parque nacional, pero el segundo parece ser poco factible pues, legalmente, los parques nacionales no debieran ser intervenidos. Con independencia de esto, la relevancia de los parques debe ser estudiada por el valor que representan para la sociedad. La definición de este OdV corresponde a la presencia de Parques Nacionales a escala de SSC.

Para construir el OdV se generó una cartografía de superficie de parques nacionales por SSC. Debido a la gran cantidad de SSC que presentaron un valor 0 de superficie de parques, los rangos de presencia Baja, Media y Alta se propusieron considerando las Metas de Aichi⁹ de conservación.

La Tabla 2 muestra los resultados de rangos obtenidos para el OdV T.10 Parques nacionales en la cuenca del Yelcho y la Figura 7 muestra la cartografía que expresa dichos resultados. Ésta es una cuenca de menor superficie que otras involucradas en el estudio y, por ello, tiene un menor número de SSC, por lo que los resultados en categorías resultan más visibles que en otras cuencas. En este caso, la presencia del Parque Nacional Corcovado resalta en la SSC marcado de color más oscuro, mientras que las SSC donde no existen parques se reflejan en la categoría de Baja presencia relativa.

9. Chile adscribe el Convenio sobre la Diversidad Biológica, que impulsa las Metas de Aichi, cuya misión es “tomar medidas efectivas y urgentes para detener la pérdida de diversidad biológica a fin de asegurar que, para 2020, los ecosistemas sean resilientes y sigan suministrando servicios esenciales, asegurando de este modo la variedad de la vida del planeta y contribuyendo al bienestar humano y a la erradicación de la pobreza” (CDB y PNUMA, s/a.). En dicho contexto, se impulsa que cada país proteja, al menos, el 17% de sus ecosistemas terrestres.

Tabla 2.

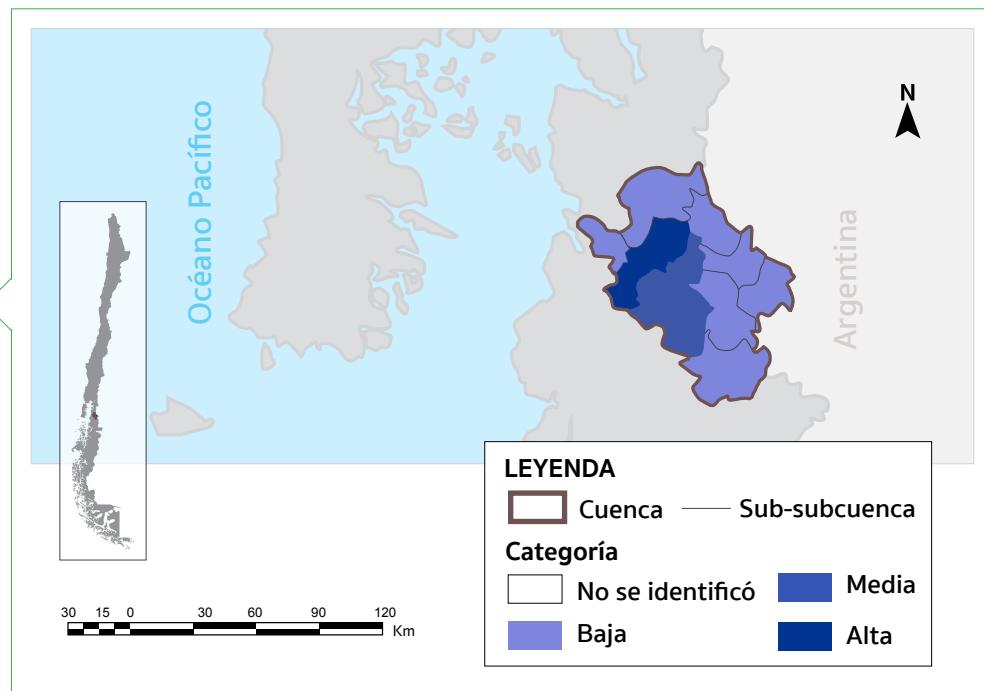
Rangos de categorías para el OdV T.10 Parques Nacionales, para la cuenca del Yelcho

RANGO	VARIABLE: Porcentaje de superficie cubierta por parques nacionales, a escala de sub-subcuenca
Baja	0%
Media	>0% – 20%
Alta	>20%

Fuente: informe final estudio de cuencas, grupo: Valdivia, Bueno, Puelo y Yelcho.

Figura 7.
Resultados
del OdV T.10
Parques
Nacionales, para
la cuenca del
Yelcho

Fuente: informe
final estudio de
cuencas, grupo:
Valdivia, Bueno,
Puelo y Yelcho.



Al igual que en los demás OdV, lo que se representa en la cartografía son las presencias relativas del OdV por sub-subcuenca. La categoría “Baja” no representa, necesariamente, la ausencia del OdV, sólo su menor representatividad respecto de la cuenca. Vale recordar que los umbrales para definir la categoría en la que clasifica cada SSC son determinados cuenca a cuenca, de acuerdo a las características particulares de cada una.

En este OdV la metodología ideal sería contar con información ecológica detallada de cada parque, para tener la opción de realizar análisis o ponderaciones por otros factores, además de la superficie, que resulta el mejor ponderador con la información disponible a escala nacional. Es importante destacar que este OdV presenta un bajo nivel de incertidumbre respecto de lo certero del proxy utilizado. En general, los parques se ubican en zonas cordilleranas, donde la intervención humana es menor que en valles o en la depresión intermedia, por lo que podría suponerse que dichas zonas estarían más representadas en otros OdV que consideran áreas privadas o sitios prioritarios para la conservación, es decir, que aún no cuentan con una catalogación oficial de protección. Si bien el rango establecido para la definición de las categorías de valoración no cuenta con argumentación ecológica, sí es ampliamente aceptado a nivel legal e internacional, y coincide con la ausencia de información ecológica por parque, siendo el mejor indicador su propia superficie. De esta forma, la información disponible y la documentación legal con la que se establecen los rangos, concuerdan y permiten una valoración consistente.

4.2.3 OdV Sociales

Los OdV Sociales tienen relación con elementos que cumplen funciones para satisfacer necesidades básicas de las comunidades locales o grupos indígenas (para sus medios de vida, la salud, la nutrición y el agua, por nombrar algunos ejemplos). Se han desarrollado dos OdV sociales en las cuencas del centro y sur del país, y tres OdV para las cuencas de Aysén (ver Anexo 9.1). En este ejemplo se presenta el Objeto de Valoración

S.1 Necesidades sociales de subsistencia: sanidad y agua potable, para la cuenca del río Valdivia.

Este OdV busca identificar fuentes de agua utilizadas para el abastecimiento de agua potable y sanidad en las comunidades locales, de fuente superficial, entendiendo que el sistema de recolección, almacenamiento y distribución de agua potable en sectores rurales utiliza vertientes y ríos, por lo que podría entrar en conflicto con un desarrollo hidroeléctrico. El OdV se cuantifica midiendo el número de beneficiados por el servicio de Agua Potable Rural (APR). Se utiliza la información del número estimado de benefi-

10. Se utilizó la red hídrica del Instituto Geográfico Militar (IGM).

11. Este método se basa en la distribución de los datos agrupando valores similares, maximizando las diferencias entre clases, por lo tanto, los límites o umbrales para separar las clases son aquellos donde hay diferencias considerables entre los valores de los datos. Este método permite comparar entre cuencas las categorías de resultado, pero no es adecuado para comparar sus valores absolutos, pues los umbrales para las clases serán distintos entre cada cuenca.

ciarios de las APR por superficie de área de influencia de la red hídrica (km^2), que está dado por un buffer de 500 metros desde la red hídrica, hacia ambos lados, asumiéndose que fuera de este rango de influencia, habría una baja probabilidad de afectación de un APR por un proyecto hidroeléctrico. Para obtener el número de beneficiarios de los respectivos sistemas de agua potable rural (APR) se utilizó la base de datos actualizada al año 2015 de la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) del Ministerio de Obras Públicas (MOP), que lo estima a partir del número de arranques de agua asociados a cada APR (se asume un promedio de cuatro beneficiarios por arranque). Al respecto, solo se consideraron los APR que estuvieron localizados dentro del área de influencia directa de la red hídrica de cada cuenca¹⁰, como se ha indicado previamente.

Luego, se atribuyeron las SSC con los beneficiarios asociados a cada APR según la ubicación de estas últimas dentro del área de influencia directa de la red hídrica. Cabe destacar que se utilizó la ubicación de las APR, y no de los beneficiarios, ya que es en los puntos de captación asociados a las APR en donde se podría ver afectado el recurso hídrico consumido por los beneficiarios. El número de beneficiarios asociados a cada APR se relacionó con la superficie del área de influencia directa de la red hídrica por SSC (km^2), obteniendo así la variable descriptora para el OdV por SSC. La estandarización por el área de influencia directa de la red hídrica por SSC (km^2) tuvo como objetivo el que todas las SSC de una misma cuenca fueran comparables. Para representar espacialmente el OdV se estableció su nivel de relevancia utilizando *Natural Breaks*¹¹ (Jenks, 1967), obteniéndose tres categorías de presencia relativa del OdV en la cuenca (Alta, Media o Baja).

Como resultado, se encontraron los valores siguientes para la cuenca del Valdivia. La Tabla 3 muestra los valores identificados del OdV para dicha cuenca y la Figura 8, su distribución a escala de SSC. En ésta última se puede notar que el OdV en la cuenca está ampliamente distribuido y se asocia a zonas habitadas. Las zonas menos pobladas, como algunas SSC en zonas cordilleranas, costeras o andinas de esta cuenca, son las que tienen menor presencia relativa de este OdV.

Tabla 3.

Rangos de categorías para el OdV S.1. Necesidades sociales de subsistencia: sanidad y agua potable, para la cuenca del Valdivia

RANGO	VARIABLE: Nº de beneficiarios por superficie de área de influencia de la red hídrica (km ²) por sub-subcuenca.
Baja	0,000 – 2,754
Media	2,754 – 10,832
Alta	10,832 – 49,572

Fuente: informe final estudio de cuencas, grupo: Valdivia, Bueno, Puelo y Yelcho.

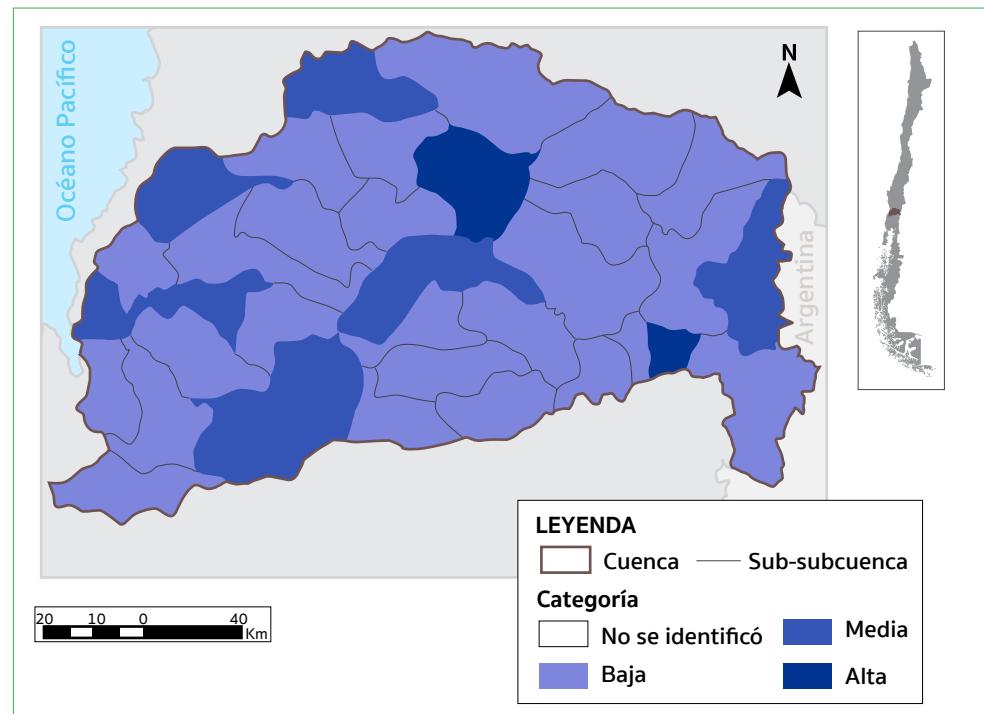


Figura 8.
Resultados del OdV S.1. Necesidades sociales de subsistencia: sanidad y agua potable, para la cuenca del Valdivia

Fuente: informe final estudio de cuencas, grupo: Valdivia, Bueno, Puelo y Yelcho.

Es necesario tener en cuenta que la categorización de los resultados sólo indica la relevancia del OdV en la zona, con la metodología aplicada; la categoría “Baja” no indica, necesariamente, la ausencia del OdV. La sola consideración de los APR contenidos dentro del área de influencia impide hacer cualquier tipo de inferencia respecto a probabilidades de afectación de APR fuera de dicha área. Los resultados del OdV se basan en el registro público vigente y, a modo de recomendación, para inferir si la fuente de agua utilizada por beneficiarios de las APR será relevante reconocer los procesos que condicionan la oferta de los recursos hídricos, para lo que resultará clave poder discriminar la fuente de agua (superficial o subterránea), información que no estuvo disponible para todas las cuencas.

4.2.4 OdV Culturales

Los OdV culturales toman su definición desde la metodología de Altos Valores de Conservación (Brown *et al.*, 2013), entendiéndose como “sitios, recursos, hábitats y paisajes significativos a escala global o nacional por razones culturales, arqueológicas o históricas, o de importancia cultural, ecológica, económica, o religiosa o sagrada crítica para la cultura tradicional de las comunidades locales o pueblos indígenas, e identificados mediante el diálogo con dichas comunidades locales o pueblos indígenas”. En el estudio de cuencas están referidos a valores culturales que tienen una importancia significativa para la comunidad, esta última entendida como cualquier grupo humano que posee características propias que contribuyen a distinguirse de otros. Además, considerando la relevancia de los pueblos originarios en muchas de las cuencas en estudio, se han determinado algunos OdV culturales enfocados en valores de los pueblos indígenas. Se han levantado ocho OdV sociales para las cuencas de la zona centro y la zona sur, y seis para las cuencas de Aysén (ver Anexo 9.1).

12. Toda agrupación de personas pertenecientes a una misma etnia indígena, y que se encuentren en una o más de las siguientes situaciones: provengan de un mismo tronco familiar; reconozcan una jefatura tradicional; posean o hayan poseído tierras indígenas en común; y que provengan de un mismo poblado antiguo”.

Como ejemplo, se presenta el OdV **C.1.5 Presencia de comunidades indígenas**. Se ha entendido como comunidad indígena lo definido por el artículo 9º de la Ley Indígena¹² y que hayan tramitado la obtención de personalidad jurídica otorgada por la CONADI, en conformidad a lo dispuesto por los artículos 9º a 11º de la misma Ley. La CONADI posee la base de datos oficial de registro de comunidades indígenas del país y se encuentra en un proceso de sistematización de información que ha permitido acceder a datos actualizados, aunque no todos los registros de comunidades tienen información de su ubicación espacial, por lo cual en este estudio se consideraron solamente las comunidades que sí tuvieran esta referencia. Adicionalmente, se utilizaron bases de datos regionales actualizadas cuando estuvieron disponibles. La ubicación espacial de las comunidades

se determinó asumiendo la localidad o sector declarado como domicilio de la comunidad en el acta de constitución de la personalidad jurídica, lo que es traducido a una topología de puntos espaciales. Con los datos disponibles se construyó un índice de densidad de cantidad de comunidades indígenas por km² en cada sub-subcuenca del estudio y luego se utilizó el método de *Natural Breaks* (Jenks, 1967) para clasificar los resultados en las categorías Baja, Media y Alta.

