



SEGURIDAD HÍDRICA

DERECHOS DE AGUA, ESCASEZ,
IMPACTOS Y PERCEPCIONES CIUDADANAS
EN TIEMPOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

EDITORES:

Jorge Rojas Hernández | Ricardo Barra Ríos



SEGURIDAD HÍDRICA:
DERECHOS DE AGUA, ESCASEZ, IMPACTOS
Y PERCEPCIONES CIUDADANAS
EN TIEMPOS DE CAMBIO CLIMÁTICO



GRUPO DE TRABAJO CLACSO

Prácticas emancipatorias y
metodologías descolonizadoras transformadoras



JORGE ROJAS HERNÁNDEZ • RICARDO BARRA RÍOS
[EDITORES]

SEGURIDAD HÍDRICA

*Derechos de agua, escasez, impactos
y percepciones ciudadanas en tiempos
de cambio climático*



Universidad de Concepción



RiL editores

553.70 Rojas Hernández, Jorge

R Seguridad hídrica: derechos de agua, escasez, impactos y percepciones ciudadanas en tiempos de cambio climático / Jorge Rojas Hernández, Ricardo Barra Ríos, editores. – Santiago : RIL editores • Universidad de Concepción, 2020.

344 p. ; 23 cm.

ISBN: 978-956-01-0757-2

1 DERECHO DE AGUAS-CHILE. 2 DERECHO DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS-CHILE. 3. ABASTECIMIENTO D AGUA-CHILE.



Este libro cuenta con arbitraje externo de expertos internacionales.

SEGURIDAD HÍDRICA:
DERECHOS DE AGUA, ESCASEZ, IMPACTOS Y PERCEPCIONES
CIUDADANAS EN TIEMPOS DE CAMBIO CLIMÁTICO
Primera edición: marzo de 2020

© Jorge Rojas Hernández, Ricardo Barra Ríos, 2020
Registro de Propiedad Intelectual
N° 2020-A-1855

© RIL® editores, 2019

SEDE SANTIAGO:
Los Leones 2258
CP 7511055 Providencia
Santiago de Chile
☎ (56) 22 22 38 100
ril@rileditores.com • www.rileditores.com

SEDE VALPARAÍSO:
Cochrane 639, of. 92
CP 2361801 Valparaíso
☎ (56) 32 274 6203
valparaiso@rileditores.com

SEDE ESPAÑA:
europa@rileditores.com • Barcelona

Composición e impresión: RIL® editores
Diseño de portada: Matías González Pereira

Impreso en Chile • *Printed in Chile*

ISBN 978-956-01-0757-2

Derechos reservados.

ÍNDICE

PRÓLOGO

POR UN CHILE Y UN MUNDO SUSTENTABLE

Jorge Rojas Hernández • Ricardo Barra Ríos11

CRHAM Y SEGURIDAD HÍDRICA15

PRIMERA PARTE AGUA Y SOCIEDAD

SEGURIDAD HÍDRICA: COMPLEJA GESTIÓN

SOCIOAMBIENTAL Y PÚBLICA

Jorge Rojas Hernández • Ricardo Barra Ríos19

LAS AGUAS DE LOS PUEBLOS INDÍGENAS ANDINOS:

DERECHOS ANCESTRALES Y LA ACTUAL NEUTRALIZACIÓN

DE SU PRETENSIÓN

Amaya Alvez Marín • Verónica Delgado Schneider

Fernando Ochoa Tobar • Carla Cid Maldonado.....49

ALGUNAS REFLEXIONES EN TORNO AL DERECHO AL AGUA,

EN ESPECIAL SOBRE SU RECEPCIÓN Y EJECUTABILIDAD

EN EL ORDENAMIENTO JURÍDICO CHILENO

Fernando Ochoa Tobar77

EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE PARA LA SEGURIDAD

HÍDRICA EN EL MARCO DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO

SOSTENIBLE (ODS) DE LAS NACIONES UNIDAS

Gunhild Hansen-Rojas.....97

PRÁCTICAS Y SABERES DE GESTIÓN COMUNITARIA Y PRODUCTIVA DEL AGUA BAJO CONTEXTO DE ESCASEZ. EXPERIENCIAS DE LAS REGIONES DEL BIOBÍO Y ÑUBLE <i>Patricio Silva Ávila</i>	127
---	-----

PERCEPCIÓN Y PRÁCTICAS CIUDADANAS DEL VALOR DEL AGUA COMO BIEN NATURAL Y SOCIAL: CONSUMO HUMANO, AGRÍCOLA, MINERO Y ENERGÉTICO EN CHILE EN TIEMPOS DE CAMBIO CLIMÁTICO <i>Jorge Rojas Hernández • Pamela Villalón Saavedra</i> <i>Ricardo Barra Ríos • José Luis Arumí Ribera • Gunhild Hansen-Rojas</i> <i>Verónica Delgado Schneider • Amaya Álvez Marín</i> <i>Ricardo Figueroa Jara</i>	155
---	-----

SEGUNDA PARTE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

LA SOCIO-HIDROLOGÍA, UNA INTERDISCIPLINA PARA LA SEGURIDAD HÍDRICA <i>Oscar Link Lazo</i>	195
---	-----

ECOAUDITORÍA DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS: CUENCA DEL BIOBÍO (CHILE) <i>María Elisa Díaz Burgos • Ricardo Figueroa Jara</i> <i>M. Rosario Vidal-Abarca • M. Luisa Suárez Alonso</i>	215
--	-----

SISTEMAS DE VERTIENTES EN EL VALLE DEL RENEGADO: IMPORTANCIA, CARACTERÍSTICAS Y VULNERABILIDAD <i>José Luis Arumí Ribera • Verónica Delgado Schneider</i> <i>Óscar Reicher Salazar</i>	253
---	-----

PLANTACIONES E INCENDIOS FORESTALES: ANTÍTESIS A LA CONSERVACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS <i>Ricardo Figueroa Jara • María Elisa Díaz Burgos</i> <i>María Rosario Vidal-Abarca • María Luisa Suárez Alonso</i> <i>Verónica Delgado Schneider</i>	273
--	-----

REÚSO DE AGUAS SERVIDAS TRATADAS: UN ESTUDIO
DE LA PERCEPCIÓN PÚBLICA EN EL NORTE Y SUR DE CHILE

Daniela Segura Alarcón • Valentina Carrillo Libano

Francisco Remonsellez Fuentes • Marcelo Araya Mardones

Gladys Vidal305

PRÓLOGO

POR UN CHILE Y UN MUNDO SUSTENTABLE

Jorge Rojas Hernández • Ricardo Barra Ríos

La sociedad chilena, en las distintas regiones que conforman Chile, enfrenta hoy una severa crisis y conflictos por el agua, debido a la prolongada escasez hídrica que afecta al país, especialmente a las regiones del Norte, Centro y Sur, desde hace más de 10 años. Esta situación ha obligado a tomar medidas paliativas —en muchos casos, el aprovisionamiento mediante camiones aljibes— para asegurar el suministro de este vital elemento a las comunidades humanas, ecosistemas y a la actividad productiva. En el contexto de las actividades que el Centro FONDAP CRHIAM ha desarrollado durante los últimos cinco años, bajo el alero de la Universidad de Concepción e instituciones asociadas, se constituyó un grupo interdisciplinario de estudios del agua y la sociedad, que ha preparado la presente publicación.

Chile ha carecido —carece— de un sistema efectivo de gestión del agua; por ello, en tiempos de escasez y multiusos del recurso emergen los conflictos. Se encuentran entonces, los que se enfrentan con la resistencia conservadora, de carácter neoliberal, opositora al necesario cambio regulatorio. En un reciente reporte sobre el manejo integrado del recurso hídrico, que revisa los avances en la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), Chile aparece dentro de los países con una gestión integrada muy deficiente, comparable a países de mucho menor desarrollo, a pesar de los avances en su Índice de Desarrollo Humano y sus indicadores económicos. La principal debilidad del modelo de gestión del agua

consiste en considerarla como un recurso a ser explotado de forma privada, con escasa o nula regulación pública, en vez de reconocerla como un bien a ser conservado y distribuido equitativamente, priorizando el derecho básico al consumo humano. Este cambio de paradigma es el que impulsamos, esperando contribuir a la toma de conciencia, pública y privada, donde además se incorpore el concepto de *seguridad hídrica*, en tanto sello y principio impulsado por las Naciones Unidas, entendida como la provisión confiable de agua cuantitativa y cualitativamente aceptable para la salud, la producción de bienes y servicios y los medios de subsistencia, junto con un nivel aceptable de riesgos relacionados con el agua.

La defensa del agua (de los recursos naturales, en general) en tiempos de competitividad global y de cambio climático irreversible, es la única garantía de construcción de un orden ecosocial verdaderamente sustentable. Para ello debemos pensar menos lineal y más circularmente, para hacer coincidir el movimiento de los componentes ecosistémicos del planeta con los movimientos complejos de la vida humana y la economía en la Biósfera. En verdad, todo es Bien Común, incluso aquello que paradójicamente se denomina privado. Todo lo privado está hecho de interacciones de bienes y valores comunes.

Una actitud realmente republicana y sustentable es defender el sentido y la propiedad común de los recursos naturales, también del agua. El futuro de la sociedad sustentable depende de este recurso maravilloso y vital. Por lo mismo, el recurso hídrico no puede ni debe estar sujeto a los vaivenes y movimientos especulativos de las oscuras transacciones del mercado neoliberal. El mercado no reconoce derechos humanos ni naturales. El mercado es brutal.

¿Qué gestión de cuenca podría realmente hacerse con el recurso hídrico privatizado a perpetuidad? La entrega de derechos de agua a perpetuidad a sectores privados —quienes, por lo demás, ya disfrutan— es tema de discusión en el actual debate chileno sobre el futuro de la regulación del recurso hídrico y la modificación del Código de Agua. En caso que el capital privado accediese a derechos a perpetuidad del recurso hídrico, la pregunta, legítima y fundamental,

sería: ¿qué queda, también a perpetuidad, para la vida humana, para los pequeños productores de alimentos, para las comunidades indígenas, para las localidades rurales, para satisfacer la sed natural del cuerpo humano que día a día requiere de agua para sobrevivir y desarrollarse, para la necesaria vida y reproducción de los ecosistemas que nos proporcionan rica biodiversidad? En verdad, nada claro queda de la discusión en marcha, salvo las promesas discursivas del agua como un derecho humano, puramente hipotéticas e inciertas: probablemente, lo que queda después de la apropiación privada definitiva del recurso y, por cierto, en caso de emergencias hídricas, los camiones aljibes (cada vez más frecuentes en muchas localidades y, por cierto, también privados), son el agua del que dispondremos.