Este OdV en particular fue levantado en las cuencas del centro y sur, pero sólo se contó con información para las cuencas de Biobío, Toltén, Valdivia y Bueno. Por el mismo motivo, este OdV no fue levantado en las cinco cuencas correspondientes a Aysén. A continuación se presenta el resultado para la cuenca del Toltén y los rangos identificados.

Tabla 4.

Rangos de categorías para el OdV C.1.5 Presencia de comunidades indígenas, para la cuenca del Toltén

RANGO	VARIABLE: Número de comunidades indígenas por km ² , dentro de la sub-subcuenca
Baja	0,01 – 0,02
Media	0,03 – 0,07
Alta	0,08 – 0,13

Fuente: informe final estudio de cuencas, grupo: Maule, Biobío y Toltén.

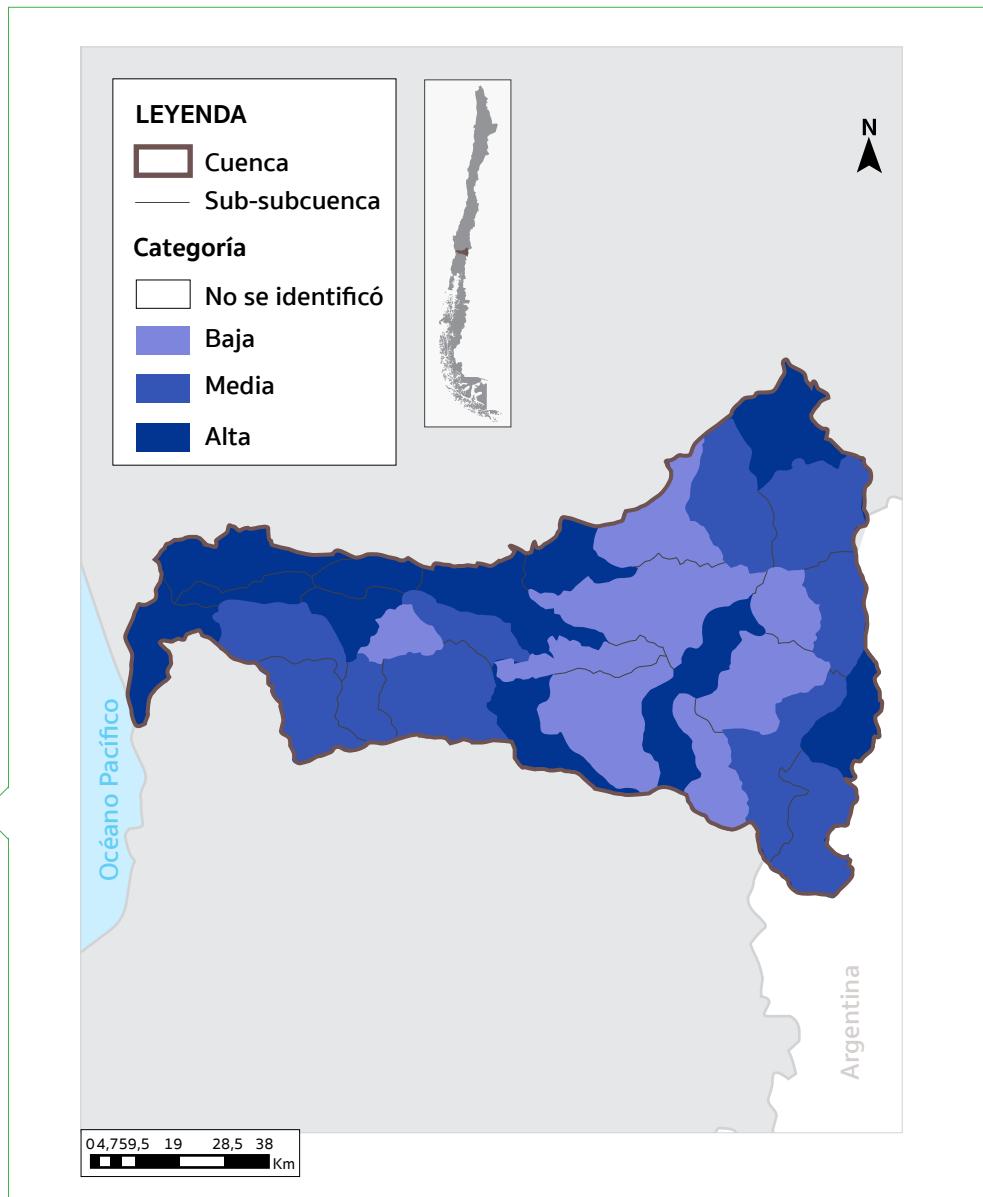


Figura 9.
Resultados
del OdV C.1.5.
Presencia de
comunidades
indígenas, para
la cuenca del
Toltén.

Fuente: estudio
de cuencas,
grupo: Maule,
Biobío y Toltén.

Vale recordar que, de acuerdo a la metodología utilizada, la categorización de los resultados sólo indica la relevancia del OdV en la zona en términos de presencia relativa respecto a la cuenca. Así, por ejemplo, la categoría “Baja” no indica, necesariamente, la ausencia del OdV. En este caso también se identificaron las SSC donde no había registro de comunidades indígenas, las que quedaron consignadas en la categoría “No se identificó”.

En la cuenca del Toltén las comunidades originarias se encuentran presentes en casi la totalidad de la cuenca (28 de 30 sub-subcuenca, 93,3%, presentan en algún grado la presencia de comunidades indígenas), con valores calculados de 0,01 a 0,13 comunidades indígenas por km². Además se observa que en esta cuenca la presencia de las comunidades se distribuye de forma más homogénea, a diferencia por ejemplo de cuencas como el Biobío donde las densidades son mayores, pero se encuentran más concentradas. A su vez, las SSC de las zonas cordilleranas y pre-cordilleranas tienen presencia de comunidades indígenas categorizadas como “Media” y “Alta”, siendo zonas que coinciden con lugares de potencial hidroeléctrico relevante. Este OdV permite observar este tipo de particularidades de los territorios, que son interesantes al diseñar políticas locales o de escala más amplia respecto de desarrollo local y energético.

Se ha asumido, en la ubicación espacial de las comunidades, que el sector declarado como domicilio de la comunidad corresponde a una referencia de su ubicación, pero no del territorio que utilizan estas comunidades. Así, se conoce la cantidad o densidad de las comunidades, pero no la superficie que utilizan dentro de la cuenca. Para recoger esta información se levantó el OdV Relevancia de tierras indígenas. Ambos OdV deben evaluarse de forma conjunta para tener una perspectiva más completa sobre la ocupación del territorio que realizan los pueblos originarios.

4.2.5 OdV Productivos

Los OdV productivos no se mencionan en la metodología de Altos Valores de Conservación (Brown *et al.*, 2013), pero se han levantado en este estudio para dar relevancia a las actividades económicas locales valoradas por la sociedad en las sub-subcuenca, y sobre las cuales el desarrollo hidroeléctrico podría tener algún efecto, tanto respecto del uso del suelo como del agua, especialmente las que utilizan fuentes de agua superficial para la producción. En general, se busca identificar el valor que la actividad económica aporta a la sociedad. En las cuencas del centro y sur de Chile se levantaron cinco OdV productivos y en las cuencas de Aysén se levantaron seis OdV en esta categoría (ver

Anexo 9.1). En este ejemplo se muestra el Objeto de Valoración **P.1. Producción agrícola**, para la cuenca del Biobío.

El OdV fue definido como la relevancia económica o el valor agregado del sector agrícola a escala de SSC, medido en millones de pesos por km². Se utilizó la información del Censo Agropecuario (Instituto Nacional de Estadísticas, INE y Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, ODEPA, 2007) sobre superficies de cada cultivo a nivel de distrito censal y se les asignó un valor económico con la información de fichas técnico-económicas de cultivos de ODEPA, del Instituto Forestal (INFOR) y otras fuentes, que tienen datos sobre rendimientos, costos y precios para distintos cultivos del país. Se calculó la superficie que cada cultivo ocupa en cada distrito censal y el valor agregado por rubro agrícola. Los valores se multiplicaron por la superficie correspondiente y luego se asignaron a la o las SSC de forma proporcional e función de la superficie superpuesta entre ambas figuras (SSC y distrito censal). Dicho valor fue dividido por la superficie correspondiente para estimar el valor agregado por km² y los valores se ajustaron a millones de pesos. Para las cinco cuencas de la Región de Aysén no se contó con información suficiente para asignar el valor económico a la actividad agrícola de la misma forma, por lo que el índice se construyó respecto de la superficie de cada SSC destinada a la agricultura. Finalmente, los valores fueron clasificados utilizando *Natural Breaks* (Jenks, 1967) en “Alta”, “Media” y “Baja”. Vale destacar que, donde fue posible, también se diferenció entre discriminación entre los cultivos regados con aguas de fuente superficial o subterránea, descartándose estos últimos por no estar totalmente clara la relación o efecto que podría haber entre generación hidroeléctrica y aguas subterráneas. En la cuenca del río Puelo no se logró identificar agricultura bajo riego con fuentes superficiales de recursos hídricos

A continuación se presentan los resultados del OdV para la cuenca del Biobío, donde la actividad agrícola se evidencia en todas las SSC, especialmente en la zona central, lo que concuerda, en términos generales, con la distribución de la productividad agrícola. La Tabla 5 muestra los valores correspondientes a cada rango y la Figura 10, su distribución espacial.

Es necesario mencionar que, así como en otros OdV donde los resultados se muestran en categorías, corresponde a una visión de la presencia relativa del OdV y categorías como “Baja” indica una menor presencia relativa del Objeto en comparación con el resto de la cuenca. La valoración económica hecha en el presente estudio corresponde a información referencial de carácter general, y que no debe interpretarse de otra forma.

Tabla 5.

Rangos de categorías para el OdV P.1 Producción agrícola, para la cuenca del Biobío

RANGO	VARIABLE: Valor agregado de la producción agrícola en millones de pesos, por km ²
No se identifica	0
Baja	0,001 – 6,772
Media	6,773 – 33,632
Alta	>33,633

Fuente: informe final estudio de cuencas, grupo: Maule, Biobío y Toltén.

Para las cuencas de Aysén se utilizó únicamente la información del Censo Agropecuario de 2007, por lo que hay una alta probabilidad de que se presenten variaciones importantes respecto a superficies sembradas o plantadas en los últimos años, por lo cual sus resultados deben analizarse con precaución y ser actualizados con la realización de una próxima estadística agrícola, y complementarla con información levantada en terreno respecto de rendimientos, precios y costos de producción a nivel local de los diferentes cultivos.

No obstante las dificultades metodológicas, las metodologías aplicadas permiten visualizar la concentración de actividad agrícola en las cuencas, lo que de todos modos es información útil para ser considerada en procesos de planificación hidroeléctrica o de desarrollo energético en general, a distintas escalas.

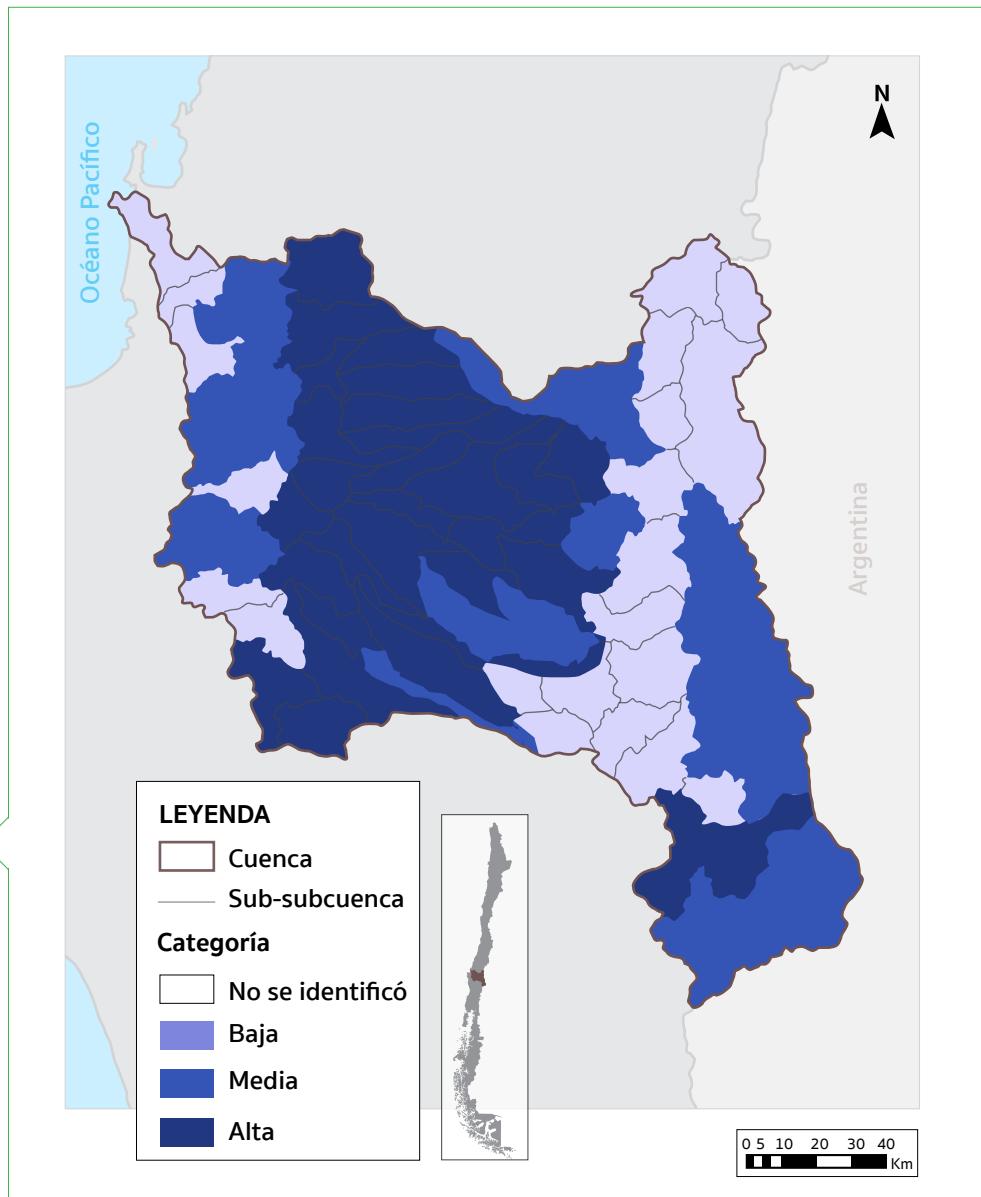


Figura 10.
Resultados
del OdV P.1
Producción
agrícola, para
la cuenca del
Biobío

Fuente: estudio
de cuencas,
grupo: Maule,
Biobío y Toltén.

4.2.6 OdV Fiordos

La clase de OdV Fiordos se incorpora para estudiar la estrecha relación que existe entre la cuenca de drenaje, el ecosistema fluvial y el ecosistema de fiordo, ya que estas zonas de intercambio de agua dulce y salada funcionan como un importante receptor y transformador de nutrientes, que son esenciales para la productividad biológica en estas zonas, especialmente de peces e invertebrados. En este ejemplo se presenta el Objeto de Valoración **Fi.1 Cambio de caudales sobre el ecosistema de fiordo**, para la cuenca del Baker.

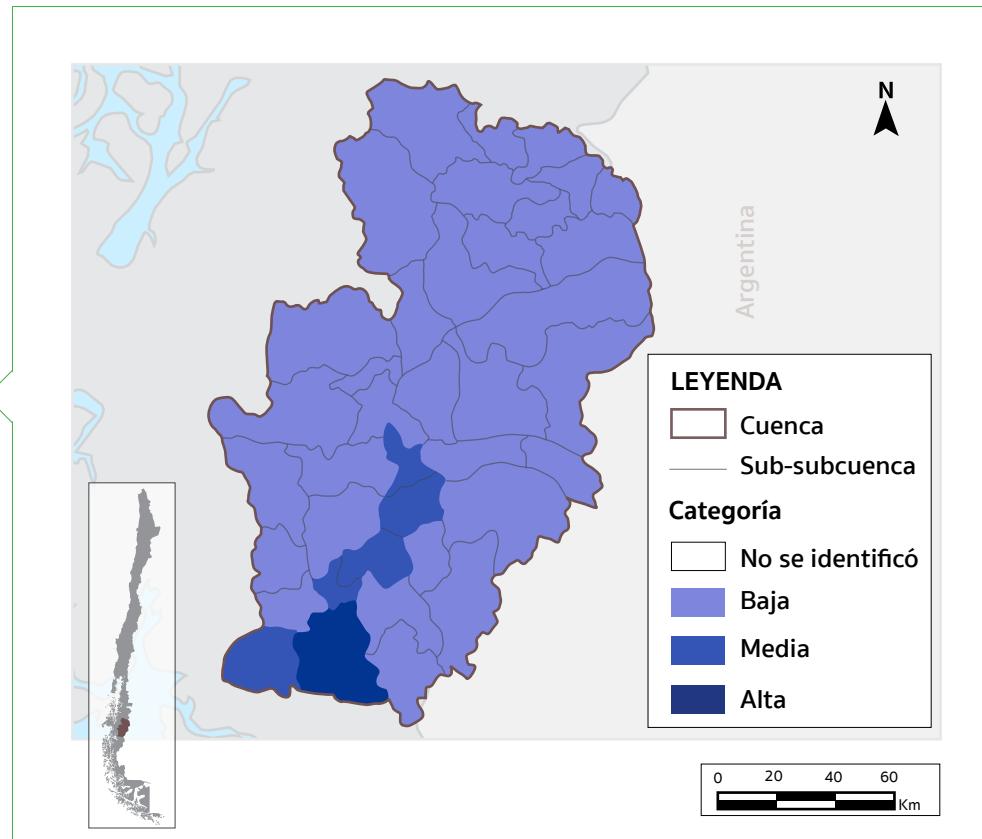
Este OdV se plantea por la importancia que tiene poder registrar, de alguna forma, los efectos observados en el fiordo aguas arriba hacia diferentes sub-subcuencas, pues estando la razón entre los caudales de tramos fluviales con los caudales de su respectiva desembocadura, es posible identificar qué sub-subcuencas tienen mayor influencia en el cambio de caudales que pudieran afectar al ecosistema fiordo. Esto es relevante porque bajos valores de esta razón indicarían: menor influencia de la pluma de agua dulce superficial; disminución en la carga de nutrientes (como por ejemplo, silicatos, de origen terrestre); cambios en las tasas de productividad y biomasa de productores primarios; y modificación de las áreas de desove de estadios larvales de peces e invertebrados, y cambios en la distribución de sus comunidades. Por ello, es necesario considerar este elemento como un OdV.

Para construir el OdV se calculó el caudal de cada tramo fluvial y su respectiva desembocadura (ambos en m^3/s) para luego promediar los valores obtenidos por tramos a escala de SSC, y así proyectar aguas arriba el efecto sobre el fiordo (desembocadura de cada río) de potenciales actividades en diferentes sub-subcuencas.

Como resultado se muestra el OdV para la cuenca del Baker. Se identificó que sólo una SSC presenta un nivel medio, pero cinco de ellas tienen un nivel alto del OdV. Se observó que todas las áreas analizadas tienen sensibilidad a los potenciales cambios en el sistema fluvial adyacente, y los cambios o alteraciones en las sub-subcuencas más cercanas a la desembocadura tendrán, potencialmente, un mayor efecto sobre el ecosistema de fiordos. La Figura 11 muestra los resultados obtenidos.

Figura 11.
Resultados
del OdV a Fi.1.
Cambio de
caudales sobre
el ecosistema de
fiordo, para la
cuenca del Baker

Fuente: informe
final estudio de
cuencas, grupo:
Palena, Cisnes,
Aysén, Baker y
Pascua.



El levantamiento de este OdV es esencial para las cuencas de la Región de Aysén, ya que es capaz de identificar el efecto de potenciales cambios en el fiordo y llevarlos a las diferentes sub-subcuenca, por lo que su levantamiento es muy relevante como insumo en los ejercicios de modelación.

4.3 Recomendaciones

Los Objetos de Valoración tienen un valor que va más allá de lo que cada uno de ellos representa de forma individual, al entregar indicios de la magnitud de la presencia de elementos biológicos, ecológicos, sociales, culturales y productivos en los territorios. Su construcción ha significado un esfuerzo en la creación de información actualizada que no se encontraba disponible y que va más allá de los límites de acción o las competencias del Ministerio de Energía. Por ello, se agradece a los servicios públicos que han colaborado con información tanto en esta fase del estudio como en la anterior.

El levantamiento de información para la creación de los OdV ha sido posible gracias a un meticuloso trabajo de especialistas en la colección de datos nuevos y en su procesamiento, así como gracias a la voluntad constructiva de las comunidades, autoridades y organizaciones locales de los territorios de estudio, que respondieron favorablemente a la invitación a participar de instancias como talleres, seminarios, reuniones de trabajo y entrevistas.

La presentación de cada OdV contiene un análisis de resultados y recomendaciones para su utilización o para mejorar los métodos de construcción del mismo. Las recomendaciones corresponden, principalmente, a continuar reduciendo las brechas de información existentes, especialmente en lo que se refiere a información de tipo cultural, que no pudo ser recogida completamente en terreno con las comunidades. Por su parte, los pueblos originarios comparten una concepción del territorio diferente, al sentirse parte de él y no dueños o propietarios del espacio y los elementos que lo conforman, por tanto, no sienten la obligación o la necesidad de comunicar, entre otros, la ubicación de lugares de significación espiritual con quienes no comparten su cosmovisión (por ejemplo, se compara con lo que significa para cada persona el derecho a compartir las historias familiares personales). Esto no quiere decir que sean una comunidad cerrada o incomunicada, sino que se requiere un trabajo consistente, transparente y de largo plazo para la recuperación de las confianzas, lo que es clave para poder completar la información de este tipo de valores.



Saltos del Petrohué, Región de Los Lagos © Esteban Tröhá.

5. POTENCIAL HIDROELÉCTRICO



Río Olivares, Región Metropolitana © Sebastián Seisdedos.

13. Se utilizó la información de DAANC de la DGA, actualizada a agosto de 2014, y disponible en el Explorador de Derechos de Aprovechamiento de Aguas No Consuntivos, que es fruto de la colaboración entre el Ministerio de Energía, la Dirección General de Aguas y el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile. El explorador está disponible en: <http://walker.dgf.uchile.cl/> Explorador/DAANC/

En este estudio se ha realizado una estimación del potencial hidroeléctrico de las 12 cuencas que permita realizar análisis posteriores a esta escala geográfica. El potencial hidroeléctrico (o capacidad hidroeléctrica) representa la disponibilidad de energía de fuente hidráulica existente en una unidad espacial particular y se mide en Megawatts (MW). El potencial puede estimarse con un enfoque técnico, teórico o de mercado. En este estudio se ha estimado un potencial hidroeléctrico técnico sobre cauces naturales.

5.1 MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL

La estimación de potencial hidroeléctrico en las cuencas del Maule, Biobío, Toltén, Valdivia, Bueno, Puelo y Yelcho se realizó utilizando la metodología seguida por el estudio “Energías renovables en Chile. El potencial eólico, solar e hidroeléctrico de Arica a Chiloé” (Ministerio de Energía y GIZ, 2014), que utiliza herramientas de modelación para simular el comportamiento de los recursos naturales y herramientas de SIG para la determinación de caudales, los que son asociados a la información de derechos de aprovechamiento de aguas de tipo no consuntivo (DAANC)¹³. Bajo esta metodología, se asume que estos derechos no consuntivos podrían ser utilizados en proyectos para el desarrollo de hidroelectricidad, por lo que se toman en cuenta conjuntos de puntos de captación y de puntos de restitución, más la información de caudal asignado en los derechos. El proceso es calibrado con información real de centrales hidroeléctricas en operación. El potencial hidroeléctrico fue calculado por tramos de río y posteriormente asignado a la sub-subcuenca (SSC) respectiva a la que pertenece el tramo. Cuando los puntos de captación y de restitución se encuentran en SSC diferentes, el potencial hidroeléctrico se reparte proporcionalmente entre las SSC en función de la longitud del río involucrado. Al potencial calculado se le restó el potencial correspondiente a centrales hidroeléctricas en operación y construcción, y el de proyectos hidroeléctricos que se encuentran en alguna etapa del proceso formal de evaluación de impacto ambiental. Al aplicar estas restricciones legales se puede contabilizar el potencial que no está asociado a ningún tipo de iniciativa de generación actual.

Los modelos hidrológicos tradicionales usados para la zona centro y sur¹⁴ de Chile no entregan resultados satisfactorios para las cuencas de la Región de Aysén, por la enorme diversidad de regímenes hidrológicos presentes en la cuenca y la falta de data histórica. A ello se suma que en la Región de Aysén los DAANC concedidos son casi inexistentes (aunque hay muchas solicitudes en trámite), por lo que se debió utilizar una metodología más adecuada a la realidad local. Se utilizó un modelo hidrológico de la Universidad de Concepción, basado en transposición de caudales medios, que estima su valor cada 1 km, considerando el registro histórico de caudales y la elevación del terreno. Dicho modelo permite introducir restricciones legales, en este caso, los derechos de aguas consuntivos y los caudales de reserva. El modelo entrega información del potencial hidroeléctrico en el río, independiente de la disponibilidad de información de DAANC. Los detalles de cada metodología utilizada se encuentran explicados detalladamente en los informes finales de los estudios respectivos (ver Capítulo 8.2).

14. Recordar que las cuencas de la zona centro en este estudio corresponden a Maule, Biobío y Toltén, mientras que las cuencas de la zona sur corresponden a Valdivia, Bueno, Puelo y Yelcho. Finalmente, las cuencas de Aysén corresponden a Palena, Cisnes, Aysén, Baker y Pascua.

5.2 RESULTADOS

El potencial hidroeléctrico conjunto estimado en las 12 cuencas en estudio corresponde a 15.938,2 MW, cuyo detalle por cuenca se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6.

Potencial hidroeléctrico por cuenca

CUENCA	POTENCIAL HIDROELÉCTRICO (MW)	PROPORCIÓN
Maule	1.368,3	8,6%
Bío-Bío	2.902,2	18,2%
Toltén	1.123,4	7,0%
Valdivia	906,0	5,7%
Bueno	807,3	5,1%
Puelo	552,0	3,5%
Yelcho	1.403,0	8,8%
Palena	1.797,0	11,3%
Cisnes	619,0	3,9%
Aysén	848,0	5,3%
Baker	1.918,0	12,0%
Pascua	1.694,0	10,6%
Total 12 cuencas	15.938,2	100%

Fuente: elaboración propia a partir de informes finales de estudio de cuencas.

La información de potencial hidroeléctrico, en rangos de potencial, se entrega a escala de sub-subcuenca para cada uno de los 12 territorios en estudio en los informes finales respectivos (ver Capítulo 8.2). El siguiente mapa grafica la distribución de este potencial para las cuencas y sub-subcuencas correspondientes.

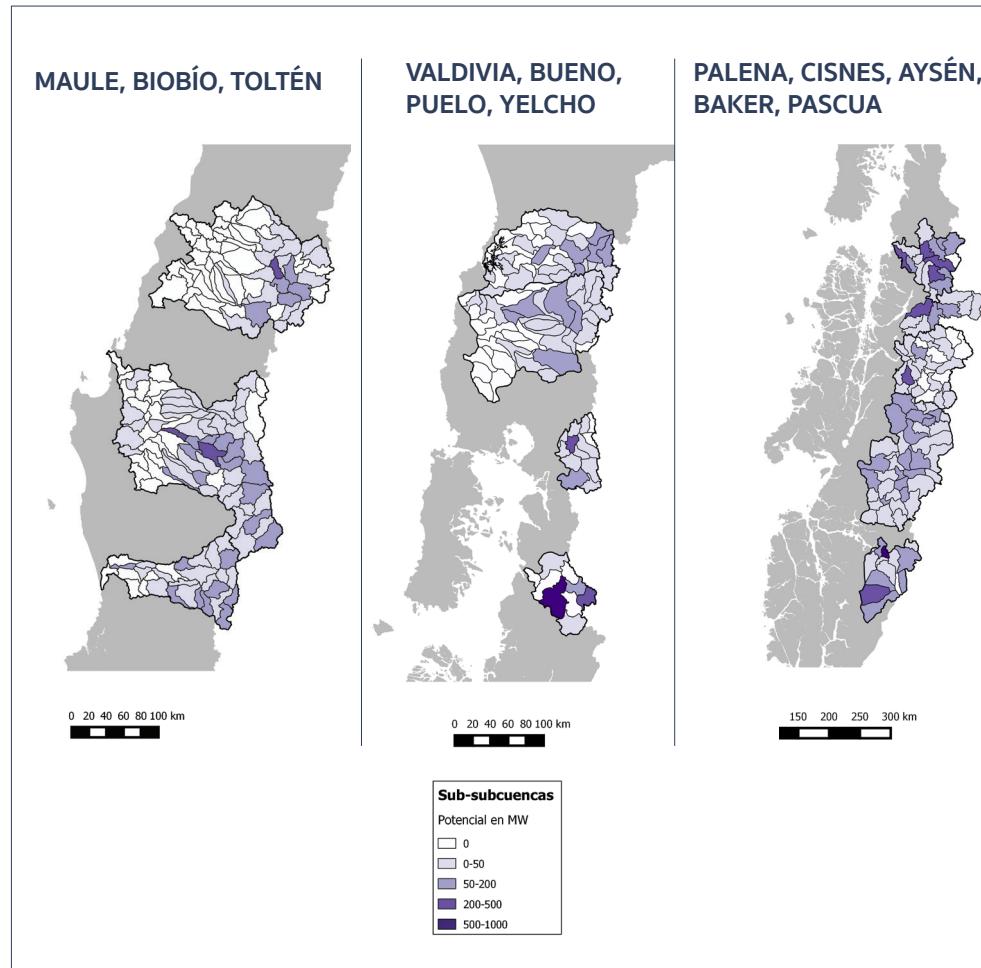


Figura 12.
Distribución
espacial del
potencial
hidroeléctrico
a escala de
sub-subcuenca
dentro del área
de estudio

*Fuente:
elaboración
propia en base a
informes finales
de estudio de
cuencas.*

Las 12 cuencas en estudio representan un potencial que es 2,4 veces la capacidad instalada neta actual de hidroelectricidad en el SIC (6.638 MW a diciembre de 2016). Este potencial considera solamente el recurso disponible en cauces naturales, por lo que no se ha tomado en cuenta el potencial que podría desarrollarse en forma sinérgica con otras formas de producción, por ejemplo, embalses de doble propósito utilizando aguas que están asignadas a riego agrícola para también generar hidroelectricidad. Tampoco considera, para las cuencas de la zona centro y sur, el potencial que puede haber en sub-subcuencas (SSC) que no poseen derechos de aprovechamiento de aguas no consuntivos por lo que podría haber una subestimación del potencial hidroeléctrico real total, aunque esta diferencia sería, de acuerdo a expertos consultados, de muy baja relevancia.

La sub-subcuenca resulta una unidad o escala de trabajo conveniente para desagregar las grandes cuencas en zonas más representativas del territorio, pero también presenta la dificultad de interpretar el potencial asociado a posibles centrales hidroeléctricas que tienen bocatomas y puntos de restitución en sub-subcuencas diferentes. La distribución del potencial hidroeléctrico de forma proporcional a la longitud del cauce ha sido una solución que permite simplificar la interpretación de los resultados y mantener consistencia con la información del Explorador de Derechos de Aguas No Consuntivos. Sin embargo, puede mejorar en casos en que los puntos de captación y restitución no se encuentran en SSC consecutivas o inmediatas entre sí, por ello se han realizado recomendaciones para mejorar el método de estimación, que incluyen la distribución del potencial hidroeléctrico en función del caudal que se extraería en cada punto de captación de cada SSC, o combinar esta propuesta con el método actual, que se basa en la longitud de los cauces involucrados.