Por otra parte, el modelo neoliberal de carácter extractivista hídrico se encuentra agotado, en crisis, sin respuestas efectivas para enfrentar la escasez hídrica en marcha, producto del cambio climático, de la sobreexplotación del recurso y de las megasequías prolongadas en el tiempo y en los territorios. Solo una *gobernanza hídrica democrática e inclusiva* de las cuencas y una filosofía —política pública— que libere al recurso hídrico del asedio privatizador y lo eleve a la categoría moral de Bien Público, puede devolverle su valor creador de vida y base de la sustentabilidad de la sociedad moderna del posdesarrollo emergente.

El libro que presentamos es el reflejo de las preocupaciones y estudios realizados por investigadores del Centro de Recursos Hídricos para la Agricultura y la Minería (CRHIAM), interesados en conocer la complejidad del problema desde una mirada interdisciplinaria: desde los aspectos que dicen relación con el derecho de los pueblos originarios al acceso al agua, incluyendo las tecnologías y las percepciones ciudadanas del recurso hídrico, en el contexto de una sociedad de cambios, en tiempos de cambio climático y demandas ciudadanas por acceso al agua. Realizamos una reflexión sobre los servicios ecosistémicos que presta el agua y la necesidad de caracterizarlos y cuantificarlos para permitir una gestión sustentable del recurso, complementado con un análisis de la percepción de la población a utilizar agua reusada en los procesos productivos y para el consumo.

Consideramos que el presente texto puede ser una contribución al análisis del agua desde una perspectiva no tradicional, más bien, desde la reflexión que un grupo de investigadores de CRHIAM quiere entregar a la sociedad chilena, también a la academia, como una forma de aportar, desde la investigación, al entendimiento de las múltiples dimensiones que el problema del agua tiene. Esto es necesario de comprender, para transformar el paradigma actualmente dominante: el agua es considerada como un mero bien transable, de mercado. Esperamos, con la presente publicación, contribuir al esclarecimiento del concepto *seguridad hídrica*, en tiempo de escasez, de múltiples usos y de cambio climático, que afectan a gran parte del territorio y de las comunidades que habitan y producen en el país y sus regiones.

La defensa del agua como bien común público es defensa de la vida natural y humana. Es defensa del presente y del futuro de Chile. Del Chile sustentable que soñamos.

CRHIAM Y SEGURIDAD HÍDRICA

Chile atraviesa una de las mayores sequías de su historia. Este déficit afecta a la población y a los ecosistemas, también al desarrollo económico del país. Para la economía nacional, la agricultura y la minería son dos de sus actividades más importantes. Ambas enfrentan el difícil desafío de encontrar alternativas para su sostenibilidad, aun cuando la cantidad de agua disponible es cada vez menor.

En 2014 nace el Centro de Recursos Hídricos para la Agricultura y la Minería (CRHIAM), en el marco del quinto concurso del Fondo de Financiamiento de Centros de Investigación en Áreas Prioritarias (FONDAP) de CONICYT.

El CRHIAM, liderado por la Universidad de Concepción, en asociación con la Universidad de La Frontera y la Universidad del Desarrollo, se ha propuesto como tema central para enmarcar todas las investigaciones de su segundo período de funcionamiento (2019-2023), la *Seguridad Hídrica*. Este concepto, acuñado por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), busca garantizar el acceso al agua para las personas en todas sus dimensiones y acciones, manteniendo el cuidado de los ecosistemas y la biodiversidad en un contexto de cambio climático global.

La Seguridad Hídrica inspira el quehacer de los investigadores del Centro, quienes, desde diferentes unidades académicas y disciplinas, abrazan un objetivo común: generar conocimiento interdisciplinario en torno a los problemas asociados al agua.

Teniendo en cuenta el difícil escenario del agua en Chile, la interacción entre los distintos actores que hacen uso de ella se vuelve fundamental para el desarrollo de investigación, formación de capital humano y creación de políticas públicas que promuevan su uso sostenible.

Es por ello que, a corto plazo, el CRHIAM busca consolidarse como un Centro de excelencia en temas hídricos, donde todos sus investigadores, profesionales y estudiantes se esfuerzan en pos de este objetivo, aportando además, con su trabajo, a los objetivos fundamentales del Centro, que son:

1. Promover investigación de clase mundial en recursos hídricos, para crear conocimiento y desarrollar tecnologías para aportar a la seguridad hídrica de los ecosistemas, comunidades y sectores productivos.

2. Formar recursos humanos de pregrado y, especialmente, a nivel de posgrado y posdoctorado, para generar masa crítica que apoye el desarrollo de capacidades en recursos hídricos.

3. Crear redes con las principales instituciones de investigación nacionales e internacionales, y con los sectores público y privado, para beneficio de los intereses comunes de investigación, innovación y desarrollo en recursos hídricos.

4. Contribuir a una mejor gestión del agua mediante comunicación y difusión de evidencia científica que aporte a políticas públicas relacionadas con la seguridad hídrica.

PRIMERA PARTE

AGUA Y SOCIEDAD

SEGURIDAD HÍDRICA: COMPLEJA GESTIÓN SOCIOAMBIENTAL Y PÚBLICA

*Jorge Rojas Hernández** • *Ricardo Barra Ríos***

RESUMEN

La gobernabilidad del agua a nivel local, nacional y planetario constituye una realidad de alta complejidad. En el VIII Foro Mundial del Agua, realizado bajo el emblemático y expresivo lema «Compartiendo el agua», el presidente de Consejo Mundial del Agua, Benedito Braga, expresó que el agua es «esencialmente una cuestión política». También señaló que existe suficiente conocimiento científico y soluciones entre las que elegir; lo que falta es decisión política y que, para que ella sea inclusiva y sustentable, requiere de la participación de las comunidades afectadas por la falta de este vital recurso natural. En muchos casos, la carencia amenaza prácticamente la supervivencia de la comunidad, lo que se manifiesta en conflictos y movimientos socioecológicos de difícil gobernabilidad. La Seguridad Hídrica se ha transformado, en las últimas décadas, agobiadas por los escenarios de cambio climático, en una urgencia para la ciencia, tecnología, política y para la sociedad local y global.

PALABRAS CLAVE: seguridad hídrica, disponibilidad, escasez, sustentabilidad, conflictos, movimientos socioecológicos, democracia, gobernabilidad hídrica.

* Dr. Jorge Rojas Hernández, sociólogo. Doctor en Sociología, Universidad de Hannover, Hannover, Alemania. Profesor titular del Departamento de Sociología, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Investigador asociado Centro CRHIAM. Contacto: jrojas@udec.cl

** Dr. Ricardo Barra Ríos, bioquímico. Doctor en Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Profesor titular de la Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Investigador principal Centro CRHIAM. Contacto: ricbarra@udec.cl

EL AGUA: SUSTENTO NATURAL DE LA VIDA

El agua es un bien indispensable, sustento de la vida humana y de la biodiversidad e indispensable para la vida humana y supervivencia del planeta Tierra.

La intrincada química de una célula viva no puede funcionar sin agua. Casi el 80 por ciento del cuerpo humano es agua; lo mismo atañe a los demás animales. El agua es esencial para la circulación de la sangre, la digestión, el metabolismo, la actividad cerebral y los movimientos musculares.

El origen de la vida se produjo en los mares primitivos y, aún ahora, no hay vida sin agua. En algún momento de su vida, todos los seres vivos necesitan agua. El cuerpo de los animales móviles como nosotros contiene agua. Algunos animales peculiares, como el jerbo, no necesitan beber agua porque pueden sintetizarla de los alimentos que ingieren. Muchas plantas pueden absorber agua directamente del rocío. Pero la mayor parte de los seres vivos solo pueden sobrevivir un período corto sin ingerir agua. Para los humanos, este período es de unos tres días; sin embargo, podemos vivir mucho más tiempo sin comida. Así, la mayoría de los asentamientos humanos, empezando por los campamentos de los humanos de la época prehistórica o los nómadas, se sitúan cerca de manantiales de agua fresca (Callenbach, 1999: 5-6).

El agua es esencial para la salud y el bienestar de las personas, animales, plantas y ecosistemas acuáticos y terrestres. El ciclo global del agua es el componente más importante del clima y los sistemas climáticos, en proceso de aceleración por el cambio climático (Organización para la Cooperación Económica y Desarrollo [OCDE] 2016: 5-6). La proporción del total de agua dulce que está fácilmente disponible como agua superficial en ríos, lagos y humedales es del 0,4%, y disminuye dramáticamente. El aumento de inundaciones y sequías (Huntington, 2006), junto a la pérdida y retroceso de glaciares (Rodell *et al.*, 2018), resultan en impactos directos e indirectos para la salud de humanos y ecosistemas (Liu *et al.*, 2018).

El agua está implicada en la mayor parte de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) acordados globalmente el año 2015.

Estos son cruciales para la seguridad alimentaria (ODS 2), la salud y el bienestar (ODS 3), la seguridad energética (ODS 7), la sostenibilidad de las ciudades (ODS 11), el consumo y la producción responsables (ODS 12), los impactos climáticos (ODS 13), la vida debajo del agua (ODS 14) y la biodiversidad terrestre (ODS 15). La mayoría de los otros ODS no son alcanzables sin suministros adecuados de agua dulce de buena calidad (ONU-Agua, 2016: 9).

El agua, como un ecosistema esencial del planeta, funciona y se reproduce constantemente como un ciclo de vida, con leyes propias que deben ser respetadas por la acción humana. Funciona regularmente, mientras no sea intervenido ni alterado por la acción antrópica o por eventos extremos propios del cambio climático global en marcha, que afecta actualmente al planeta, a sus diferentes continentes, países y regiones.

El recurso hídrico es, por su origen, variabilidad, ciclos, multi-usos productivos y perturbaciones climáticas y antrópicas —como el cambio climático—, un sistema planetario / regional de alta complejidad en su funcionamiento y reproducción. De allí la necesidad de optar por un sistema de gestión hídrica que se haga cargo de esta complejidad, como única forma de otorgar Seguridad Hídrica a los principales demandantes de este indispensable y valioso recurso que sustenta la vida humana y natural.

Según Callenbach, el ciclo del agua proporciona el entorno propicio para la existencia de la vida. Los organismos de la mayoría de los seres vivos están compuestos, en gran parte, de agua:

La estrategia de la vida, que ha perdurado durante miles de millones de años, es utilizar repetidamente, solo en cantidades fijas, las sustancias esenciales presentes en el planeta solo en cantidades fijas, que se reciclan una y otra vez y que están íntimamente asociadas con las acciones de los organismos vivos. Los humanos no podemos alterar la cantidad de estas sustancias esenciales presentes en el planeta; solo podemos aprender a colaborar para que su reciclaje sea eficiente (Callenbach, 1999: 35-36).