Con independencia de las metodologías que se apliquen para estimar el potencial en las 12 cuencas involucradas, es importante que dichos cálculos se actualicen periódicamente, especialmente los que se basan en la información de DAANC, que podrían cambiar en el tiempo. Un refinamiento o ajuste de las metodologías utilizadas también permitirá tener estimaciones cada vez más precisas del potencial hidroeléctrico disponible.

La expresión del potencial hidroeléctrico a escala de sub-subcuenca es también un insumo valioso para las comunidades que, muchas veces, no conocen si las aguas de su territorio están comprometidas o asignadas a través de los derechos de aprovechamiento. Como complemento, se indica que la información detallada de los derechos de aprovechamiento de aguas de tipo no consuntivo puede consultarse y descargarse desde el Explorador de DAANC¹⁵, proyecto que fue generado por el Ministerio de Energía en colaboración con la DGA y la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

15. El explorador se encuentra disponible en: http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador_DAANC/

5.3 EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL POTENCIAL HIDROELÉCTRICO

De acuerdo con el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) “el calentamiento en el sistema climático es inequívoco y, desde la década de 1950, muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios. La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido, el nivel del mar se ha elevado y las concentraciones de gases de efecto invernadero han aumentado” (IPCC, 2014). En el Quinto Informe del IPCC se han definido cuatro nuevos escenarios de emisión, los denominados Trayectorias de Concentración Representativas (RCP, por sus siglas en inglés). Estas trayectorias se utilizan para modelación e investigación climática y describen cuatro futuros climáticos posibles, los que dependerán de cuántos gases de efecto invernadero (GEI) son emitidos en los años venideros. Dichas trayectorias se caracterizan por su Forzamiento Radiativo (FR) total para el año 2100 que oscila entre 2,6 y 8,5 W/m². Las cuatro trayectorias RCP comprenden un escenario en el que los esfuerzos en mitigación conducen a un nivel de forzamiento muy bajo (RCP2,6 en que se ha llegado al máximo de emisiones y éstas disminuyen hacia el año 2100); dos escenarios de estabilización (RCP4,5 RCP6,0); y un escenario con un nivel muy alto de emisiones de GEI (RCP8,5 en que las emisiones no alcanzan un máximo, es decir, el forzamiento radiativo puede seguir aumentando la temperatura del planeta). Estos cuatro escenarios pueden ser reflejo de políticas y medidas climáticas que sean tomadas a escala global y ofrecen información espacial sobre el cambio de uso del suelo y emisiones sectoriales de contaminantes atmosféricos, entre otros. En base a estos escenarios de emisiones de referencia, se proyectan las diferencias de temperatura superficial global.

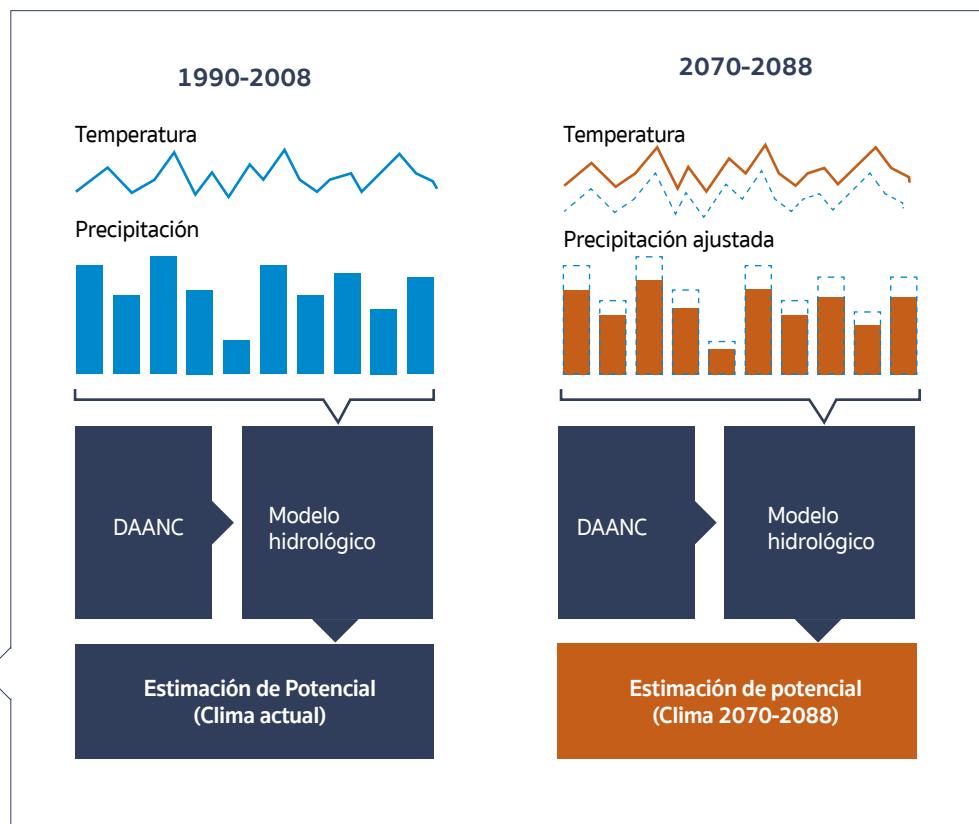
Al continuar aumentando las emisiones de gases de efecto invernadero, nuevos cambios se producirán en todos los componentes del sistema climático, incluyendo cambios en el ciclo global del agua, acentuándose el contraste en las precipitaciones entre las regiones secas y húmedas, y entre las estaciones secas y húmedas (IPCC, 2014). Por ello, en el estudio de cuencas también se realizó una estimación sobre los efectos que el cambio climático tendría sobre los caudales en las cuencas en estudio, y si estos cambios proyectados representarían una modificación del potencial hidroeléctrico.

5.3.1 Método

Para estimar los efectos del cambio climático sobre el potencial hidroeléctrico, se estimaron los cambios en temperatura y precipitación que originarían cambios en los caudales. Para calcular el cambio esperado en temperatura y precipitación se utilizaron los GCM (Modelos

de Circulación Global; *Global Circulation Models*, en inglés) disponibles a través del proyecto CMIP-5 (Quinta Fase del Proyecto de Comparación de Modelos Acoplados; *Coupled Model Intercomparison Project Phase 5*, en inglés). Los datos de temperatura y precipitación fueron procesados con el mismo modelo hidrológico utilizado para estimar el potencial hidroeléctrico, obteniéndose así una estimación del impacto en el potencial de generación hidroeléctrica asociado a cada uno de los cuatro escenarios. Los cambios se evaluaron para tres períodos de 30 años: corto plazo (2010-2040), mediano plazo (2040-2070) y largo plazo (2070-2100) con respecto al clima actual (entendido como el periodo 1976-2005). Esta metodología entregó resultados aceptables para las cuencas del Maule, Biobío, Toltén, Valdivia, Bueno, Puelo y Yelcho. La Figura 13 muestra esta metodología de forma resumida.

Figura 13.
Diagrama esquemático que muestra la metodología utilizada para estimar el impacto del cambio climático en el potencial hidroeléctrico futuro



Fuente: estudios de cuencas.

En las cuencas del Palena, Cisnes, Aysén, Baker y Pascua, la metodología aplicada entrega proyecciones de variación de caudal con altos porcentajes de error estadístico¹⁶, por lo que no se considera prudente utilizar estos resultados para proyectar cambios en el potencial hidroeléctrico. Estos altos porcentajes de error se deben a que las proyecciones de caudal se basan en una relación realizada con datos medidos en una insuficiente escala temporal (en la mayoría de las cuencas las estaciones meteorológicas tienen menos de 30 años de datos) y con una distribución espacial poco representativa (muy pocas estaciones en cada cuenca). Además, el modelo utilizado no incluye la representación física de los procesos relacionados con la generación de caudales, por ejemplo, para el Baker se proyectan aumentos de caudales pero no se considera la influencia de los glaciares o la posibilidad de que estos se agoten.

5.3.2 Resultados

Para las cuencas de la zona centro y sur, se prevén aumentos de temperatura para el corto, mediano y largo plazo. Para Maule, Biobío y Toltén, en todos los escenarios analizados se esperan reducciones en la generación de energía, que van desde un 3,8% de reducción de la capacidad de generación de energía hidroeléctrica (cuenca del Toltén, escenario RCP2,6; período 2040-2070) hasta un 28% en la cuenca del Maule (escenario pesimista RCP8,5; período 2070-2100).

Para las cuencas de la zona sur se proyectaron reducciones de entre un 2% y un 3% para todas las cuencas en el escenario a corto plazo, y de hasta 22% en algunas cuencas, en el largo plazo (cuencas del Bueno y del Puelo, ambas en el escenario pesimista RCP8,5). En general, las reducciones que se proyectan van disminuyendo conforme se avanza hacia el sur, pero van aumentando a medida que se avanza a períodos de tiempo más lejanos y los efectos esperados sobre el caudal (y por tanto, sobre la potencia generable), son más notorios en los escenarios de cambio más severos o escenarios pesimistas (RCP8,5 y RCP6,0). Los informes respectivos de los estudios de cuencas (ver Capítulo 8.2) muestran el detalle de los cambios calculados.

Los análisis de los resultados muestran que los impactos en generación de electricidad tienden a ser inferiores a los cambios proyectados en términos de precipitación o caudal. Esto se debe, principalmente, a que actualmente existe una capacidad limitada en las centrales de utilizar el caudal natural disponible en los puntos de captación. Parte de la pérdida esperada a futuro en términos de caudales podría no influir en la generación bajo las condiciones de las centrales proyectadas, por lo que no debiera afectar de la misma manera a la generación de electricidad.

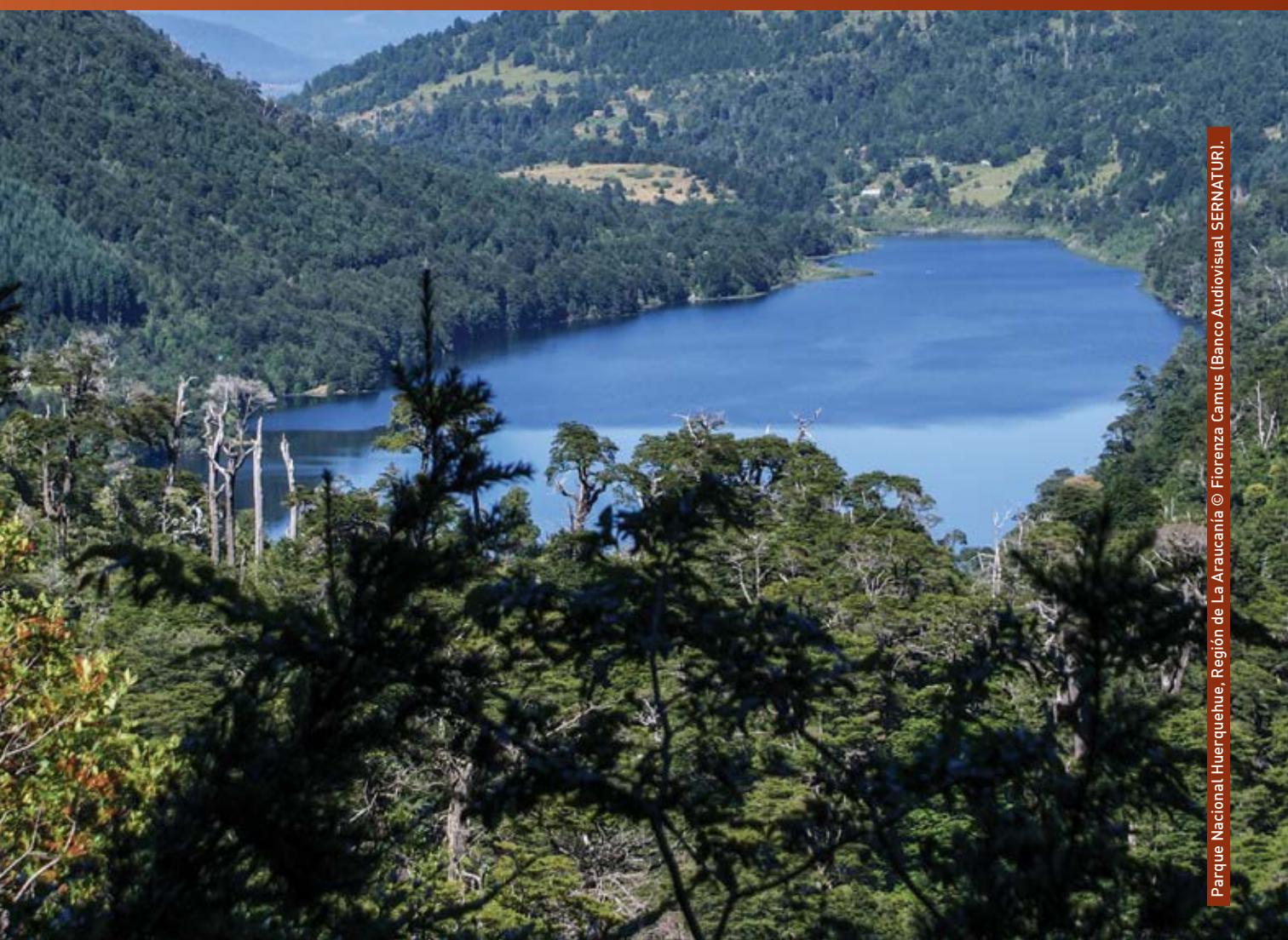
16. Por ejemplo, en el río Cisnes las proyecciones de cambio de caudal son cercanas a cero, pero el error es cercano al 7%. En el río Pascua se proyectan reducciones de caudal de entre 4% y 8% pero con errores del 13%. En los ríos Palena y Aysén solamente para el escenario RCP8,5 y hacia fines del siglo XXI, las proyecciones de cambio sí tienen significancia estadística, con un 7% de disminución para el río Palena y del 23% para el río Aysén. Para la cuenca del Baker los resultados tienen mejor ajuste estadístico, proyectándose aumentos del caudal en el corto y largo plazo en todos los escenarios. Sin embargo, se considera que no es conveniente aplicar estas proyecciones para estimar un cambio en el potencial hidroeléctrico, dado que el método utilizado entrega errores relevantes en la mayoría de las cuencas.

En las cuencas de la zona sur (Valdivia, Bueno, Puelo y Yelcho) el impacto es levemente menor, lo que se debe probablemente a que el principal impacto del aumento de temperatura en el régimen hidrológico será adelantar la época de deshielo. Sin embargo, la contribución de deshielo en las cuencas de esta zona (que son de baja altura) no es tan importante, por lo cual es probable que el cambio en la estacionalidad de los caudales sea relativamente pequeño.



Río Futaleufú, Región de Los Lagos © Marcelo Olivares.

6. EJERCICIOS DE MODELACIÓN



6.1 LA ENERGÍA COMO UN ASUNTO TERRITORIAL

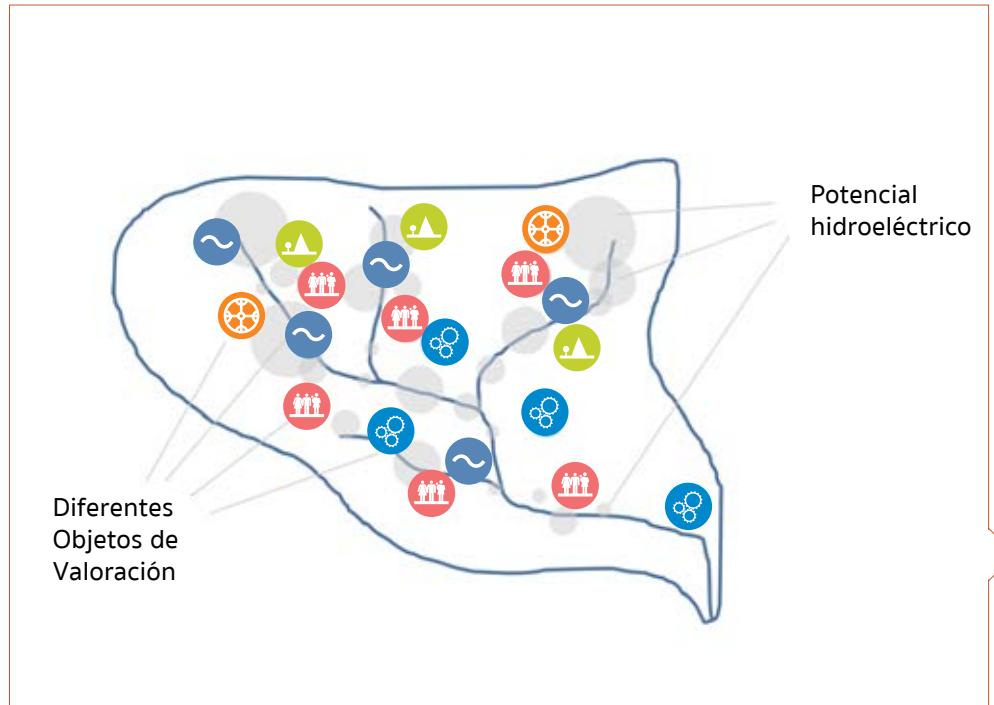
La generación de energía está ligada estrechamente a la disponibilidad de los distintos recursos naturales que se usan para producirla, como por ejemplo, zonas de oleaje en el mar, ríos caudalosos y con diferencias de relieve, las zonas de alta radiación solar y las de vientos constantes, por lo que la localización de las plantas generadoras de energía depende de la ubicación de estos recursos en el espacio. La demanda o consumo de energía también tiene un componente espacial relevante. Así, la energía es un asunto territorial en el que intervienen diferentes intereses, actores y niveles de decisión. Los sistemas de transmisión de la energía juegan un rol importante, al enlazar la generación y la demanda, y también tienen una expresión territorial. En Chile, es usual que las zonas de generación y de consumo no coincidan geográficamente.

El sector energía aporta servicios básicos a la población, en este sentido, el Estado es un agente importante en las decisiones y políticas que se generan en el sector y fundamentalmente, en las discusiones de largo plazo. Por ello, la Agenda de Energía (2014) y Política Energía 2050 (Ministerio de Energía, 2015b) proporcionan objetivos y metas claras para el sector, los cuales se materializan en diferentes ejercicios e instrumentos de planificación. La Política Energética vigente propone, como meta al año 2050, contar con un 70% de energía renovable en la matriz de generación, para lo cual se requiere optimizar el uso de los recursos energéticos disponibles, de forma sustentable.

El estudio de cuencas realiza una propuesta de mecanismo multicriterio para apoyar los procesos de planificación y toma de decisiones respecto de desarrollo de energía hidroeléctrica, que es capaz de incorporar elementos de sustentabilidad (OdV) en la localización de proyectos hidroeléctricos, de acuerdo a criterios dados por los responsables de planificación. Así, los resultados de distintos ejercicios de modelación sirven de insumo de información, por ejemplo, a la generación de los Planes Energéticos Regionales Territoriales (PER-T).

6.2 DESCRIPCIÓN DEL MECANISMO DE MODELACIÓN

La herramienta de modelación propuesta permite analizar los datos sociales, ambientales, culturales, productivos y el potencial hidroeléctrico identificado en los territorios, con expresión espacial, y tiene el espíritu de buscar el mayor valor de potencial hidroeléctrico con el menor traslape posible de elementos condicionantes, que corresponden a los Objetos de Valoración, bajo parámetros o ponderaciones dadas a los diferentes OdV. El ejercicio de modelación se puede realizar para distintos escenarios que se quieran revisar, pues es una herramienta de optimización, es decir, buscará la solución más óptima dentro de un conjunto de restricciones dadas.



17. Para poder operar los Objetos de Valoración en el modelo, sus resultados son transformados a categorías numéricas y normalizados a una escala única de trabajo. Posteriormente, mediante criterio experto, se eligen pesos o ponderaciones que pueden operarse con los OdV.

18. La “pregunta de optimización” corresponde a la instrucción que se da al modelo de buscar potencial hidroeléctrico que cumpla con ciertas restricciones dadas por el usuario. Por ejemplo, si se quiere buscar todo el potencial hidroeléctrico de una cuenca, que no se traslape con parques nacionales, se dará al OdV de Parques Nacionales una ponderación tan alta que resulte demasiado “costoso” o “poco óptimo” al modelo para seleccionar el potencial que se encuentra en ellos. Entonces, el modelo escogerá las sub-subcuenca con potencial hidroeléctrico que están fuera de parques nacionales. Esta misma combinatoria puede hacerse poniendo como restricción cualquier OdV, o un conjunto de ellos, o cambiando sus pesos para seleccionar ciertos OdV sobre otros. En la configuración del modelo también se pueden restringir los tamaños de potencial hidroeléctrico que se quiere que el modelo seleccione, por ejemplo, elegir sólo potencial hidroeléctrico menor a 100 MW.

La asignación de ponderaciones o pesos¹⁷ a los OdV permite revisar distintos escenarios de selección de potencial hidroeléctrico dependiendo de políticas, planes, metas u objetivos (sectoriales o intersectoriales) relacionados con el desarrollo de este tipo de energía y sus implicancias territoriales. El modelo es flexible a diferentes tipos de preguntas sobre el territorio, por ejemplo ¿Con cuántos elementos valorados por la sociedad interactúa el potencial hidroeléctrico? ¿Cuánto potencial hidroeléctrico no interfiere con sitios de alto valor turístico? o ¿Cuánto potencial se podría desarrollar, que no intervenga con sitios de significación cultural? El modelo selecciona los puntos de potencial hidroeléctrico que cumplen con las restricciones dadas y entrega los resultados con información de ubicación espacial que, a través de programas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), permite generar una cartografía para mostrar los resultados. El siguiente esquema muestra una síntesis de cómo opera la herramienta de modelación. Las ponderaciones corresponden a pesos o factores que se dan a los OdV, según criterio experto. El resultado de la modelación dependerá de la pregunta de optimización¹⁸ que se realiza al modelo. Éste analiza el traslape o interferencia de desarrollo hidroeléctrico con los factores condicionantes de acuerdo a su coincidencia espacial y entrega una selección de potencial hidroeléctrico que queda exenta de dicha restricción. Los resultados contienen información de ubicación espacial, por lo que a través de SIG es posible representarlos en cartografía, a escala de sub-subcuenca. Además, el modelo entrega resultados en tablas compatibles con Excel. El software utilizado en las cuencas de Maule, Biobío y Toltén fue *Groovy*, mientras que *MatLab* se utilizó en las cuencas de Valdivia, Bueno, Puelo, Yelcho, Palena, Cisnes, Aysén, Baker y Pascua. Aunque distintos, ambos programas realizan las mismas funciones y entregan resultados homologables.

Estos resultados corresponden únicamente a ejercicios de alternativas para la planificación territorial, y no a decisiones o a soluciones rígidas o únicas.

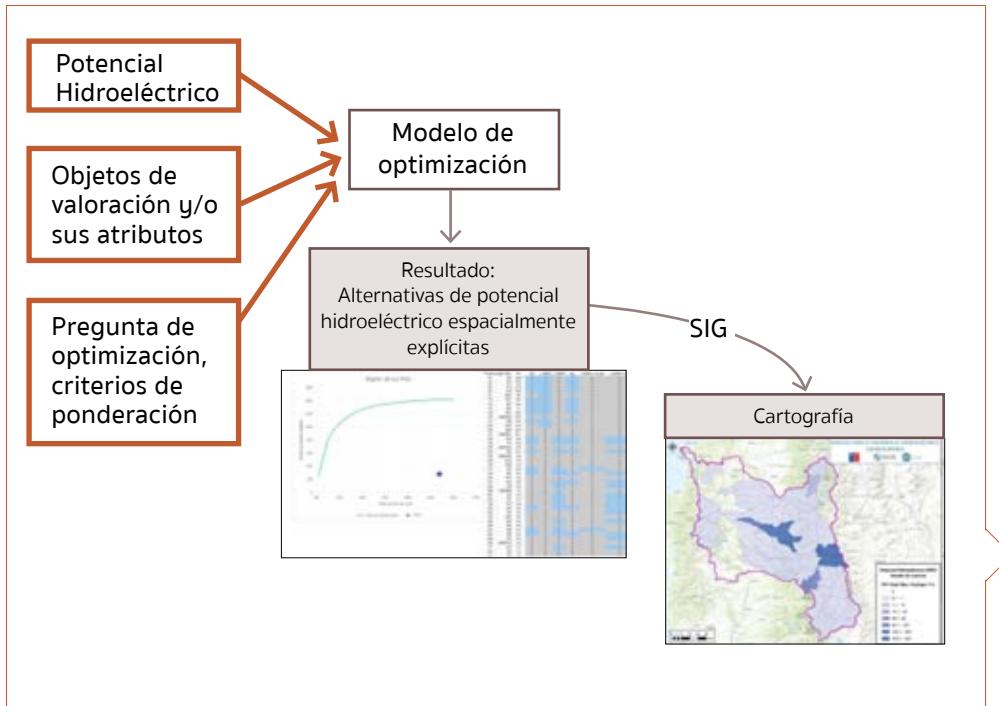


Figura 15.
Esquema de procesamiento de información en la herramienta de modelación

Fuente:
elaboración propia.

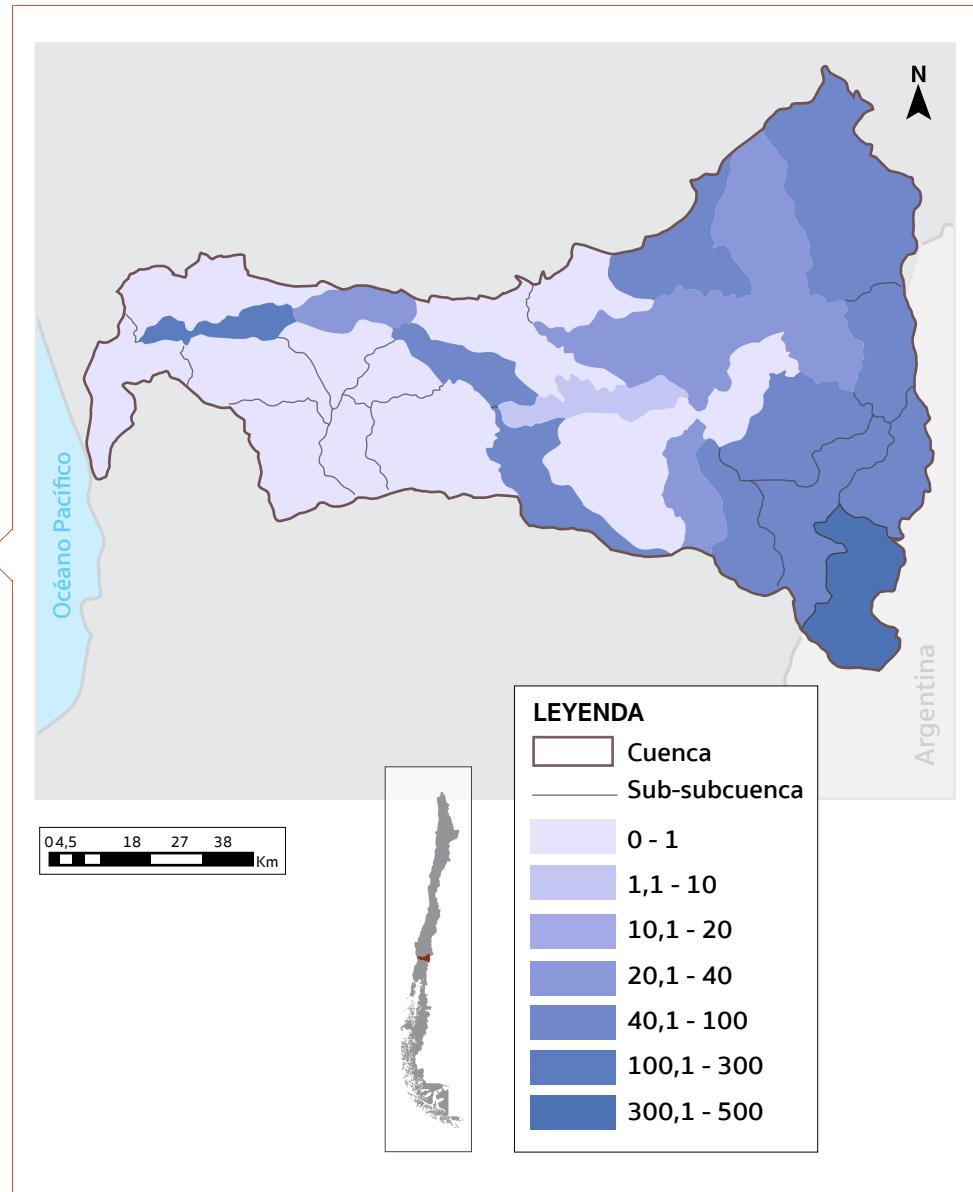
6.3 EJEMPLOS

A modo de ejemplo del funcionamiento del modelo, se presenta la siguiente situación hipotética para la cuenca del Toltén.

Toltén es una cuenca para la que se ha estimado un potencial hidroeléctrico total de 1.123,4 MW distribuido de forma relativamente homogénea entre las sub-subcuencas que la componen. Es una zona donde hay presencia de todos los OdV levantados y donde son especialmente relevantes sus valores culturales y ecológicos, en comparación con otras cuencas que tienen una distribución diferente de sus Objetos de Valoración. La Figura 16 muestra el potencial hidroeléctrico de la cuenca del Toltén, donde cada sub-subcuenca representa un valor de potencial a dicha escala, y la Figura 17 muestra cómo se ven todos los Objetos de Valoración una vez que han sido sumados (suma ponderada), también a escala de sub-subcuenca.

Figura 16.
Potencial hidroeléctrico
de la cuenca del Toltén

Fuente: informe final estudio de cuencas, grupo:
Maule, Biobío,
Toltén.