Esta comprensión, colaboración e interdependencia sociedad-naturaleza, acción humana-uso del recurso hídrico, no ha existido, en

general, en la conciencia de las elites ni de las sociedades, durante los siglos de la era industrial antropocéntrica. En efecto, la estrategia de desarrollo económica imperante durante la era industrial ha sobreexigido y sobreutilizado el recurso hídrico, incluso en determinadas regiones (es el caso de Chile y otros países latinoamericanos), ha sobrepasado su disponibilidad y sus capacidades de reproducción, contraviniendo abiertamente los principios que rigen la autorregulación de su ciclo vital.

Múltiples presiones sobre el agua resultantes de los generadores globales de los cambios ambientales son evidentes en el rápido deterioro de la cantidad y calidad de agua dulce en diferentes regiones. Esto se exagera en ciertas regiones, debido a presiones de los conflictos en curso, la migración humana y los impactos acumulados de la creciente frecuencia y severidad de las sequías. Los desastres se ven agravados por el uso insostenible de agua dulce y los ecosistemas relacionados, lo que reduce la resiliencia de los ecosistemas (Sheffer *et al.*, 2001; Holling y Gunderson, 2002). Datos satelitales recientes muestran que los cuerpos de agua dulce están desapareciendo rápidamente en muchas zonas agrícolas de regadío debido a esta combinación de cambio climático y sobreconsumo (Rodell *et al.*, 2018).

Por lo mismo, es indispensable repensar el agua como principio de vida, derecho humano y derecho de la naturaleza. La crisis ecológica que vivimos como planeta, que se expresa en una crisis hídrica, hace emerger la necesidad de declarar el agua como un derecho humano y de la naturaleza. Sin agua no hay vida, ni humana ni natural. Probablemente, el derecho humano al agua es el último derecho que nos queda para sobrevivir a los desastres y al colapso del planeta. Es precisamente el *derecho común* que puede salvar el planeta y la vida.

EL AGUA: UNA PREOCUPACIÓN MUNDIAL

Tratándose de un elemento vital, el agua ha sido y sigue siendo objeto de importantes controversias, debates y conflictos a nivel internacional, nacional y regional:

Desde comienzos de la década de los noventa, tanto el alcance como la severidad de los problemas mundiales relativos al agua han sido ampliamente reconocidos en todo el mundo, tal como indica una serie de conferencias internacionales de alto perfil. Especialmente prominente fueron la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente, celebrada en Dublín en 1992; la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (también conocida como la Cumbre de la Tierra), celebrada en Río de Janeiro, también en 1992; y el II Foro Mundial del Agua, que tuvo lugar en La Haya en el año 2000. Estas conferencias y eventos relacionados han llevado a un consenso internacional respecto a la necesidad de hacer reformas de cierta entidad de las leyes y políticas hídricas, así como las formas de administración de las aguas para poder afrontar los crecientes problemas de escasez y conflictos (Bauer, 2015: 32).

Según Bauer, tres serían los problemas debatidos internacionalmente en torno al agua: i) las reformas públicas deberían orientarse hacia una gestión más «integrada» de los recursos hídricos; ii) las reformas deberían adoptar un enfoque más «económico», para aumentar la eficiencia del uso y la asignación de las aguas, enfoque que es fuertemente controvertido y cuestionado (aquí se usa con frecuencia como ejemplo el modelo chileno de mercado del agua); y iii) la gestión del agua debería enfatizar y priorizar los problemas de pobreza y de inequidad hídrica. En efecto, millones de personas en el mundo no tienen acceso ni derecho al agua potable como recurso vital.

En verdad, en las últimas décadas se han realizado innumerables eventos, conferencias, seminarios internacionales, en diferentes países e instancias de las Naciones Unidas, UNESCO, CEPAL, entre otras, demostrando la progresiva preocupación existente en torno a los problemas de disponibilidad, acceso, gestión, calidad y futuro del recurso hídrico en el planeta y sus diferentes regiones, especialmente en aquellas localidades que padecen la falta de este vital recurso.

SEGURIDAD HÍDRICA: DIFÍCIL CONVIVENCIA DISPONIBILIDAD DECRECIENTE-DEMANDA CRECIENTE

Un debate internacional, también nacional y regional, derivado precisamente de la crisis hídrica, que incluso amenaza gravemente con colapsos totales de los servicios hídricos a algunas poblaciones humanas (por ejemplo, en Ciudad del Cabo, Sudáfrica, durante 2018; también en Santiago de Chile) y que afecta a múltiples regiones del planeta, lo constituye el tema de la Seguridad Hídrica. En la medida que disminuye la disponibilidad de agua dulce en el planeta, mientras se incrementa su multiuso, se hace cada vez más urgente propender a generar un sistema de gobernabilidad del agua que sea capaz de hacerse cargo de la complejidad que implica *hacer compatible escasez con multiusos*.

El investigador Humberto Peña realizó para CEPAL un completo estudio internacional y análisis sobre el problema y proyecciones de la Seguridad Hídrica en América Latina y El Caribe. Como síntesis de los debates e interpretaciones diversas, el autor sostiene que la Seguridad Hídrica consistiría en contar con:

- Una disponibilidad de agua que sea adecuada, en cantidad y calidad, para el abastecimiento humano, los usos de subsistencia, la protección de los ecosistemas y la producción.
- La capacidad —institucional, financiera y de infraestructura— para acceder y aprovechar dichos recursos de forma sostenible y manejar las interrelaciones y externalidades entre los diferentes usos y sectores, de manera coherente.
- Un nivel aceptable de riesgos para la población, el medio ambiente y la economía, asociados a los recursos hídricos (Peña, 2016: 7).

Coincidente con las definiciones anteriores, Peña cita la concepción desarrollada sobre Seguridad Hídrica por parte de las agencias del sistema de Naciones Unidas:

La capacidad de una población para resguardar el acceso sostenible a cantidades adecuadas de agua de calidad aceptable para el sustento, bienestar y desarrollo socioeconómico

sostenibles; para asegurar la protección contra la contaminación transmitida por el agua y los desastres relacionados con ella, y para preservar los ecosistemas, en un clima de paz y estabilidad política (ONU-Agua, 2013, citado por Peña, 2016: 12).

Por su parte, la OCDE realiza una aproximación al tema centrándose en la variable *riesgos*, una dimensión muy atinente en la situación actual del recurso hídrico en tiempos de cambio climático y Megasequías. Al respecto, indica que Seguridad Hídrica consiste en:

mantener en niveles aceptables cuatro riesgos asociados al agua: el riesgo de escasez, como falta de agua suficiente (en el corto y largo plazo) para los usos beneficiosos de todos los usuarios; el riesgo de inadecuada calidad para un propósito o uso determinado; el riesgo de los excesos (incluidas las crecidas), entendidas como el rebase de los límites normales de un sistema hidráulico (natural o construido) o la acumulación destructiva de agua en áreas que no están normalmente sumergidas; y el riesgo de deteriorar la resiliencia de los sistemas de agua dulce, por exceder la capacidad de asimilación de las fuentes de agua superficiales o subterráneas y sus interacciones, con la eventual superación de los umbrales aceptables, causando daños irreversibles en las funciones hidráulicas y biológicas del sistema (Peña, 2016: 12).

En el marco de la compleja situación de disponibilidad hídrica en diversas regiones del mundo, al parecer la Seguridad Hídrica, como concepto amplio y posibilidad de medición, se ha impuesto en diferentes realidades planetarias. Así, por ejemplo, el Foro del Agua Asia-Pacífico (APWF) y el Banco Asiático de Desarrollo (ADB), propusieron una modalidad integral para medir la Seguridad Hídrica, considerando cinco dimensiones esenciales:

- La seguridad hídrica a nivel de hogares, considerando la satisfacción de las necesidades de abastecimiento de agua potable y saneamiento a nivel domiciliario.
- La seguridad hídrica para la economía, a partir de la capacidad de abastecimiento de agua para el desarrollo de la agricultura, minería, industria y energía.

- La seguridad hídrica a nivel de ciudades y pueblos, considerando el suministro de agua a los centros urbanos, el tratamiento de las aguas cloacales y el drenaje de las aguas lluvia.
- La seguridad hídrica para el medio ambiente, considerando la capacidad de restauración de los cuerpos de agua y ecosistemas para mantener los servicios ambientales.
- La resiliencia frente a los desastres relacionados con el agua, definida a partir del nivel de riesgo, peligrosidad, exposición, vulnerabilidad y de las capacidades existentes para hacer frente y recuperarse de los impactos (Peña, 2016: 16).

Las cinco dimensiones están interrelacionadas: seguridad hídrica en los hogares, en la economía, ciudades y pueblos, ecosistema y, muy importante, capacidad de resiliencia frente a desastres socionaturales.

Resulta muy interesante que Peña, al analizar la Seguridad Hídrica en América Latina y el Caribe, enfatice especialmente el papel del agua en la sociedad en un sentido integral, dando también cuenta de las limitaciones existentes tanto en infraestructura como en gestión pública:

En el caso de América Latina y el Caribe, resulta importante que el concepto de seguridad hídrica comprenda una visión amplia del papel del agua en la sociedad y enfatice no solo la situación de disponibilidad de recursos hídricos para satisfacer los requerimientos de la sociedad, en un sentido integral, sino que además reconozca las limitaciones de gestión e infraestructura que presentan en la práctica los países para atenderlos y la necesidad que tienen de establecer compromisos entre distintos sectores y objetivos para avanzar en su cumplimiento. Asimismo, su concepción debiera considerar los riesgos e incertidumbres que, por su naturaleza, siempre están presentes en los temas relativos al agua, destacando que las sociedades pueden aspirar solo a limitar, reducir o gestionar sus riesgos en niveles aceptables, pero no a eliminarlos. Estos riesgos son cambiantes y evolucionan, de modo que una sociedad puede considerarse segura cuando tiene sistemas de gestión y la infraestructura capaces de mantener en un nivel aceptable los riesgos actuales y, también, dispone de la

capacidad de adaptación para atender los riesgos del futuro (Peña, 2016: 14-15).

De esta manera, según el Informe en cuestión, para alcanzar una adecuada Seguridad Hídrica es necesario que el sistema de gestión tenga la capacidad de dar respuesta a numerosos procesos, de por sí, complejos. En este sentido, Bitar (2014, citado por Peña, 2016) analiza las tendencias mundiales en el ámbito social, económico y político, también su impacto en la región, identificando seis fenómenos globales relevantes para el futuro de América Latina y el Caribe:

- La aparición de tecnologías disruptivas, definidas como aquellas cuya difusión transformaría sustancialmente la producción, el empleo, el bienestar, la gobernabilidad y las relaciones humanas. Se cree que se pudieran presentar, entre otras, en áreas tales como: la producción, aprovechamiento o almacenamiento de la energía o en el ámbito de la agricultura (como el desarrollo de variedades de plantas resistentes a la sequía y la salinidad).
- La escasez de recursos naturales en el contexto de los mercados globales.
- La transformación demográfica, que se expresa en fenómenos como el crecimiento de la población en ciertas regiones y el envejecimiento de la pirámide demográfica, y en cambios sociales, como el surgimiento masivo de las clases medias.
- Los procesos de urbanización y expansión de las ciudades.
- La variabilidad y el cambio climático.
- La gobernabilidad democrática en el nuevo contexto social, económico y tecnológico (Peña, 2016: 21).