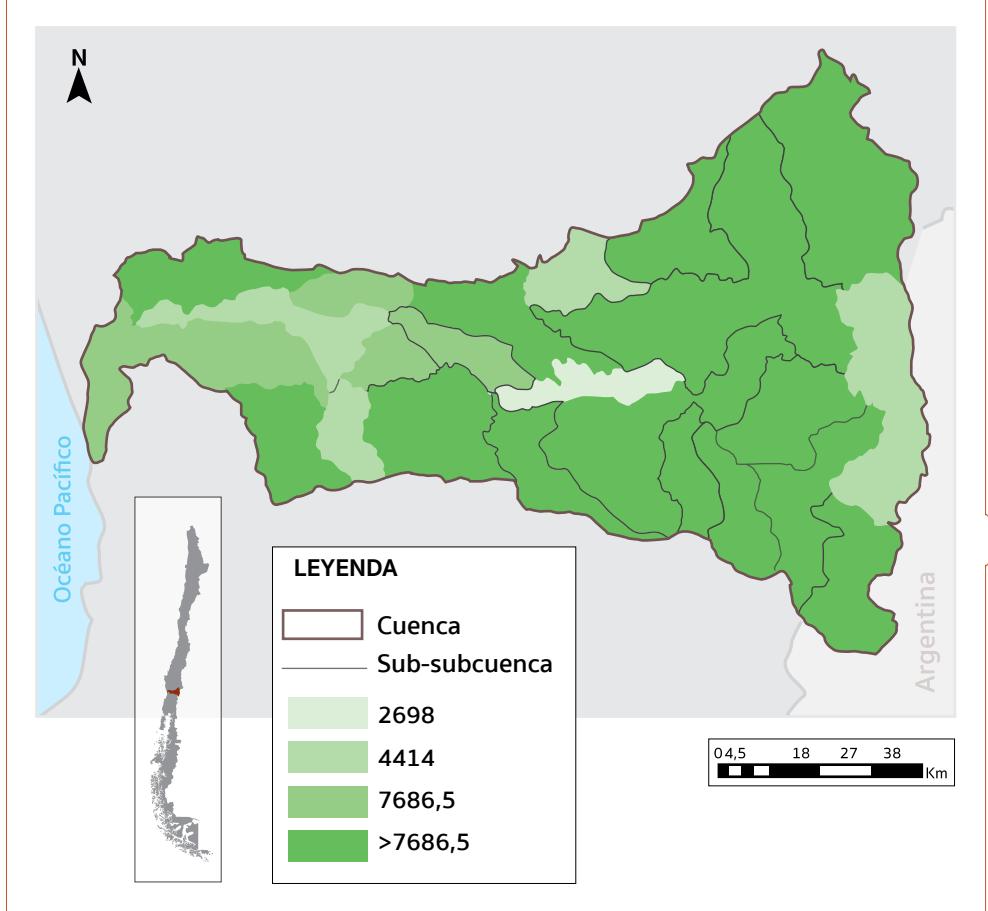


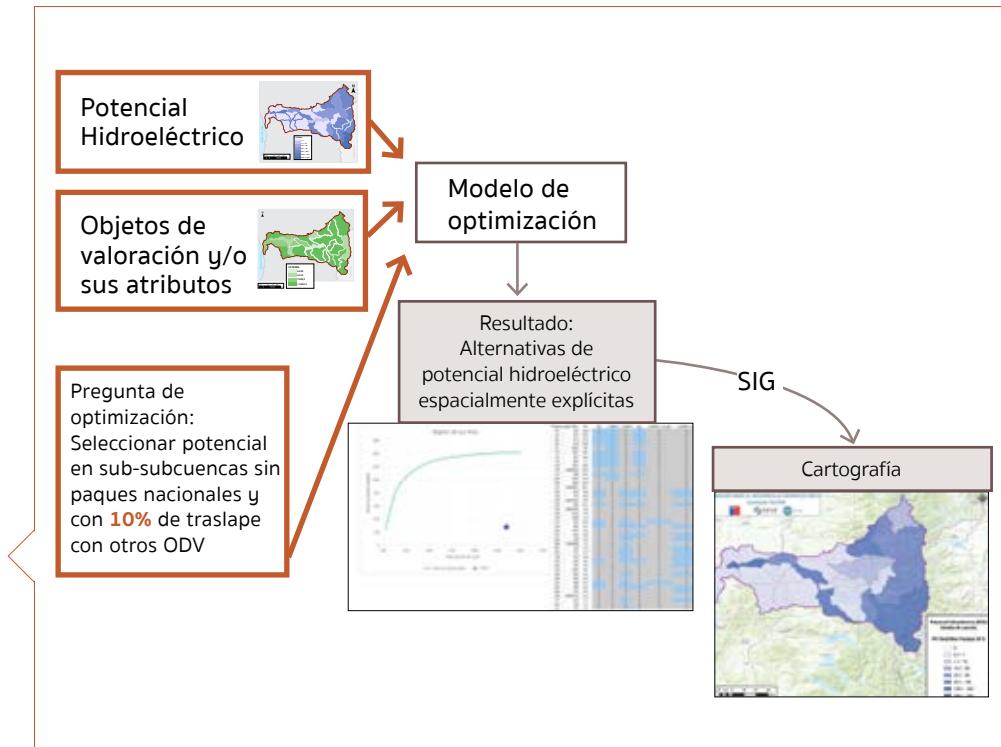
Figura 17.
Objetos de
Valoración
ponderados en la
cuenca del Toltén

Fuente: seminario
de presentación
de resultados
preliminares,
Temuco, junio de
2016.

Si se quiere saber cuánto potencial hidroeléctrico no tiene traslapes con parques nacionales y además se busca restringir el traslape con los demás OdV, es posible ajustar el modelo para que haga una selección en función de dichos parámetros. Por ejemplo, se buscará el potencial hidroeléctrico que no tope con parques nacionales y se le permitirá un máximo de 10% de tope con los demás Objetos de Valoración presentes en la cuenca. A través del esquema de funcionamiento del modelo, la Figura 18 muestra los procesos seguidos para obtener los resultados de dicho ejercicio.

Figura 18.
Ejemplo de modelación para la cuenca del Toltén. Potencial hidroeléctrico fuera de parques nacionales y con 10% de interacción máxima con otros Objetos de Valoración

Fuente: seminario de presentación de resultados preliminares, Temuco, junio de 2016



La cartografía final muestra las sub-subcuenca que han sido seleccionadas por el modelo, que cumplen con las restricciones indicadas en la pregunta de optimización. Los diferentes colores muestran diferentes rangos de potencial identificado.

La misma pregunta de optimización puede realizarse, pero esta vez restringiendo más el traslape con otros Objetos de Valoración, por ejemplo, indicando que sólo puede seleccionarse potencial hidroeléctrico fuera de parques nacionales y con un máximo de 1% de interacción con otros OdV. La Figura 19 muestra estos resultados.

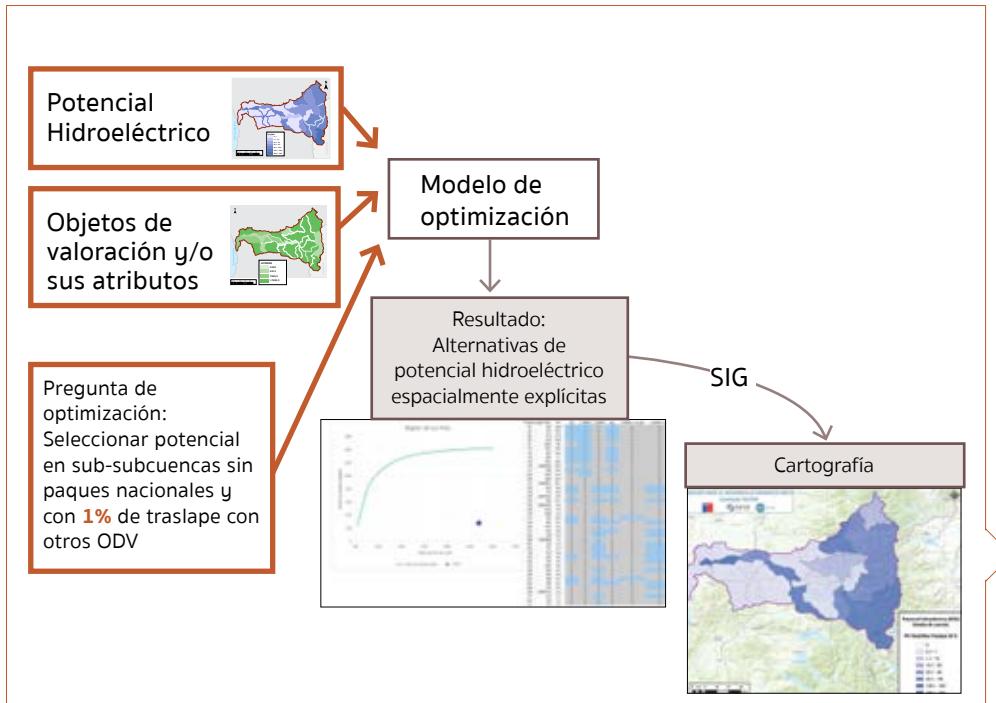


Figura 19.
Ejemplo de modelación para la cuenca del Toltén. Potencial hidroeléctrico fuera de parques nacionales y con 1% de interacción máxima con otros Objetos de Valoración

Al comparar los dos resultados, es posible ver que una regla de decisión más restrictiva modifica la selección del potencial hidroeléctrico. Si bien esta observación podría asumirse sin necesidad de realizar cálculos sofisticados, la herramienta permite cuantificar estas diferencias en términos de potencial, y hacer numerosas comparaciones considerando un OdV como restricción principal (en este caso, los parques nacionales) y diferentes grados o porcentajes de restricción de los demás OdV. También puede hacerse el ejercicio de dejar fuera de la selección de potencial a todas las áreas protegidas –públicas y privadas– y a los sitios prioritarios de conservación de la naturaleza, o quizás excluir totalmente las actividades productivas de la cuenca. Otro ejercicio podría combinar las áreas asociadas a atractivos turísticos, por ejemplo, restringiendo la selección de potencial en áreas del SNASPE, en sitios de alto valor paisajístico y en sitios donde se desarrolla actividad turística. También podría realizarse un análisis general de interacción con OdV, al darle a todos los Objetos la misma ponderación y seleccionando

Fuente: seminario de presentación de resultados preliminares, Temuco, junio de 2016

el potencial que interactúa con un máximo del 30%, o del 20% o del 5%. Las posibilidades son muchas, y contar con la oportunidad de utilizar esta herramienta para analizar diferentes escenarios es el valor que representan los ejercicios de modelación.

No ha sido objetivo del estudio priorizar cuencas para el desarrollo hidroeléctrico. Tampoco indicar zonas permitidas ni zonas de exclusión de la hidroelectricidad. Los resultados del modelo son únicamente insumos parciales de información, y es sólo uno de los productos que se generan en el proceso del Mapeo de Cuencas y que permite apoyar la toma de decisiones sobre planificación hidroeléctrica, en línea con lo definido en la Agenda de Energía y con las metas planteadas en la Política Energía 2050.

6.4 ALCANCES DE LOS EJERCICIOS DE MODELACIÓN

El modelo permite generar escenarios que sirvan de orientación a dos grandes temas:

1. Políticas públicas específicas relacionadas con el desarrollo hidroeléctrico.

Por ejemplo, si se quiere compatibilizar el desarrollo hidroeléctrico en territorios donde hay una importante presencia de pueblos originarios, cabe preguntarse ¿puede ser el desarrollo hidroeléctrico un factor relevante en el desarrollo local o de pueblos originarios? ¿Dónde podría emplazarse para que esto ocurra? ¿Cuáles son las oportunidades y cuáles son los riesgos? A partir de estas preguntas, se podría correr el modelo pidiéndole que busque sub-subcuencas donde haya potencial hidroeléctrico de baja magnitud para desarrollar pequeños proyectos asociativos, y que éste potencial se encuentre a una distancia dada a las comunidades indígenas. Se podría agregar que considere la existencia de demandas de tierras indígenas como un factor de riesgo, al ser situaciones que legalmente no han sido resueltas, excluyendo el potencial hidroeléctrico que se traslape con dichas demandas. Los resultados que entregue el modelo corresponden a un insumo de información importante para los tomadores de decisión, pero deben ser analizadas con criterio experto, tomando en cuenta el contexto que ha tenido el desarrollo hidroeléctrico en la zona, el análisis de conflictos latentes y otros elementos relevantes desde el punto de la planificación energética y del desarrollo de la cuenca que se está evaluando.

Otro ejemplo sería hacer un seguimiento a un plan de incentivo del desarrollo de pequeñas centrales hidroeléctricas. Mediante las preguntas adecuadas se podría evaluar un portafolio de proyectos ya definidos, priorizar la realización de participación ciudadana temprana en zonas donde se detecte el mínimo de traslape con elementos de valoración.

Una tercera muestra o ejemplo del tipo de preguntas que el modelo del estudio de cuencas puede aportar a resolver es generando insumos de información para compatibilizar una agenda de desarrollo hidroeléctrico con una agenda sectorial de protección de ecosistemas de interés. El modelo podría ayudar a identificar zonas de desarrollo de potencial hidroeléctrico con baja amenaza a especies endémicas o bajos niveles de representación de áreas prioritarias de conservación. Por otra parte, también podría identificar zonas de potencial hidroeléctrico que se encuentren fuera de cualquier área protegida o de interés de conservación, por ejemplo, dándole a todos los OdV correspondientes una ponderación tan alta, que sean automáticamente excluidos del ejercicio de selección de potencial.

2. Orientación para procesos de planificación y gestión territorial

Hacer diferentes preguntas al modelo puede proporcionar alternativas de información para los instrumentos de planificación local, como por ejemplo, para los Planes Energéticos Regionales Territoriales (PER-T) o para los Planes Regionales de Ordenamiento Territorial.

Por ejemplo, se puede contribuir a las metas asociadas a la Política Energía 2050 con información que ayude a definir zonas de desarrollo de potencial hidroeléctrico de cierta magnitud, o combinando magnitudes de potencial con zonas de interés de protección, por nombrar algunos ejemplos. Probar, en el modelo, diferentes combinaciones interesantes para aportar con información sectorial a estas planificaciones.

El aporte de la metodología propuesta es que es posible hacer ejercicios combinando diferentes tipos de información, bajo una base de datos realista, con una herramienta especialmente ajustada para ello. Su principal valor es aportar, a analistas y tomadores de decisiones, información que ha sido procesada y analizada y que se ve acompañada de un contexto histórico y territorial que le imprime realismo a los análisis que puedan derivarse de sus resultados. El modelo puede mostrar múltiples resultados, dependiendo de

un número infinito de preguntas de optimización que se puedan realizar y de diferentes grados de ponderación o restricción que se den a un OdV, o a una combinación de ellos.

Es una herramienta interesante para analizar preguntas que aporten a los procesos de planificación con información actualizada, y no representa decisiones del Ministerio de Energía, ni orientaciones rígidas sobre el desarrollo hidroeléctrico que pueda llevarse a cabo en el país.



Laguna del Maule, Región del Maule © Sebastián Seisdedos.

7. CONCLUSIONES



Laguna Verde, Región de Aysén © Carlos Olivares.

El proceso de Mapeo de Cuencas que, hasta el momento, comprende esta fase de estudios y la anterior, ha significado un esfuerzo conjunto de expertos, profesionales y académicos que han diseñado una aproximación para contribuir a los procesos de gestión y planificación territorial asociados a los recursos hidroeléctricos en el centro y sur de Chile, incorporando en la discusión el recurso como tal y los elementos que son valorados por la sociedad en distintas dimensiones. Así, este estudio ha alcanzado importantes resultados y en la actualidad el Estado y los actores del sector cuentan con mayor y mejor información para tomar decisiones, ya sea para la formulación de políticas públicas, las decisiones de inversión o para el entendimiento y valorización del territorio.

Dos elementos clave para generar mejor información para el proceso de toma de decisiones fueron la recolección y procesamiento de datos y la construcción del marco de Objetos de Valoración (OdV). En este estudio se logró levantar información relativa a elementos que, siendo valorados por la sociedad, pueden ser condicionantes para el desarrollo hidroeléctrico en las cuencas, por la forma en que interactúan o el tipo de transformación que este desarrollo energético propicia en el territorio. Gran parte de estos factores fueron, sistemáticamente, abordados y cuantificados en el marco de los OdV, mientras que otros fueron analizados en el contexto de la caracterización y entendimiento de los conflictos socio-ambientales en los territorios. Como parte del enfoque de OdV, se levantó información relativa a atributos del medio ambiente fluvial y terrestre, así como elementos sociales, culturales y productivos. Para tal efecto, se utilizaron metodologías que incluyen la revisión y análisis de bases de datos, campañas de terreno y toma de datos, y entrevistas con informantes clave de los territorios. Toda la información levantada se ha sistematizado en bases de datos que permiten una representación espacial de estos atributos.

El concepto de OdV permite representar en forma sistemática, comparable y espacialmente explícita, la presencia de atributos valiosos en el territorio, comúnmente asociados a los intereses territoriales de la ciudadanía. La importancia de esta representación es que, utilizando los medios adecuados, es posible incorporar estos intereses en un esquema analítico que permita evaluar distintos escenarios de interacción con la hidroelectricidad.

Otro elemento relevante de este estudio fue la aproximación planteada para incorporar ejercicios de planificación de una manera transparente, sistemática y flexible a través de una herramienta, utilizando la información generada para la construcción de los OdV y el potencial hidroeléctrico. Si bien es un ejercicio innovador, tiene un carácter exploratorio ya que aún quedan desafíos que van más allá de este estudio y del proceso de Mapeo de Cuencas en general, para implementar una herramienta de estas características a nivel nacional y con la validación por parte de los actores en el territorio.