CRISIS DE GOBERNABILIDAD HÍDRICA

La solución de los problemas relacionados con la gestión del agua y, en consecuencia, los niveles de Seguridad Hídrica que pudiera alcanzar un determinado país, dependen, en gran medida, de la

capacidad de su sistema institucional para gobernar adecuadamente el sector.

El II Foro Mundial del Agua (La Haya, 17 al 22 de marzo de 2000), que funcionó bajo el lema «Hacer del agua un problema de todos» y que reunió a más 3.500 personas, entre expertos, representantes de ONG, funcionarios de las Naciones Unidas y 110 ministros de Medio Ambiente, giró en torno a las amenazas de la reducción del agua dulce, ocasionada por la contaminación, la degradación de los suelos, el derroche del recurso, la deforestación y el cambio climático (Global.net).

El Foro señaló que «la crisis del agua es a menudo una crisis de gobernabilidad», identificando la gobernabilidad como una de las principales prioridades del quehacer. De allí la importancia de considerar los procesos que influyen en la gobernabilidad hídrica de los países de la región. En este sentido, el debate público sobre la gestión del agua presenta los siguientes aspectos a destacar:

- La influencia de los procesos experimentados por las sociedades democráticas, orientados hacia una búsqueda de una mayor transparencia y rendición de cuentas en el ejercicio de las funciones que afectan el interés público, y de una participación más directa y efectiva de la ciudadanía en la gestión de las materias que le conciernen.
- El desarrollo y uso de las nuevas posibilidades de comunicación social en relación con la temática hídrica, como el Internet y redes sociales y la emergencia de nuevas formas de organización y movilización social.
- La presencia de una sociedad más compleja, con una mayor diversidad de intereses y de patrones de consumo, incluyendo una mayor valoración del medio ambiente y de los beneficios no productivos asociados al agua.
- Una menor tolerancia de la población frente a los fallos y al riesgo, en relación con los servicios asociados al agua y eventos extremos de origen hidrometeorológicos y el desarrollo de una nueva relación entre el usuario y el proveedor del servicio.

- Una mayor conflictividad socioambiental en torno a los grandes proyectos relacionados con los recursos hídricos y el medio ambiente, los que deben enfrentar movimientos opositores con intereses heterogéneos. Estos conflictos usualmente se relacionan con la construcción de centrales hidroeléctricas, el desvío de aguas entre cuencas, la privatización de servicios sanitarios, el desarrollo de proyectos mineros, la contaminación de las aguas, el impacto de la agricultura de exportación sobre pequeños agricultores tradicionales, y la tensión entre la política y jurisdicción nacionales y las comunidades locales y pueblos indígenas, entre otros temas.
- La existencia de una tensión entre aproximaciones a los problemas de agua desde los niveles internacionales, regionales, nacionales o federales, y de gobiernos subnacionales y locales, a lo que se agregan las condicionantes que imponen los tratados de protección de las inversiones a la formulación y aplicación de políticas públicas (Bohoslavsky, 2010, citado por Peña, 2016: 27).

Diferentes Foros Mundiales del Agua han venido históricamente insistiendo en la complejidad y profundidad de los problemas relacionados con los derechos, disponibilidad, acceso y conflictos socioambientales vinculados al agua en el mundo.

Avanzando en el tiempo, resulta interesante mencionar la convocatoria al VIII Foro Mundial del Agua (Brasilia, 2018), organizado por el Consejo Mundial del Agua, que definía, como misión del evento, lo siguiente:

Promover la concientización, construir un compromiso político y activar la acción sobre cuestiones críticas del agua a todos los niveles, para facilitar la conservación, protección, desarrollo, planificación, gestión y uso eficiente del agua en todas sus dimensiones sobre una base ambiental sostenible para el beneficio de toda la vida en la Tierra (Oficina de la Unesco en Montevideo, marzo de 2018).

El VIII Foro Mundial del Agua, realizado en Brasilia, constató que unos 840 millones de personas carecen de acceso a agua potable (1 de cada 9 personas), mientras que 2.300 millones de habitantes (1 de cada 3) carecen de acceso a un inodoro. El 80% de los países representados en el Foro declararon contar con fondos insuficientes para cumplir con los objetivos nacionales de agua potable. Una realidad impresionante e impresentable. Según los organizadores, en 2025 prácticamente la mitad de la población mundial vivirá en áreas con escasez de agua, mientras que las sequías, inundaciones y otras crisis relacionadas con el recurso agua, ya afectan a grandes urbes, como es el caso de Ciudad del Cabo en Sudáfrica o Sao Paulo en Brasil. Son datos actuales, del presente siglo XXI.

En el marco del Foro, el presidente del Consejo Mundial del Agua, Benedito Braga, sostuvo que el problema del agua es «esencialmente una cuestión política», que, por lo tanto, debe abordarse «a los niveles más altos de toma de decisiones». Agrega, con mucha razón: «Tenemos una gran cantidad de conocimiento científico y de soluciones entre las que elegir, pero los responsables de las políticas deben priorizar el agua para que estas propuestas puedan ponerse en práctica» (*La Vanguardia*, 19 de marzo de 2018).

DERECHOS Y CONFLICTOS EN TORNO AL AGUA

Los debates más trascendentales en torno al agua se refieren al derecho al agua como un derecho humano y a la falta de acceso de millones de personas, especialmente de comunidades pobres que sufren de su escasez, quienes, en muchos casos, solo tienen acceso a aguas contaminadas, padeciendo las consiguientes enfermedades. Muchas comunidades —especialmente las mujeres que forman parte de ellas—, deben desplazarse kilómetros para adquirirla; en otras localidades se accede solo mediante camiones aljibes (que representan elevados costos del erario público), como ocurre en varias comunas del secano interior de la Región del Biobío.

El acceso al agua potable y sus múltiples usos constituye no solo un problema para millones de personas y un tema de discusión

internacional, también representa conflictos regionales y de expansionismo de potencias internacionales, a falta de este valioso e imprescindible recurso natural.

Por otra parte, el proceso de privatización, de larga data, se ha traducido en una concentración del recurso hídrico en pocos grupos económicos, lo que dificulta su regulación y distribución equitativa y, por ende, entraba el desarrollo económico diverso, generando fuertes asimetrías territoriales y regionales, agudizando los conflictos.

Welzer prevé que en el siglo XXI se asistirá «no solo a tensiones en las que estarán en juego el derecho al agua y a su explotación, sino a verdaderas guerras por los recursos» (2009: 13).

Es de esperar que los conflictos no desemboquen en situaciones extremas, como guerras. Para ello urge una regulación ambiental sustentable de los recursos hídricos, que defina claramente prioridades y que contemple al consumo humano en primer lugar.

Derechos y conflictos hídricos pueden ser temas y ocasiones propicias para desarrollar conciencia ciudadana. Por lo general, los conflictos sociales expresan situaciones de saturación o de crisis en la convivencia humana. Incluso suele tratarse del agotamiento de un determinado modelo de desarrollo, que empieza a generar problemas sin solución en el marco del mismo modelo y, por lo tanto, exigen de cambios institucionales o culturales. Estos cambios pueden traducirse en mejoras sociales, en pasar de un estilo de desarrollo, con determinadas externalidades, a otro estilo, sin esas externalidades negativas. Puede, en síntesis, representar cambios cualitativos, que la sociedad transite hacia un nivel superior de desarrollo, con mejores niveles de calidad de vida y de respeto a los ecosistemas, como lo es el agua.

CONCIENCIA SOCIOECOLÓGICA DEL AGUA EN LA SOCIEDAD

En general, no existe aún conciencia plena sobre el significado e importancia del agua en relación con su propia realidad como bien natural y como sustento vital del desarrollo, así como sus niveles asimétricos de disponibilidad por regiones y la necesidad de cuidarla como un recurso cada vez más escaso.

En el pasado, el agua era considerada un recurso «abundante», ilimitado y disponible gratuitamente en la naturaleza. Ahora bien, las antiguas prácticas pasivas, inconscientes e irresponsables, serán, se espera, reemplazadas por nuevas prácticas sociales, más sostenibles y responsables, sobre el valor y uso del agua. Los conflictos y los eventos extremos que acompañan al cambio climático (sequías y precipitaciones violentas que producen desastres), podrán trastocar reflexivamente la conciencia de las personas y comunidades de usuarios del recurso agua, contribuyendo a elevar el conocimiento y a cambiar el comportamiento cotidiano.

En efecto, los fenómenos socioecológicos están haciendo cambiar la percepción —y, eventualmente, las prácticas— ciudadana sobre el valor del agua, esta vez enraizada en el mundo de la vida, clarificando sus limitaciones y sus funciones ecosistémicas. En este sentido, puede sostenerse que se avanza hacia una sociedad más ecológica y reflexiva que puede cambiar el paradigma sobre el valor y los usos del agua. Una nueva conciencia y cultura sobre este primordial recurso natural es indispensable para enfrentar los nuevos desafíos que necesariamente presentarán a las estrategias y políticas públicas de desarrollo económico y social, los escenarios futuros de escasez del agua.

En todo caso, el cambio será lento, como suele ocurrir en la sociedad, aunque la situación de escasez y de crisis hídrica puede acelerar el proceso de toma de conciencia e influir en la esfera política y pública, responsable de establecer las normas, socializar en valores hídricos y controlar el cumplimiento de las regulaciones y sistemas equitativos e inclusivos de acceso y distribución del agua.

El agua debería transformarse en un tema central de la educación en sus diferentes niveles: desde la educación preescolar los niños deberían comprender la importancia del agua, progresando el conocimiento y las acciones en la enseñanza básica, media y universitaria. También en la familia, en el trabajo y en la vida de las comunidades.

Los eventos extremos, como sequías prolongadas y cambio climático, constituyen problemas que podrían transformarse en oportunidades formativas de conciencia hídrica.

ESTRÉS HÍDRICO ESTRUCTURAL: MEGASEQUÍAS Y CAMBIO CLIMÁTICO

El agua dulce es un recurso vital escaso a nivel planetario, relativamente renovable en tiempos de cambio climático, irreversiblemente en marcha. En el caso de Chile, el IPCC y fuentes nacionales diagnostican para el país una disminución importante —cerca de un 25% de reducción de norte a sur— del recurso hídrico en el transcurso del siglo XXI, con los consiguientes impactos sociales y económicos.

Al respecto, la Fundación Chile, en su Informe y análisis «Escenarios hídricos 2030», sostiene:

El aumento de la temperatura global debido al exceso de emisiones de carbono, ha afectado los ciclos naturales del planeta. El ciclo del agua está determinado por el clima, de tal manera que un cambio en este genera modificaciones en sus distintas etapas. Como consecuencia, se estima que el aumento de la temperatura en Chile puede ser de hasta 4°C, con más notoriedad en los sectores andinos y con una disminución de norte a sur. Se proyecta que entre los efectos del fenómeno está la reducción de nieve en la cordillera, provocando un aumento de las crecidas invernales de los ríos —especialmente cerca del sector andino entre la Región de Coquimbo y Los Ríos—.

Respecto del agua, se espera que el cambio climático intensifique el estrés que hoy padece este recurso debido al crecimiento poblacional, el cambio económico, los usos de la tierra y, especialmente, a la urbanización. También se espera que numerosas regiones semiáridas padezcan una disminución de sus recursos hídricos. Además, se estima que aumentará la extensión de las áreas afectadas por sequías, lo cual afecta negativamente a sectores productivos como la agricultura, la producción de energía, y la disponibilidad de agua para consumo (Fundación Chile, 2018).

Por su parte, expertos en cambio climático de la Universidad de Chile y de la Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC), han advertido, desde hace ya un tiempo, sobre el incremento de las temperaturas y la disminución del recurso hídrico en Chile, como impactos irreversibles del cambio climático.

El déficit en la disponibilidad de agua es el impacto mayor que producirá el cambio climático en Chile, señalan los expertos, no solo como consecuencia del derretimiento de los glaciares. A ello se suma el incremento de temperatura, especialmente en el centro del país (entre 0,7°C y 1°C más en los últimos 40 años) y la disminución de las precipitaciones (1 mm diario en los últimos 50 años).

«Estamos en una situación compleja. Al parecer este año no vamos a tener sequía, pero llevamos harto tiempo y esa señal es bastante consistente hacia el futuro», dice Sebastián Vicuña, director ejecutivo del Centro Cambio Global, de la PUC. Eso, porque hay cerca de 30 modelos climáticos que proyectan la disminución de precipitaciones en la zona central, algo poco común para otras áreas.

En efecto, la falta de agua afecta zonas urbanas y rurales y repercute en áreas tan sensibles y estratégicas para el país como la agricultura, la salud y el turismo. Al parecer, en agricultura es donde más se ha avanzado en adaptación: «Hay un plan sectorial, hicieron una lista de medidas y están empezando a trabajar, como en la eficiencia en el uso de agua, el riego tecnificado, apoyo al pequeño productor, seguros, algunas que ya existían, pero han tomado más fuerza», indica Paulina Aldunce, experta del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2) (*La Tercera*, 1 de abril de 2014).

Sin embargo, las medidas oficiales de mitigación y adaptación a los estragos que provoca, y seguirá provocando, el cambio climático son aún muy insuficientes ante la gravedad de la emergencia, sobre todo considerando, por ejemplo, las megasequías que se han producido en gran parte del territorio nacional en los últimos siete años. Al respecto, el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2) de la Universidad de Chile, publicó a fines de 2015 el «Informe a la nación: megasequía 2010-2015, una lección para el futuro».

El Informe la denomina *megasequía* por la prolongación, de muchos años, del fenómeno climático y además porque afecta a por lo menos siete regiones del país: desde Coquimbo a La Araucanía, donde el déficit de precipitaciones bordea el 30%. Este fenómeno se produce en la década más seca y cálida registrada históricamente en Chile, con temperaturas entre 0,5°C y 1,5°C por sobre el promedio

histórico, con fuertes impactos en la agricultura, incendios, incluso afectando los nutrientes que desembocan de los ríos al mar (*La Tercera*, 1 de noviembre de 2015)

El cambio climático explicaría entre un cuarto y un tercio de la actual sequía, sostiene el informe del CR2, siendo la más larga y extensa de la historia del país.

René Garreaud, climatólogo, coordinador del mencionado informe, sostiene:

Cuando uno ve el registro histórico encuentra muy pocos eventos similares, incluso en ciertos lugares no hay ningún análogo a este. Esta sequía, al menos algunos de los años que la conforman, ha tenido anomalías o déficits prolongados significativos hasta la Región de La Araucanía. No ha sido la peor de todas en intensidad, pero sí la más extensa y prolongada (*La Tercera*, 1 de noviembre de 2015).

El informe constata que desde el año 2002 no ocurre un año con alta precipitación. Ello se ha traducido en una bajada del nivel de agua en los embalses (algunos mantienen déficits de hasta 80%), impactado negativamente en la vegetación, aumentado los incendios forestales e incluso disminuyendo la descarga de nutrientes, como es el caso del nitrato y del fosfato, de los ríos a la costa (entre 25 y 75%), indispensable para el crecimiento del fitoplancton, primer eslabón de la cadena trófica acuática (*La Tercera*, 1 de noviembre de 2015)

Por su parte, el hidrólogo José Luis Arumí, de la Universidad de Concepción, agrega con toda razón:

Lo que llega al mar no se pierde, como se dice tan ligeramente, el agua dulce alimenta los ecosistemas marinos y cuando se produce sequía o una extracción brutal en los ríos, va a generar problemas en ese ecosistema (*La Tercera*, 1 de noviembre de 2015)

Esta afirmación cuestiona la viabilidad y sustentabilidad del proyecto «carretera hídrica», que pretende llevar agua desde el sur hacia el norte.

Hace más de mil años, en la época preindustrial, las largas sequías se producían aproximadamente cada 300 años, según el registro que estas dejaron en los anillos de los árboles. En el último siglo, la frecuencia de estos fenómenos se fue acelerando, para aparecer cada 50 a 70 años. En el futuro se espera que esto sea aún más común. De acuerdo con el análisis del CR2, la escasez hídrica podría presentarse en Chile cada 20 años hacia 2050, si siguen aumentando las emisiones de gases de efecto invernadero. Posterior a ese año, la aridización hará que ese estado sea el que prevalezca (*La Tercera*, 1 de noviembre de 2015)

Según el informe del CR2, la precipitación nunca volverá a ser como en los ochenta o noventa. Habrá años más lluviosos y en algún momento se recuperará parte de ella, pero entre un 10 y 12% ya es irrecuperable.

Por su parte, Laura Gallardo, directora del CR2 en el momento de la emisión del informe, señala que uno de los temas con los que se encontraron en el análisis es la debilidad institucional del país en torno al agua, pues más de 40 instituciones, radicadas en distintos ministerios, están relacionadas de alguna manera. Además de esa fragmentación y descoordinación, muchas aún ven la sequía como un fenómeno transitorio, «pero ya no es así, vamos a convivir con ella» (*La Tercera*, 1 de noviembre de 2015).

En efecto, la institucionalidad estatal, heredada del pasado, no se encuentra en condiciones de enfrentar, con eficiencia e innovación, los desafíos que presenta la nueva realidad hídrica en tiempos de cambio climático.

En definitiva, el cambio climático global afectará considerablemente la disponibilidad del recurso hídrico, sobre todo en el Chile centro-sur, como lo consigna el V Informe del IPCC de 2014. Esta situación, según el referido informe, agravará las situaciones de estrés hídrico en el transcurso del presente siglo, obligando a definir complejas estrategias y políticas públicas de adaptación a los nuevos escenarios.

Todo lo anterior podría estar generando un cambio de percepción y conciencia de los ciudadanos respecto de la importancia, valor y significado del agua en sus vidas, especialmente en lo que dice relación con sus derechos, como se analizará a continuación.

DEBATES Y TENSIONES EN TORNO A LOS DERECHOS DE AGUA EN CHILE

En Chile existe una contradicción entre el Código de Aguas de 1981, que reconoce a las aguas como un «bien público» —«Las aguas son bienes nacionales de uso público y se otorga a los particulares el derecho de aprovechamiento de ellas, en conformidad a las disposiciones del presente código» (artículo 5º, Código de Aguas, 1981)— y la prerrogativa del Estado, a través de la Dirección General de Aguas, que concede derechos de aprovechamiento de aguas con carácter gratuito y a perpetuidad a privados, amparado por la Constitución Política (dictada por la dictadura militar, gran privatizadora de recursos) que consagra la propiedad privada del agua: «Los derechos de los particulares sobre las aguas, reconocidos o constituidos en conformidad a la ley, otorgarán a sus titulares la propiedad sobre ellos» (artículo 19, número 24, Constitución Política, 1980).

La escasez creciente de agua y los conflictos sociales, que esta realidad conlleva, obligan al Estado chileno, y sus gobiernos, a considerar seriamente la opinión de la ciudadanía para definir políticas públicas acordes con criterios de sustentabilidad antes de tomar una decisión que involucre el uso del recurso. De no mediar soluciones que prioricen las necesidades humanas sobre los derechos y el uso del agua, estos conflictos pueden, en opinión del V Informe de IPCC, evolucionar hacia eventos violentos de impredecible desarrollo y consecuencias sociales y políticas. Por lo mismo, resulta imprescindible realizar estudios de percepción sobre el valor que la población asigna al agua, sobre el diagnóstico que hacen de su realidad actual, las priorizaciones de su uso y las proyecciones futuras de su disponibilidad real. La percepción será contrastada en el estudio con las prácticas cotidianas, tanto de los ciudadanos como de los empresarios del rubro de la agricultura y la minería.

En el transcurso de tiempo desde que se tramita la reforma al Código de Aguas hasta la fecha, la situación hídrica del país ha acrecentado su gravedad, y en cada vez más lugares la situación se ha vuelto extrema. De acuerdo al Atlas del Agua de la Dirección General de Aguas, en el país hay 101

cuencas hidrográficas, en 75 de las cuales, entre el 2008 y 2015, se han dictado decretos de escasez hídrica. De hecho, hay cuencas del país, como Petorca o La Ligua, donde se viola de forma permanente el derecho humano al agua, tal como lo consignan el Informe de Derechos Humanos de la Universidad Diego Portales del año 2013 y el Informe de la Misión de Observación del INDH del año 2014.

Según el Reporte del Estado del Medioambiente 2015, del Ministerio de Medioambiente, la demanda de agua excede a la oferta disponible entre las regiones de Arica y Metropolitana; vale decir, la presión sobre las aguas en más de la mitad del país es sumamente alta. De hecho, en regiones del sur del país, como La Araucanía o Los Ríos, la situación hídrica asociada a la presión del monocultivo forestal ha generado déficits hídricos crecientes, afectando la pequeña agricultura y el consumo humano. Asimismo, según el Informe de Desempeño Ambiental de Chile 2016, elaborado por la OCDE, los crecientes estados de emergencia hídrica y agrícola para diversas comunas del país acarrearán un creciente gasto para los municipios afectados.