Teniendo en consideración la importancia de un desarrollo hidroeléctrico futuro que resguarde el medio ambiente y respete a las comunidades y los territorios donde se inserta, el estudio ha recogido los desafíos y recomendaciones que han realizado diferentes actores en variadas instancias de participación y reflexión, sobre aspectos que deben ser considerados en el Mapeo de Cuencas y en futuros procesos asociados a él. Como primer punto, se recomienda que exista un proceso más profundo de difusión y transferencia de los alcances de este estudio con las comunidades y demás actores involucrados. Por otro lado, se hace necesario realizar estudios similares en otras cuencas que signifiquen un potencial relevante, especialmente para las discusiones de escala nacional. A este fin, se sugiere continuar con las cuencas de mayor potencial hidroeléctrico que no han sido abordadas en esta segunda fase. El potencial es un buen criterio de selección, dado que no es posible hacer una priorización o selección en función de los OdV, pues su distribución o presencia en las cuencas es bastante homogénea, de modo que no es trivial proponer una selección de territorios en función de este criterio. De esta forma, las cuencas que deberían abordarse a continuación, en orden de mayor a menor potencial hidroeléctrico, serían: Mataquito, Itata, Maipo, Imperial y Rapel. Otro punto de alta relevancia es trabajar en la búsqueda de consenso y asimilación de la información por parte de las comunidades, incorporando dimensiones subjetivas para la construcción de los OdV, especialmente aquellos de índole cultural.

Los resultados del Mapeo de Cuencas deben ser aprovechados de la mejor forma por organismos de gobierno, desarrollares y la ciudadanía, de modo que contribuyan a las decisiones estratégicas que se tomen en relación al desarrollo hidroeléctrico y a un mejor entendiendo del territorio. El estudio de cuencas constituye una semilla para hablar sanamente de hidroelectricidad y promover estándares de sustentabilidad.

Lago Panguipulli, Región de Los Ríos © Patricio Yáñez Strange (Banco Audiovisual SERNATUR).



8. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA



8.1 REFERENCIAS

-
- Aliste, E. 2010. Territorio y ciencias sociales: trayectorias espaciales y ambientales en debate. Pp. 55-76. En: Aliste, E. y A. Urquiza (eds.). Medio ambiente y sociedad. Conceptos, metodologías y experiencias desde las ciencias sociales y humanas. RIL Editores, Santiago, 276 p.
 - Bowen, S., F. Fábrega y R. Medel. 2012. Movimientos sociales rurales y problemática medioambiental: la disputa por la territorialidad. *Psicoperspectivas. Individuo y Sociedad*, 11(1): 204–225.
 - Brown, E., N. Dudley, A. Lindhe, R.R. Muhtaman, C. Stewart and T. Synnott (eds.). 2013. Common guidance for the identification of High Conservation Values. HCV Resource Network. Disponible en: <https://www.hcvnetwork.org/resources/folder.2006-09-29.6584228415/cg-for-hcv-identification>
 - Cayuela, L., D.J. Golicher, A.C. Newton, M. Kolb, F.S. de Alburquerque and E.J.M.M. Arets. 2009. Species distribution modeling in the tropics: problemas, potentialidades, and the role of biological data for effective species conservation. *Top. Conserv. Sci.*, 2: 319-352.
 - CDB, Convenio sobre la Diversidad Biológica, y PNUMA, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. s/a. Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 y las Metas de Aichi. Viviendo en armonía con la naturaleza. Disponible en: <https://www.cbd.int/doc/strategic-plan/2011-2020/Aichi-Targets-ES.pdf>
 - CONAF, Corporación Nacional Forestal. 2016. Parques de Chile. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. Disponible en: <http://www.conaf.cl/parques-nacionales/parques-de-chile/>
-

- CONICYT, Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica. 2007. El sector de la energía en Chile. Capacidades de investigación y áreas de desarrollo científico-tecnológico. CONICYT, Santiago, 16 p. Disponible en: http://www.conicyt.cl/documentos/dri/ue/Energia_Energy_BD.pdf
-
- Folchi, M. 2001. Conflictos de contenido ambiental y ecologismo de los pobres: no siempre pobres, ni siempre ecologistas. *Ecología política*, 22: 79-100.
-
- Guisan, A. and N.E. Zimmermann. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135: 147-186.
-
- Harnecker, R. 1936. Política eléctrica chilena. Impr. Nacimiento, Santiago, 232 p.
-
- INE, Instituto Nacional de Estadísticas y ODEPA, Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. 2007. Censo Agropecuario 2007. Gobierno de Chile. Disponible en: http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/censos_agropecuarios/censo_agropecuario_07.php
-
- IPCC, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. 2013. Resumen para responsables de políticas. En: Bases físicas. Contribución del Grupo de Trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. [Stocker, T.F., G.K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América. Disponible en: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SPM_brochure_es.pdf
-
- IPCC, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. 2014. Cambio climático 2013. Base de ciencia física. Afirmaciones principales del Resumen para responsables de políticas. Disponible en: http://www.ipcc.ch/news_and_events/docs/ar5/ar5_wg1_headlines_es.pdf
-
- Iriarte, J., G. Lobos and F. Jaksic. 2005. Invasive vertebrate species in Chile and their control and monitoring by governmental agencies. *Revista Chilena de Historia Natural*, 78: 143-154.
-
- Jenks, G. F. 1967. The Data Model Concept in Statistical Mapping. *International Yearbook of Cartography*, 7: 186-190.
-

- Marquet, P., S. Abades, J. Armesto, I. Barría, M. Arroyo, L. Cavieres, R. Gajardo, C. Garín, F. Labra, F. Meza, C. Prado, P. Ramírez de Arellano, S. Vicuña y P. Pliscoff. 2010. Estudio de vulnerabilidad de la biodiversidad terrestre en la eco-región mediterránea, a nivel de ecosistemas y especies, y medidas de adaptación frente a escenarios de cambio climático. IEB (Instituto de Ecología y Biodiversidad), Centro de Cambio Global (Universidad Católica), Centro de Estudios Avanzados en Ecología y Biodiversidad (CASEB). Santiago.
-
- Ministerio de Energía. 2014. Agenda de energía. Un desafío país, progreso para todos. Gobierno de Chile, 123 p. Disponible en: http://www.cumplimiento.gob.cl/wp-content/uploads/2014/03/AgendaEnergiaMAYO2014_FINAL.pdf
-
- Ministerio de Energía y Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. 2014. Energías renovables en Chile. El potencial eólico, solar e hidroeléctrico de Arica a Chiloé. Publicado por el Proyecto Estrategia de Expansión de las Energías Renovables en los Sistemas Eléctricos Interconectados (Ministerio de Energía y GIZ). Santiago, Chile, 145 p.
-
- Ministerio de Energía. 2015a. Base para la planificación territorial en el desarrollo hidroeléctrico futuro. Resultados de la primera fase del estudio de cuencas. Gobierno de Chile, Santiago, 74 p. Disponible en: <http://www.hidroelectricidadsustentable.gob.cl/docs>
-
- Ministerio de Energía. 2015b. Energía 2050. Política Energética de Chile. Gobierno de Chile, 152 p. Disponible en: <http://www.energia2050.cl/es/>
-
- Pardo, R., I. Vila and J. Capella. 2009. Competitive interaction between introduced rainbow trout and native silverside in a Chilean stream. *Environmental Biology of Fishes*, 26: 353-359.
-
- Penaluna, B., I. Arismendi and D. Soto. 2009. Evidence of interactive segregation between introduced trout and native fishes in Northern Patagonian rivers, Chile. *Transactions of the American Fisheries Society*, 138: 839-845.
-
- Pliscoff , P. 2015. 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. Informe técnico elaborado para el Ministerio del Medio Ambiente, Gobierno de Chile, Santiago, 63 p.
-

- Rinaldi, M., N. Surian, F. Comiti and M. Bussettini. 2013. A method for the assessment and analysis of the hydromorphological condition of Italian streams: The Morphological Quality Index (MQI). *Geomorphology*, 180: 96-108.
-
- Romero, H., H. Romero y X. Toledo. 2009. Agua, poder y discursos: conflictos socio-territoriales por la construcción de centrales hidroeléctricas en la Patagonia chilena. *Anuario de Estudios Americanos*, 66: 81-103.
-
- Stamm, C. y E. Aliste, 2014. El aporte de un enfoque territorial al estudio de los conflictos socio-ambientales. The contribution of a territorial approach to the study of socio-environmental conflicts. *Revista F@ro*, 2(20): 66-78.
-
- Vergara, A. 2012. A treinta años de la Ley General de Servicios Eléctricos. Orígenes y desafíos. *AdEner, Actas de Derecho de Energía*, 2: 275-283.
-
- Vila, I. and E. Habit. 2015. Current situation of the fish fauna in the Mediterranean Region of Andean River Systems in Chile. *FiSHMED Fishes in Mediterranean Environments*, pp. 1-19.
-
- Villalobos, S. 1990. Historia de la ingeniería en Chile. Hachette, Santiago, 409 p.

8.2 INFORMES DE ESTUDIOS DE CUENCAS

Los informes finales de los estudios de cuencas, en base a los cuales se ha construido esta publicación de difusión, corresponden a compendios detallados de las actividades y resultados obtenidos en cada grupo de cuencas. Se encuentran disponibles para su descarga en:

1. Sitio web del Ministerio de Energía, Sección Sustentabilidad:

<http://www.energia.gob.cl/sustentabilidad>

2. Plataforma de Hidroelectricidad Sustentable, Sección Documentos:

<http://www.hidroelectricidadsustentable.gob.cl/docs>

3. Energía Abierta, Sección Centro de información / Estudios:
<http://energiaabierta.cl/estudios/>

8.3 SITIOS WEB RECOMENDADOS

Los siguientes sitios son recomendados porque representan información complementaria a lo que se ha recopilado y construido para las 12 cuencas abordadas en el proceso de Mapeo de Cuencas.

Plataforma de Hidroelectricidad Sustentable
www.hidroelectricidadesustentable.gob.cl

Infraestructura de Datos Espaciales del Ministerio de Energía – IDE Energía
<http://ide.energia.gob.cl>

Explorador de Derechos de Aprovechamiento de Aguas No Consuntivos
<http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/DAANC>

Aprende con Energía. Portal del Ministerio de Energía y Educar Chile
www.aprendeconenergia.educarchile.cl

Portal de información Energía Abierta, de la Comisión Nacional de Energía
www.energiaabierta.cne.cl

9. ANEXOS



Precordillera de Parral, Región del Maule © Abraham Navarro (Banco Audiovisual SERNATUR).

9.1 RESUMEN DE OBJETOS DE VALORACIÓN

La construcción de los Objetos de Valoración ha requerido un importante trabajo de coordinación entre especialistas de tres grandes equipos de trabajo. Lo que se presenta a continuación es una síntesis de ello, a través de la definición de cada uno de los Objetos levantados y las cuencas donde ha sido posible realizar este trabajo. Las particularidades de cada zona (centro, sur y Aysén) hacen que algunas definiciones del mismo OdV no sean textualmente idénticas, sin embargo, persiguen el mismo objetivo de representación. Los informes finales respectivos contienen esta información en mayor detalle, junto con una descripción detallada de las metodologías seguidas, los resultados levantados y el análisis de los mismos. Las siguientes tablas resumen todos los OdV levantados en el estudio para los tres grupos de cuencas:

- **Centro: Maule, Biobío y Toltén.**
- **Sur: Valdivia, Bueno, Puelo y Yelcho.**
- **Aysén: Palena, Cisnes, Aysén, Baker y Pascua.**

Tabla 7.

Listado de Objetos de Valoración Fluviales

~		Definición	Grupo de cuencas donde el OdV fue levantado		
Código	Objeto de Valoración	Definición	Centro	Sur	Aysén
F.1	Especies fluviales en categoría de amenaza	Riqueza de especies en categoría de amenaza (CR, EN, V, IC o R ⁹).	•	•	•
F.2	Especies fluviales endémicas	Riqueza de especies fluviales endémicas.	•	•	•
F.3	Régimen hidrológicamente no alterado	Nivel de alteración entre del régimen hidrológico mediante presencia de obras civiles que lo alteren.	•	•	•
F.4	Régimen de sedimentos no alterado	Nivel de alteración de régimen y disponibilidad de sedimentos mediante la identificación de obras e intervenciones que alteren su naturalidad.	•	•	•
F.5	Sistemas fluviales con conectividad longitudinal a nivel de cauce no fragmentada	Conectividad longitudinal a nivel de cauce no fragmentada.	•	•	•
F.6	Sistemas fluviales con conectividad longitudinal del corredor ripario	Conectividad longitudinal del corredor ripario no fragmentada.	•	•	•
F.7	Sistemas fluviales con conectividad lateral no fragmentada	Sistemas fluviales con conectividad lateral no fragmentada.	•	•	•
F.8	Accesibilidad de la red hidrográfica	Accesibilidad a hábitats en el río para especies fluviales por sub-subcuenca (SSC).	•	•	•
F.9	Sistemas fluviales con condiciones naturales de calidad físico-química del agua	Sistemas fluviales con condiciones naturales de calidad fisicoquímica.	•	•	•



			Grupo de cuencas donde el OdV fue levantado		
Código	Objeto de Valoración	Definición	Centro	Sur	Aysén
F.10	Sistemas fluviales morfológicamente intactos	Sub-subcuencas que presenten un menor grado de alteración en su morfología fluvial, mediante la evaluación de obras y actividades antrópicas que la alteren.	•	•	•
F.11	Comunidades fluviales con baja presencia de especies exóticas	Ecosistemas fluviales relativamente intervenidos desde la perspectiva de la presencia de especies exóticas.	•	•	•
F.12	Áreas fluviales críticas para la conservación de la biodiversidad	Existencia de hábitats importantes para la conservación de la biodiversidad de especies relacionadas al ambiente ripariano.	•	•	•
F.13	Ecosistemas lacustres	Existencia de lagos y lagunas	•	•	•
F.14	Glaciares	Presencia de glaciares.	•	•	•

¹⁹ Corresponden a: CR, En peligro crítico / EN, En peligro / V o VU, Vulnerable / IC, Insuficientemente conocida / R, Rara, de acuerdo al Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres, RCE (Decreto 29/2012 del Ministerio del Medio Ambiente).

Fuente: elaboración propia en base a informes finales de estudios de cuencas.

Tabla 8.

Listado de Objetos de Valoración Terrestres

			Grupo de cuencas donde el OdV fue levantado		
Código	Objeto de Valoración	Definición	Centro	Sur	Aysén
T.1	Especies terrestres en categoría de amenaza	Riqueza de especies terrestres en categoría de amenaza (CR, EN, V, IC o R).	•	•	•
T.2	Especies terrestres endémicas	Riqueza de especies terrestres endémicas.	•	•	•
T.3	Áreas terrestres críticas para la conservación de la biodiversidad	Áreas de uso temporal crítico (refugios, reproducción, cría, migración, alimentación o hibernación).	•	•	•
T.4	Áreas de paisaje terrestre natural	Cuencas con pocos impactos que tengan efectos sobre la hidrología-suelo-contaminación del agua.	•	•	•
T.5	Paisaje natural no fragmentado	Ausencia o baja fragmentación del paisaje natural por sub-subcuencia.	•	•	•
T.6	Comunidades terrestres con baja presencia de especies exóticas	Incorpora la identificación de ecosistemas terrestres relativamente intervenidos desde la perspectiva de la presencia de especies exóticas.	•	•	
T.7	Ecosistemas terrestres azonales	Identifica ecosistemas particulares con extensión espacial reducida o restringida, asociada a condiciones edáficas particulares.	•	•	•
T.8	Ecosistemas terrestres en categoría de amenaza	Identificación de ecosistemas terrestres que están categorizados como amenazados según la evaluación de la Lista Roja de Ecosistemas de Chile (Pliscoff, 2015).	•	•	•



			Grupo de cuencas donde el OdV fue levantado		
Código	Objeto de Valoración	Definición	Centro	Sur	Aysén
T.9	Protección frente a la erosión	Servicio ecosistémico de protección de la erosión. Identificación de áreas críticas para mantener y regular el régimen fluvial o calidad de agua y controlar la erosión y estabilidad del terreno.	•	•	•
T.10	Parques Nacionales	Todas las áreas definidas oficialmente como parques nacionales.	•	•	•
T.11	Áreas oficiales de conservación excluyendo parques nacionales	Áreas protegidas con carácter oficial y público, exceptuando parques: reservas nacionales, monumentos nacionales, bienes nacionales protegidos y santuarios de la naturaleza.	•	•	•
T.12	Áreas de conservación de interés privado y sitios prioritarios	Áreas consideradas como sitios prioritarios para la conservación por el Ministerio del Medio Ambiente y áreas protegidas de interés privado.	•	•	•

²² Corresponden a: CR, En peligro crítico / EN, En peligro / V o VU, Vulnerable / IC, Insuficientemente conocida / R, Rara, de acuerdo al Reglamento para la clasificación de Especies Silvestres, RCE (Decreto 29/2012 del Ministerio del Medio Ambiente).