Por su parte, según lo que consignan las proyecciones de la Política de Recursos Hídricos 2015, la demanda hídrica crecerá entre un 35% y 60% al año 2025, lo que permite avizorar un crecimiento exponencial de la presión sobre las aguas del país (Rodrigo Mondaca y Rodrigo Faúndez, *El Mostrador*, 22 de noviembre de 2016).

El multiuso ha producido crecientes y agudos conflictos sociales vinculados al acceso, derecho y uso del agua. Estos conflictos irán en aumento en la medida en que no existe un cambio en la legislación que regule, con criterios de equidad hídrica, los derechos y usos del agua, estableciendo, además, una jerarquización que coloque en primer lugar el consumo humano.

Recientemente, el ministro de Agricultura del Gobierno de Sebastián Piñera, Antonio Walker, respecto de los cambios que el gobierno pretende introducir al Código de Aguas, declaraba:

El agua es un tema con dos aristas. En primer lugar, como gobierno tenemos que ser capaces de asegurar el agua en toda la temporada de riego. En segundo lugar, está el Código de Aguas... Estamos topando (señala en conversación con

parlamentarios que discuten la reforma al Código de Aguas) en que no podemos alterar el dominio de los derechos de aprovechamiento del agua de 300 mil agricultores, porque los agricultores transformamos esa agua en alimentos. Nosotros no somos los especuladores del agua, entonces no nos castiguen, porque otros especulan con el agua.

En primer lugar, hoy somos dueños de un derecho de aprovechamiento perpetuo, pero esto va a cambiar, donde se va a ser titular de un derecho de aprovechamiento del agua y por un tiempo indefinido. Segundo, hoy podemos gozar, usar y disponer del agua. Sin embargo, esto va a cambiar y vamos a poder gozar y usar el agua, pero no disponer. Tercero, lo que se agrega son condiciones de caducidad del agua, es decir, si yo no estoy ocupando bien el agua, se me puede caducar el derecho de aprovechamiento del agua. Entonces, nosotros decimos es mejor poner una patente alta, por el no uso de agua, que duela; porque hoy es muy baja la multa.

El punto central es que no tenemos para qué precarizar el dominio del derecho de aprovechamiento para lograr los objetivos que queremos. Por lo tanto, queremos una decisión técnica y no ideológica y vemos que hay mucha ideología y poco conocimiento técnico (Pulso, *La Tercera*, 12 de mayo de 2018).

Son claras las opiniones del ministro. Él plantea «ser titular de un derecho de aprovechamiento del agua y por un tiempo indefinido», con algunas restricciones sobre el buen o mal uso del agua, lo que obviamente resulta muy relativo. ¿Cómo demostrar que se está haciendo un mal uso del agua entregada en aprovechamiento? Muy difícil demostrarlo. Además, si se trata de una concesión de carácter indefinido, ¿qué la diferencia de un derecho otorgado a perpetuidad?

Por otra parte, resulta interesante dilucidar lo que el ministro entiende por «ideológico». Por lo general, quienes usan este tipo de conceptos o categorías políticas se refieren a visiones paradigmáticas o a relatos discursivos que buscan definir el recurso agua desde el punto de vista sistémico, mejor dicho, ecosistémico. En otras palabras, analizar el recurso hídrico desde una mirada compleja, amplia, considerando los múltiples factores que inciden en los ciclos hídricos. Sería seguramente «ideológico», por ejemplo, ver el agua

como un bien natural, un bien público o un derecho humano. Esta definición, que conduce necesariamente a la jerarquización de los derechos y usos del agua, sobrepasa los límites de las definiciones de carácter «técnicas». Lo «técnico», en este y otros mensajes conservadores similares, apela a una concepción *neutra* del tratamiento del tema agua. Sin embargo, las acciones humanas, relacionadas con los derechos y usos del agua, no son neutras. En realidad, nada que realice el ser humano puede ser considerado neutro, incluido el conocimiento científico.

Todo indica que la discusión en torno a la reforma al Código de Aguas seguirá por un tiempo, mientras persisten las sequías, la sobreexplotación del recurso y los impactos negativos del cambio climático. Además, los intereses hídricos declarados y en juego, especialmente por sectores económico-productivos, tienen un carácter estratégico. Nada se puede producir sin agua. Tampoco se puede vivir ni producir alimentos o explotar un recurso natural como el minero, tan fuertemente presente en la economía y en los ingresos de Chile. De allí que las tensiones y conflictos existentes en torno a los derechos de agua —ya de larga data—, no son de fácil ni rápida solución. Muestra de ello es la prolongada discusión parlamentaria en torno a la reforma del Código de Aguas.

Ahora bien, en el último tiempo, la sociedad ha entrado progresivamente al debate, agregando nuevos elementos a las tensiones por intereses contrapuestos. En efecto, las movilizaciones sociales, testimonio de la emergencia de la sociedad expresada en la presencia de diferentes grupos y actores movilizados, como un sujeto de derechos, agregan más complejidad a la reforma del Código de Agua y a la nueva y necesaria regulación pública de los derechos y de la gestión del agua. En otras palabras, las conversaciones y negociaciones en torno al futuro de la regulación hídrica ya no pueden ignorar a la sociedad, como lo veremos en el siguiente capítulo.

CONFLICTOS Y MOVIMIENTOS CIUDADANOS: ¿PACTO SOCIAL POR EL AGUA?

La escasez de agua conlleva necesariamente el surgimiento de conflictos por los derechos, usos y prácticas económicas y sociales. Estos conflictos, al no ser debidamente regulados, pueden derivar en otros más violentos, con el peligro desestabilizador de la vida política y social que conllevaría.

En la actualidad existen en Chile una cantidad significativa de conflictos por el agua: megaconflictos de norte a sur, todos vinculados a megaproyectos económicos que requieren de agua en sus procesos productivos. En el norte, los conflictos se concentran básicamente entre actividades mineras y las comunidades locales. En el centro y el sur, responden a actividades agroindustriales e hidroeléctricas y, en menor medida, mineras. Muchos de estos conflictos no presentan alternativas de solución y, por lo mismo, terminan judicializándose.

Movimientos ciudadanos y localidades encabezan las protestas, otorgando clara visibilidad al conflicto, a su naturaleza diversa. Estos movimientos ambientales, presentes en todo el país, constituyen expresiones vivas y testimoniales del proceso de toma de conciencia ciudadana sobre la necesidad de proteger el recurso hídrico, sobre todo, de introducir regulaciones que permitan su distribución equitativa.

En este sentido, resulta de interés subrayar que los problemas y conflictos en torno al agua han sido acompañados por diversas protestas y movilizaciones ciudadanas, especialmente de pequeñas localidades afectadas por megaproyectos, las que, por lo general, reclaman por la falta de consideración a sus demandas de parte de las autoridades. Como testimonio concreto citamos el caso de Chile:

El auge de las movilizaciones sociales en torno a la lucha por el agua surgidas con fuerza entre 2010 y 2011, develaron a nivel nacional la grave situación de escasez que viven pequeñas urbes y localidades, y los conflictos asociados al régimen normativo chileno. Desde entonces, si bien la discusión se ha dinamizado tanto en la profundidad de las demandas como en la organización social, los focos de conflicto se han ido

entramando en el complejo entramado normativo a través de extensas judicializaciones. La respuesta desde los gobiernos se ha enfocado a grandes obras de infraestructura, al financiamiento focalizado de agricultores y un proyecto de reforma del Código de Aguas, cuya vocación de diálogo ha estado más próxima al gran empresariado que a las comunidades afectadas (Piñones e Ibáñez, *Le Monde Diplomatique*, mayo de 2018: 11).

Estos autores son partidarios, en las actuales circunstancias del recurso, de la «democratización del agua» y de impulsar un «nuevo pacto social por el agua»:

Es posible evidenciar que la acumulación de descontento y derivadas en torno a este conflicto, sobrepasa el carácter reivindicativo del acceso al agua. Si bien es uno de los elementos fundamentales para la adhesión social, el debate se ha ido limitando y en cuyo desgaste, ha mostrado dificultad política para articular actores y población local. En la actualidad, dirigencias locales sobreviven principalmente por campesinos y pequeños agricultores forjados en la defensa a los procesos de Reforma Agraria. Aquello muestra como una de las grandes tareas pendientes de la rearticulación social local y su vinculación con la ciudadanía crítica, que borre los márgenes de la división administrativa de los «rural» y lo «urbano» como territorios por separados; *constituir un nuevo pacto social por el agua* que tenga como una de sus banderas, participar en la toma de decisiones del bien para su propio bienestar y desarrollo, es decir, una comunidad por la democratización del agua y la soberanía alimentaria.

Los derechos de agua no solo dan la facultad de sacar agua en las cantidades que los mismos establecen. También otorgan derechos políticos en las organizaciones de usuarios... Junto a eliminar la perpetuidad de los derechos, es un paso necesario el hablar de gestión hídrica a nivel de cuencas (Piñones e Ibáñez, *Le Monde Diplomatique*, mayo de 2018: 11).

Como puede observarse en los debates anteriores, la discusión en torno a la gestión del agua resulta de alta complejidad. También de urgencia. El diputado del Frente Amplio y el asesor de la Ilustre Municipalidad de Valparaíso, recién citados, coinciden con

los debates y análisis internacionales de los Foros Mundiales del Agua de las Naciones Unidas, en el sentido de la urgencia y del carácter político de la gestión del agua en tiempos de crisis hídrica y de señales negativas del cambio climático. Menos agua, afecta y afectará gravemente la vida de la población más pobre, afectará la producción de alimentos y, en definitiva, afectará la sobrevivencia de la vida humana y la del planeta.

Por lo tanto, queda planteado el acceso al agua como un derecho humano, como recurso considerado Común, patrimonio de todos los seres humanos y compartido con la naturaleza.

EL AGUA COMO DERECHO HUMANO: EL NUEVO PARADIGMA DE LO COMÚN

Lo común de origen latino resuena con la concepción de la institución de lo común (*koinôn*) y con el «poner en común» (*koinônein*) en Aristóteles. De acuerdo con la concepción aristotélica, son los ciudadanos quienes deliberan en común para determinar qué conviene a la ciudad y qué es justo hacer. «Vivir juntos» no es, como el caso del ganado, «pacer en el mismo lugar», tampoco es ponerlo todo en común, es «poner en común palabras y pensamientos», es producir, mediante la liberación y la legislación, costumbres semejantes y reglas de vida que se aplican a todos aquellos que persiguen un mismo fin. La institución de lo común (*koinôn*) es efecto de una «puesta en común» que supone siempre una reciprocidad entre quienes participan en una actividad o comparten un modo de existencia. Lo que es cierto de una pequeña comunidad de amigos que buscan un fin común lo es también, a otra escala, de la ciudad orientada hacia el «bien común soberano» (Laval y Dardot, 2015: 30).

Las sociedades y el mundo cambian. Son dinámicas. Una época se reemplaza por otra época, con nuevas concepciones, paradigmas y estilos de vida y desarrollo. Así ocurrió con la Edad Media y el paso a la Modernidad. Y también puede ocurrir con la Modernidad. Ya desde la década de los noventa se habla de la posmodernidad; incluso se habla del posdesarrollo. También en América Latina. Estos

cambios pueden ser radicales, violentos, pacíficos, lentos e, incluso, imperceptibles para la mayoría de la población. Pero las grandes transformaciones existen. De hecho, las estamos experimentando, en forma positiva y negativa. Como amenazas y como oportunidades de desarrollo. Incluso como polarizaciones sociopolíticas, territoriales y ambientales, como se observan en Estados Unidos, Europa y América Latina.

Los cambios existen en la conciencia ciudadana, por lo general coexisten con el viejo modelo imperante —privatizador—, al que empiezan a corroer desde su base. Al respecto, existen muchos ejemplos que corroboran este proceso, a veces imperceptible, de cambios:

Nuevas formas de propiedad, nuevas formas de préstamos, nuevos contratos legales: toda una novedosa subcultura empresarial y de los negocios ha ido surgiendo a lo largo de los últimos diez años. Los medios la han llamado «economía compartida» (o *colaborativa*). También se habla de «procomún» (los «*Commons*» anglosajones) y de «producción entre iguales», pero pocos se han molestado en preguntarse qué significa para el capitalismo en sí (Mason, 2016: 19).

Actualmente nos encontramos en la construcción de un nuevo paradigma de desarrollo: la economía de la colaboración. Se trata de una nueva forma de producir, basada en la colaboración y en la confianza. El *agua*, esencial en cualquier actividad humana, se encuentra en el centro de esta nueva concepción de *lo Común*.

Por su parte, las Naciones Unidas se han pronunciado reiteradamente sobre la consideración del agua como un derecho humano, lo que constituye también un aspecto que se une al nuevo paradigma: la incorporación del agua como parte consustancial de lo Común.

El 28 de julio de 2010, a través de la Resolución 64/292, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció explícitamente el derecho humano al agua y al saneamiento, reafirmando que un agua potable limpia y el saneamiento son esenciales para la realización de todos los derechos humanos. La resolución exhorta a los Estados y organizaciones internacionales a proporcionar recursos financieros, a propiciar la capacitación y la transferencia de

tecnología para ayudar a los países, en particular a los países en vías de desarrollo, a proporcionar un suministro de agua potable y saneamiento saludable, limpio, accesible y asequible para todos.

Por su parte, en noviembre de 2002, el Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales adoptó la Observación General No. 15 sobre el derecho al agua. El artículo I.1 establece que: «El derecho humano al agua es indispensable para una vida humana digna». La Observación No. 15 también define el derecho al agua como el derecho «de cada uno a disponer de agua suficiente, saludable, aceptable, físicamente accesible y asequible para su uso personal y doméstico». La clara posición de las Naciones Unidas y de los foros mundiales del agua claman por nuevas políticas públicas de resguardo y seguridad del agua.

NUEVA POLÍTICA PÚBLICA: SEGURIDAD HÍDRICA INCLUSIVA Y SUSTENTABLE

En el contexto de esta compleja realidad hídrica, se discute en el terreno político la posibilidad de introducir cambios en la legislación del agua. El Gobierno propone crear una Subsecretaría del Agua y una limitación a 30 años de la concesión de derechos de uso. Lo que no está claro es si esta limitación se refiere solo a los derechos no concedidos o si se extiende a los ya concedidos, que, por cierto, constituyen un porcentaje muy alto del recurso de agua existentes (cerca de un 90%). En otras palabras, ¡lo que restaría por regular sería tan solo el 10% del recurso aún no asignado!

La gestión integrada del agua es más que nunca una necesidad que como país debemos abordar en forma decidida. En este sentido, es necesario implementar políticas públicas que reconozcan la unidad natural donde el agua se produce, fluye y se utiliza: las cuencas hidrográficas. Sin este reconocimiento y la planificación para la gestión del agua, va a ser muy complejo asegurar aprovisionamiento de agua para todos.

Organizaciones de la sociedad civil, movimientos socioambientales, ONG y algunos parlamentarios luchan y proclaman la necesidad de cambiar la Constitución y definir el agua como un bien

público jerarquizando su uso, colocando al consumo humano en el primer lugar. Esta decisión es de gran importancia para asegurar el consumo humano, la producción de alimentos y la preservación de los ecosistemas, que también requieren de agua para reproducirse.

El agua, principio de vida; el agua, como un derecho humano basado en el Bien Común. Resulta indispensable estudiar los ciclos hídricos como fenómenos complejos de carácter socioecológicos, bajo la perspectiva de la seguridad ecosistemática y la distribución equitativa, democrática y socialmente inclusiva.

Ello exigirá redefinir las políticas públicas de gestión sustentable del recurso hídrico, partiendo de la base de la democracia del agua, que exige la participación de las comunidades en las decisiones sobre gestión hídrica.

BIBLIOGRAFÍA

- Bauer, C.J. (2015) *El derecho de aguas chileno como modelo para reformas internacionales*. Ed. El Desconcierto. Santiago, Chile.
- Bitar, S. (2014) *Las tendencias mundiales y el futuro de América Latina*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal), LC/L.3681. Santiago, Chile.
- Bohoslavsky, J.P. (2010) *Tratados de protección de las inversiones e implicaciones para la formulación de políticas públicas (especial referencia a los servicios de agua potable y saneamiento)*. Comisión Económica para América Latina y El Caribe (Cepal), LC/W.326. Santiago, Chile.
- Callenbach, E. (1999) *La ecología*. Editorial Siglo XXI. Madrid, España.
- Gobierno de Chile. *Constitución Política de 1980*. Santiago, Chile.
- Espinoza, C. (2014) Menor disponibilidad de agua, principal impacto del cambio climático en Chile. *La Tercera*, 1 de abril de 2014. Santiago, Chile.
- Espinoza, C. (2015) *Cambio climático explica 25% de actual sequía: la más larga y extensa de la historia*. *La Tercera*, 1 de noviembre de 2015. Santiago, Chile.
- Holling, C.S.; Gunderson, L.H. (2002) *Resilience and adaptive cycles*. In *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Ecological Systems*. Gunderson, L.H. y Holling, C.S. (eds.). Island Press. Pp. 25-62. Washington, Estados Unidos. Disponible en: www.vtechworks.lib.vt.edu/handle/10919/67621?show=full

- Huntington, T.G. (2006) *Evidence for intensification of the global water cycle: Review and synthesis*. Journal of Hydrology. No. 319, pp.83-95. Disponible en: www.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.07.003
- Laval, Ch. y Dardot, P. (2015) *Común. Ensayos sobre la revolución en el siglo XXI*. Gedisa. Barcelona, España.
- Lu, Y.; Song, S.; Wang, R.; Liu, Z.; Meng, J.; Sweetman, A.J. *et al.* (2015) Impacts of soil and water pollution on food safety and health risks in China. *Environment International*. No. 77, pp. 5-15. Disponible en: www.doi.org/10.1016/j.envint.2014.12.010
- Mason, P. (2016) *Poscapitalismo. Hacia un nuevo futuro*. Paidós. Buenos Aires, Argentina.
- Mondaca, R.; Faúndez, R. (2016) ¿Qué se juega con la Reforma al Código de Aguas? *El Mostrador*, 22 de noviembre de 2016. Disponible en: www.elmostrador.cl/noticias/opinion/2016/11/22/que-se-juega-con-la-reforma-al-codigo-de-aguas/
- Naciones Unidas (2010) *Resolución A/RES/64/292*. Asamblea General de Naciones Unidas. Julio de 2010.
- Naciones Unidas (2002) *Observación General No. 15. El derecho al agua*. Comité de Naciones Unidas de Derechos Económicos, Sociales y Culturales. Noviembre de 2002.
- Organization for Economic Co-operation and Development, OECD (2016) *OECD Council: Recommendation on Water*. Paris, Francia. Disponible en: www.oecd.org/environment/resources/Council-Recommendation-on-water.pdf
- ONU-Agua (2013) *Water Security & the Global Water Agenda*. A un-Water Analytical Brief. United Nations University.
- ONU-Agua (2016) *Water and Sanitation Interlinkages across the 2030 Agenda for Sustainable Development*. Ginebra, Suiza. Disponible en: www.unwater.org/app/uploads/2016/08/Water-and-Sanitation-Interlinkages.pdf
- Peña, H. (2016) *Desafíos de la seguridad hídrica en América Latina y El Caribe*. Serie Recursos Naturales e Infraestructura No. 178, Cepal. Junio de 2016. Santiago, Chile.
- Piñones Aguilera, G.; Ibáñez Cotroneo, D. (2018) Chile requiere un nuevo pacto social por el agua. *Le Monde Diplomatique*. Mayo de 2018, Santiago, Chile.
- Rodell, M.; Famiglietti, J.S.; Wiese, D.N.; Reager, J.T.; Beaudoin, H.K.; Landerer, F.W. *et al.* (2018) Emerging trends in global freshwater availability. *Nature*. No. 557, pp.651-659.
- Scheffer, M.; Carpenter, S.; Foley, J.A.; Folke, C. & Walker, B. (2001) Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature*. No. 413, pp.591-596.
- Welzer, H. (2011) *Guerras climáticas: por qué mataremos (y nos matarán) en el siglo XXI*. Katz. Barcelona, España.

LAS AGUAS DE LOS PUEBLOS INDÍGENAS ANDINOS: DERECHOS ANCESTRALES Y LA ACTUAL NEUTRALIZACIÓN DE SU PRETENSIÓN*

*Amaya Alvez Marín** • Verónica Delgado Schneider***
Fernando Ochoa Tobar**** • Carla Cid Maldonado ******

RESUMEN

Los Pueblos Originarios han habitado los territorios andinos desde antes de la conquista española. Los pueblos Aymara, el pueblo Atacameño y el pueblo Colla, entre otros, desarrollaron normas consuetudinarias de conducta obligatorias para los miembros de sus comunidades. Esta autonomía ha sido recientemente reconocida por la comunidad internacional, desarrollando normas

* Esta investigación forma parte del Proyecto CONICYT/FONDAP/15130015 que creó el Centro de Recursos Hídricos para la Agricultura y la Minería (CRHIAM) en la Universidad de Concepción. Los autores agradecen este apoyo institucional y el trabajo efectuado por los memoristas de pregrado: Antonia Alfaro, Cristina Benítez, Carla Cid, Fernando Cortez, Javier Peñaloza, Jorge Rodríguez, María Ignacia Sandoval y Nicolás Vidal. Una versión en inglés del presente capítulo fue publicada en el libro *Andean Hydrology* (Rivera & Lillo, 2018), bajo el título: «Waters of andean indigenous peoples ancestral rights and the neutralization of their claims» (pp. 55-83).