Fuente: elaboración propia en base a informes finales de estudios de cuencas.

Tabla 9.

Listado de Objetos de Valoración Sociales

			Grupo de cuencas donde el OdV fue levantado		
Código	Objeto de Valoración	Definición	Centro	Sur	Aysén
S.1	Necesidades sociales de subsistencia: sanidad y agua potable	Presencia de localidades con requerimiento relevante de agua potable.	•	•	
S.2	Necesidades sociales de subsistencia alimentaria	Existencia de unidades sociales de subsistencia alimentaria que utilicen aguas superficiales para riego.	•	•	
S.1*	Conectividad fluvial	Existencia de obras o instalaciones fluviales que satisfacen las necesidades de movilidad, conectividad, accesibilidad y transporte.			•
S.2*	Agua Potable Rural	Existencia de servicio prestado en áreas rurales o agrícolas para satisfacer la necesidad de agua potable.			•
S.3*	Sistema Agua Potable	Existencia de servicio prestado en áreas urbanas para satisfacer la necesidad de agua potable.			•

*Algunos OdV de la zona centro y sur coinciden en la numeración con los OdV de Aysén, pero no en la definición del OdV. Esto se debe a que fueron trabajados por equipos diferentes. Aquellos en dicha situación están marcados con un *.

Fuente: elaboración propia en base a informes finales de estudios de cuencas.

Tabla 10.

Listado de Objetos de Valoración Culturales

			Grupo de cuencas donde el OdV fue levantado		
Código	Objeto de Valoración	Definición	Centro	Sur	Aysén
C.1.1	Sitios de significación cultural y de manifestaciones o actividades culturales indígenas	Existencia de espacios sagrados o de significación cultural donde se desarrollan y recrean ámbitos de la cultura, los cuales tienen un valor histórico y/o sagrado, ya que están ligados a aspectos de carácter social, espiritual, económico y político; lo conforman elementos que forman parte de la cosmovisión, constituyendo parte del patrimonio arquitectónico, cultural e histórico de los pueblos indígenas, por lo que su mantenimiento y resguardo tiene directa relación con la sobrevivencia de la cultura; y existencia de sitios donde se realizan manifestaciones o actividades culturales propias o identitarias de una comunidad indígena, y que responden a sus intereses, tienen un carácter tradicional y generan en ésta sentimientos de arraigo.	•	•	
C.1.2	Relevancia de tierra indígena	Existencia de tierras que cumplan con algunas de las características establecidas en el artículo 12 de la Ley Indígena.	•	•	
C.1.3	Relevancia de Áreas de Desarrollo Indígena	Existencia de territorios geográficos delimitados con alta densidad de población indígena surgidos a partir de la aplicación del Art. 26 de la Ley Indígena donde se busca la focalización de políticas coordinadas de los órganos del Estado para mejorar la calidad de vida de las personas que habitan en dichos territorios.	•	•	



			Grupo de cuencas donde el OdV fue levantado		
Código	Objeto de Valoración	Definición	Centro	Sur	Aysén
C.1.4	Relevancia de demandas de tierra indígena	Existencia de tierras en situación de conflicto por su ocupación y posesión en el marco de un proceso de reivindicación territorial de pueblos indígenas que han sido desplazados, siendo estas tierras sujeto de demandas sobre la base de la recuperación de tierras que pertenecen ancestralmente a estos pueblos indígenas.	•	•	
C.1.5	Presencia de comunidades indígenas	Existencia de “agrupaciones de personas pertenecientes a una misma etnia indígena y que se encuentren en una o más de las siguientes situaciones: provengan de un mismo tronco familiar; reconozcan una jefatura tradicional; y/o posean o hayan poseído tierras indígenas en común y provengan de un mismo poblado antiguo; y que tramiten la obtención de su personalidad jurídica en conformidad a la ley”.	•	•	
C.2.1	Sitios de significación cultural y de manifestaciones o actividades culturales	Existencia de sitios de valor histórico o sagrado, que tienen una significación cultural asociada a rituales, ceremonias o celebraciones que forman parte de la cosmovisión y patrimonio de las comunidades que habitan el territorio; y existencia de sitios donde se realizan manifestaciones o actividades culturales propias o de identidad de una comunidad, y que responden a sus intereses. Tienen un carácter tradicional y generan sentimientos de arraigo en la comunidad.	•	•	



			Grupo de cuencas donde el OdV fue levantado		
Código	Objeto de Valoración	Definición	Centro	Sur	Aysén
C.2.2	Sitios arqueológicos	Presencia de “bienes muebles e inmuebles tales como ruinas, construcciones, y objetos, ya sean de propiedad fiscal, municipal, o particular que, conforme a la Ley 17.288, se encuentran en la superficie del territorio o bajo éste y que por su valor histórico o artístico o por su antigüedad deben ser conservados para el conocimiento de la cultura de un pueblo”.	•	•	
C.2.3	Sitios de alto valor paisajístico	Presencia de lugares que se encuentran en áreas cuya condición natural y sus atributos paisajísticos se constituyen en zonas de interés y de valor para la población local de un territorio, otorgándoles una calidad que los hace únicos y representativos.	•	•	
C.1	Monumento Histórico	Existencia de monumentos que, por su calidad e interés histórico o artístico o por su antigüedad, se han declarado como tales por el Consejo de Monumentos Nacionales.			•
C.2	Zona Típica	Existencia de bienes inmuebles urbanos o rurales, que constituyen una unidad de asentamiento representativo de la evolución de la comunidad humana, y que destacan por su unidad estilística, su materialidad o técnicas constructivas (CMN).			•



			Grupo de cuencas donde el OdV fue levantado		
Código	Objeto de Valoración	Definición	Centro	Sur	Aysén
C.3	Sitio Arqueológico	Existencia de bienes muebles e inmuebles que, por su valor histórico o artístico o por su antigüedad deben ser conservados para el conocimiento y disfrute de las generaciones presentes y futuras.			•
C.4	Cementerio y/o sitio de culto	Existencia de lugar o monumento que permite recordar o conmemorar a personas fallecidas.			•
C.5	Sitio de alto valor paisajístico	Identificación de sitios atractivos para contemplar el entorno natural, dadas sus características únicas y particulares.			•
C.6	Fiestas y costumbres	Existencia de actividades que son parte de la tradición de una comunidad o sociedad y que están profundamente relacionadas con su identidad, su carácter único y su historia.			•

Fuente: elaboración propia en base a informes finales de estudios de cuencas.

Tabla 11.

Listado de Objetos de Valoración Productivos

			Grupo de cuencas donde el OdV fue levantado		
Código	Objeto de Valoración	Definición	Centro	Sur	Aysén
P.1	Producción agrícola	Relevancia económica o valor agregado de la actividad agrícola.	•	•	•
P.2	Producción forestal	Relevancia económica o valor agregado del sector forestal.	•	•	•
P.3	Servicios sanitarios	Relevancia económica o valor agregado de los servicios sanitarios.	•	•	•
P.4	Actividad turística	Relevancia económica o valor agregado de la actividad turística.	•	•	
P.5	Actividad acuícola	Relevancia económica o valor agregado de la actividad acuícola.	•	•	
P.4*	Actividad Minera	Presencia de actividad minera determinado por la existencia de faenas mineras			•
P.5*	Actividad Turística	Presencia de actividad turística medida por la existencia de Zonas de Interés Turístico (ZOIT)			•
P.6	Actividad acuícola	Valor agregado de la actividad acuícola			•

*Algunos OdV de la zona centro y sur coinciden en la numeración con los OdV de Aysén, pero no en la definición del OdV. Esto se debe a que fueron trabajados por equipos diferentes. Aquellos en dicha situación están marcados con un *.

Fuente: elaboración propia en base a informes finales de estudios de cuencas.

Tabla 12.

Listado de Objetos de Valoración Fiordos

			Grupo de cuencas donde el OdV fue levantado		
Código	Objeto de Valoración	Definición	Centro	Sur	Aysén
Fi.1	Cambio de caudales sobre el ecosistema de fiordos	Razón entre el caudal de un tramo fluvial y su desembocadura. Se utilizan caudales reportados en la Dirección General de Aguas.			•

Fuente: elaboración propia en base a informes finales de estudios de cuencas.

9.2 SIGLAS Y ACRÓNIMOS

- ADI: Áreas de Desarrollo Indígena.
- APR: Agua Potable Rural.
- CDB: Convenio sobre la Diversidad Biológica.
- CIMAR: Centro de Instrucción y Capacitación Marítima.
- CMN: Consejo de Monumentos Nacionales.
- CNE: Comisión Nacional de Energía.
- CONADI: Corporación Nacional de Desarrollo Indígena.
- CONAF: Corporación Nacional Forestal.
- CORFO: Corporación de Fomento de la Producción.
- CR: en peligro crítico (categoría de clasificación de especies amenazadas).
- DAANC: derechos de aprovechamiento de aguas no consumtivos.
- DGA: Dirección General de Aguas.
- EN: en peligro (categoría de clasificación de especies amenazadas).
- ENDESA: Empresa Nacional de Electricidad S.A. (hasta 1987).
- EP: En peligro (categoría de clasificación de especies amenazadas).
- ERNC: Energías renovables no convencionales.
- FIP: Fondo de Investigación Pesquera.
- FR: Forzamiento radiativo.
- GCM: Modelos de Circulación Global (en inglés, Global Circulation Model).
- GEI: Gases de efecto invernadero.

- IC: Insuficientemente conocidas (categoría de clasificación de especies amenazadas).
- IFOP: Instituto de Fomento Pesquero.
- INE: Instituto Nacional de Estadísticas.
- INFOR: Instituto Forestal.
- IPCC: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (en inglés, Intergovernmental Panel on Climate Change).

- MMA: Ministerio del Medio Ambiente.
- MW: Megawatt.
- NT: casi amenazada (categoría de clasificación de especies amenazadas).
- ODEPA: Oficina de Estudios y Políticas Agrarias.
- OdV: Objetos de Valoración.
- PER-T: Plan Energético Regional Territorial.
- PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- PROT: Plan Regional de Ordenamiento Territorial.
- PUC: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- R: Raras (categoría de clasificación de especies amenazadas).
- RCP: Trayectorias de Concentración Representativas (en inglés, Representative Concentration Pathways).
- SEA: Servicio de Evaluación Ambiental.
- SERNAPESCA: Servicio Nacional de Pesca.
- SIC: Sistema Interconectado Central.
- SIG: Sistema de información geográfica.
- SISS: Superintendencia de Servicios Sanitarios.
- SNASPE: Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado.
- SSC: Sub-subcuenca.
- V: Vulnerable (categoría de clasificación de especies amenazadas).
- ZOIT: Zonas de interés turístico.

9.3 EQUIPOS DE TRABAJO

Aunque los estudios de cuencas fueron licitados para tres grupos de cuencas y fueron adjudicados a equipos diferentes, el resultado reflejado en los informes y en esta publicación de difusión refleja un alto nivel de coordinación y trabajo colaborativo entre todos los equipos involucrados, lo que permite presentar un producto de alta calidad a la ciudadanía. Ha sido destacable la voluntad y esfuerzo de cada persona involucrada en este proceso, por lo que se realiza un especial reconocimiento en este apartado.

9.3.1 Maule, Biobío, Toltén

Para estas cuencas el estudio fue desarrollado por el consorcio conformado entre la consultora TECO Group y el Centro de Cambio Global de la Pontificia Universidad Católica de Chile, y sus colaboradores:

Teco Group:

- | | | |
|--|---|--|
| - Juan Pablo Cerdá,
Jefe de proyecto. | - Rocío Sanhueza.
- Paulina Araya.
- Robinson Esparza. | - Constanza Inostroza.
- Astrid Holmgren.
- Claudia Berríos. |
| - Christopher Lee
Hermansen.
- Rodrigo Valencia.
- Pablo Insunza. | - Nadia Gutiérrez.
- Cristian Varela.
- Rodrigo Marilaf.
- Tamara Celedón. | - Macarena Vera.
- Constanza Suzuki.
- Eloísa Díaz.
- Nicolás Dell' Orto. |
-

Centro de Cambio Global:

- | | | |
|---|---|---|
| - Sebastián Vicuña.
- Jorge Gironás.
- Luca Mao.
- Óscar Melo. | - Pablo Marquett.
- David Poblete.
- Fernando Purcell.
- Enzo Sauma.
- Shaw Lacy.
- Patricio Pliscoff. | - Diego Villalobos.
- Ricardo Carrillo.
- Magdalena Bennet.
- Juan Pablo del Pedregal.
- Joaquín Lobato.
- Javiera Soto. |
|---|---|---|
-

9.3.2 Valdivia, Bueno, Puelo, Yelcho

Para estas cuencas el estudio fue desarrollado por un equipo multidisciplinario de la Universidad de Chile, coordinado por el Centro de Energía de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas y con la participación de especialistas y académicos de otras facultades e instituciones:

**- Marcelo Olivares,
Jefe de proyecto.**

- Matías Peredo.
- Andrés de la Fuente.
- Mark Falvey.
- Andrés Irroumé.
- Rodrigo Moreno.
- Irma Vila.
- Gladys Lara.
- Mirtha Latsague.
- Pablo Vergara.

- Daniel Zamorano.
- Marcelo Villarroel.
- Marcela Iturrieta.
- Carlos Muñoz.
- Jonathan Urrutia.
- Cristián Escobar.
- Viviana Chávez.
- Karla Vidal.
- Karla Astorga.
- Pía Jara.
- Ana Karina Palacios.

- Katherinne Silva.
- Milena Bonacic.
- Tomás Gómez.
- Francisco Mayol.
- Marcelo Ibarra.
- Carlos Matamala.
- Eduardo Pereira.
- Héctor Ulloa.
- Camilo Díaz.
- Darío Moreira.
- Guillermo Barrientos.

9.3.3 Palena, Cisnes, Aysén, Baker, Pascua

Para estas cuencas el estudio fue desarrollado por el Centro EULA-Chile de la Universidad de Concepción:

- Alejandra Stehr, Jefa de Proyecto

- Óscar Link.
- Evelyn Habit.
- Cristian Vargas.
- Gerardo Azócar.
- Mauricio Aguayo.
- María Dolores Muñoz.

- Jorge Félez.
- Marcelo Araya.
- Roberto Ponce.
- Felipe Vásquez.
- Aldo Montecinos.
- Andrés Adiego.
- Claudio Roa.

- Pedro Arriagada.
- Alejandra Zurita.
- Patricio Muñoz.
- Antonio Cuevas.
- Paulina Flores.
- Paulina Ruiz.
- Priscila Piedra.



Desembocadura Río Baker, Región de Aysén © Julio Maturana.



Ministerio de Energía

www.energia.gob.cl

Alameda 1449, pisos 13 y 14. Edificio Santiago Downtown II, Santiago, Chile

Fono: +56 2 2 365 6800