** Dra. Amaya Alvez Marín, abogada. Doctora en Derecho, York University, Toronto, Canadá. Profesora asociada de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Investigadora asociada CRHIAM. Contacto: aalvez@udec.cl

*** Dra. Verónica Delgado Schneider, abogada. Doctora en Derecho, Universidad de Roma Tor Vergata, Roma, Italia. Profesora asociada de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Investigadora asociada CRHIAM. Contacto: vedelgado@udec.cl.

**** Fernando Ochoa Tobar, abogado. Investigador CRHIAM. Contacto: fernando.ochoa.udec@gmail.com

***** Carla Cid Maldonado, egresada de Derecho, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Efectuó su memoria de prueba: «Derechos ancestrales sobre las aguas: reconocimiento del derecho propio indígena», bajo la guía de la profesora Amaya Alvez.

internacionales y estándares de conducta. La relevancia actual de estas temáticas se vincula al desarrollo de proyectos que podrían impactar sitios sagrados, tierras y aguas tradicionalmente ocupadas por pueblos originarios. Por una parte, este capítulo permite proponer una perspectiva de los pueblos originarios como sujetos distintos de los miembros de la sociedad chilena, con derechos para controlar sus propias instituciones sobre recursos hídricos. Por otra parte, este capítulo persigue demostrar, de manera empírica, cómo la legislación vigente y los procedimientos actualmente utilizados por la Dirección General de Aguas (DGA) y CONADI desconocen las particularidades del derecho propio indígena, subsumiendo el tratamiento en el procedimiento general de saneamiento. Esta situación implica desconocer los estándares de derechos humanos vigentes y vinculantes para Chile.

PALABRAS CLAVE: aguas ancestrales, pueblos indígenas, derecho de aguas.

I. AGUAS ANCESTRALES COMO PARTE DE LOS ESTÁNDARES INTERNACIONALES DE DERECHOS HUMANOS

Benedict Kingsbury defiende la idea de una categoría jurídica —pueblos originarios— con un gran poder normativo como sujetos de derecho internacional contemporáneo. Afirma que este principio del derecho internacional también podría aplicarse parcialmente a ellos utilizando el lenguaje de los derechos humanos como derechos legales, basándose en las similitudes con los elementos requeridos: un territorio, una población, la existencia de una institucionalidad gubernamental y relaciones jurídicas internacionales (Kingsbury, 1998). A modo de síntesis, entre los instrumentos y organismos internacionales dentro de los cuales encontramos protección de la tierra indígena, tanto como para los recursos hídricos que en ella se encuentran, son, para Chile, hoy¹: la Carta de Naciones Unidas², la Declaración Universal de los Derechos Humanos³, el Pacto Inter-

¹ Para un análisis más acabado: Rojas D., 2014.

² Firmada el 26 de junio de 1945 en San Francisco, entrando en vigor en octubre del mismo año, firmada por Chile en 1945, como miembro originario.

³ Emitida el 10 de diciembre de 1948 en París, Francia, con el voto a favor de Chile.

nacional de Derechos Civiles y Políticos⁴, el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales⁵, la Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas⁶, los Convenios 107 y 169 de la OIT⁷, la Declaración de Machu Picchu sobre la Democracia⁸, la Agenda XXI⁹, y la Carta Andina sobre Derechos Humanos del año 2002¹⁰. Asimismo, debemos destacar el Sistema Interamericano la Convención Americana de Derechos Humanos¹¹ y la labor de la Corte Interamericana de Derechos Humanos¹².

Como ejemplo concreto, también ha existido una evolución hacia la protección del medio ambiente como patrimonio natural. Por ejemplo, el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB, 1992) centra su atención en los pueblos indígenas con el fin de proteger sus intereses en los recursos biológicos. También es relevante la adopción de las directrices sobre el agua AKWÉ KON, adoptadas en el año 2000. Estas son pautas voluntarias para la realización de evaluaciones de impacto cultural, ambiental y social sobre los desarrollos que se proponen realizar o que puedan impactar en sitios sagrados y en tierras y aguas tradicionalmente ocupadas o utilizadas por comunidades indígenas y locales. Por ejemplo, la guía AKWÉ KON conceptualiza los conocimientos tradicionales como la innovación y las prácticas de las comunidades indígenas y locales que incorporan estilos de vida

⁴ Pacto adoptado por la Asamblea General de la ONU el 16 de diciembre de 1996 y suscrito por Chile en la misma fecha.

⁵ Promulgado por la Asamblea General de la ONU el 19 de diciembre de 1966 y suscrito por Chile el 16 de septiembre de 1969.

⁶ Adoptada en Nueva York el 13 de septiembre de 2007, con el voto a favor de Chile.

⁷ Convenio de 1989, ratificado por Chile el año 2008.

⁸ Aprobado el 29 de julio de 2001, en presencia de los presidentes de Argentina, Brasil, Chile, Costa Rica, Panamá, Paraguay, República Dominicana, Uruguay, el Príncipe de Asturias y el secretario general de la Comunidad Andina, de carácter no vinculante.

⁹ Dictada durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo en 1992, firmada por Chile durante esta.

¹⁰ Adoptada por el Consejo Presidencial Andino en Guayaquil, Ecuador, el 26 de julio de 2002, de carácter no vinculante y sin la participación de Chile.

¹¹ Denominada también Pacto de San José de Costa Rica, aprobada por el Decreto 873 publicado el 5 de enero de 1991.

¹² Creada por la OEA en 1959, se reúne por primera vez en 1960.

tradicionales pertinentes para la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica¹³.

1.1 Fuentes del derecho ancestral indígena

La autodeterminación, en el caso de los pueblos indígenas, requiere el reconocimiento de derechos colectivos, la existencia de legalidades alternativas y un espacio político general para tomar decisiones. Por ejemplo, remitiéndonos al derecho ancestral indígena, o título indígena, podemos identificar a lo menos tres posibles fuentes en las cuales este encuentra legitimidad (Aguilar Caballo, 2005):

- a. Reconocimiento legal del pueblo originario por parte del Estado en cuyo territorio se encuentra. Los pueblos originarios, como categoría jurídica unificada, nunca han sido reconocidos en ninguna de las anteriores constituciones chilenas. De hecho, el Estado chileno se formó en 1810 bajo la premisa de excluir a los que habitaban el país antes de la conquista por el Imperio español.
- b. Reconocimiento de tratados realizados entre colonizadores o Estados y pueblos originarios (Clavero, 2008). El Imperio español firmó tratados con pueblos originarios, aunque no eran considerados naciones independientes. Por otra parte, autores como Bartolomé Clavero han defendido el renovado valor vinculante de tratados anteriores entre Estados y pueblos Indígenas. Poco después de que Chile lograra su independencia de España, la nueva República fue reconocida por la nación mapuche a través del Tratado de Tapihue.
- c. Reconocimiento de un derecho propio indígena. El paradigma de los derechos uniformes empezó gradualmente a cambiar en los años noventa. Muchos de los países latinoamericanos, entre ellos Chile, comenzaron a tomar medidas legales y políticas para reconocer los derechos de los indígenas, ya que estaban pasando a regímenes democráticos.

¹³ The AKWE KON guidelines, disponible en: www.cbd.int/doc/publications/akwe-brochure-en.pdf

1.2 Características del derecho ancestral indígena como derecho propio en el derecho internacional

El derecho ancestral indígena tiene algunas características comunes en el reconocimiento otorgado por el derecho internacional de los derechos humanos:

- a. Carácter colectivo:* derivado del carácter comunitario de la vida en las distintas agrupaciones, quienes comparten no solo un espacio en común, sino su forma de vida. Implica una estrecha relación con la colectividad y guarda relación con lo expresado en el artículo 13 del Convenio 169 de la OIT, en el sentido de que los Estados deberán respetar «la importancia especial que para las culturas y valores espirituales de los pueblos interesados reviste su relación con las tierras o territorios, o con ambos, según los casos, que ocupan o utilizan de alguna otra manera, y en particular los aspectos colectivos de esa relación.», reconocido, además, en diversos fallos por la Corte Interamericana de Derechos Humanos¹⁴. Respecto de esta, la Corte ha sido consistente en el tiempo respecto de la protección de los derechos colectivos, fallando que los conceptos de propiedad y posesión en las comunidades indígenas pueden tener una significación colectiva, en el sentido de que la pertenencia de esta «no se centra en un individuo sino en el grupo y su comunidad» y que «tanto la propiedad privada de los particulares como la propiedad comunitaria de los miembros de las comunidades indígenas tienen la protección convencional que les otorga el artículo 21 de la Convención Americana»¹⁵. Con una interpretación evolutiva propia de los

¹⁴ Caso Comunidad Indígena Sawhoyamaya Vs. Paraguay. Fondo, Reparaciones y Costas. Sentencia del 29 de marzo de 2006. Serie C No. 146, párr. 119; y Caso Comunidad Indígena Yakye Axa Vs. Paraguay. Fondo Reparaciones y Costas. Sentencia 17 de junio de 2005. Serie C No. 125, párr. 136.

¹⁵ Caso Comunidad Indígena Yakye Axa Vs. Paraguay. Fondo Reparaciones y Costas. Sentencia 17 de junio de 2005. Serie C No. 125, párr. 143. Caso de los Pueblos indígenas Kuna de Madungandí y Emberá de bayano y sus miembros Vs. Panamá. Sentencia de 14 de octubre de 2014. Serie C No. 284, p.79. Caso

tratados de derechos humanos, y de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 29 de la Convención, la Corte consideró que el derecho a propiedad colectiva se encontraba dentro de los supuestos del artículo 21 de la Convención Americana, ya que de otra forma sería desconocer las versiones específicas del derecho al uso y goce de los bienes, dadas por la cultura, usos, costumbres y creencias de cada pueblo. Además, equivaldría a sostener que solo existe una forma de usar y disponer de los bienes, lo que a su vez significaría hacer ilusoria la protección de tal disposición para millones de personas¹⁶.

b. *Ejercicio sobre un espacio físico amplio*: no se refiere solo a la tierra, sino que considera un concepto amplio de territorio, hábitat, con los recursos que se encuentran en ella. El artículo 13.1 del Convenio 169 de la OIT reconoce la «importancia especial que para las culturas y valores espirituales de los pueblos interesados reviste su relación con las tierras o territorios», reconociendo la cosmovisión de las comunidades. A su vez, define a los territorios indígenas como aquellos que cubren «la totalidad del hábitat de las regiones que los pueblos interesados ocupan o utilizan de alguna otra manera»; en su artículo 14 establece la obligación, en los casos apropiados, de tomar medidas para salvaguardar el derecho de los pueblos interesados a utilizar tierras que no estén exclusivamente ocupadas por ellos, pero a las que hayan tenido acceso para sus actividades tradicionales y de subsistencia, ampliando el concepto de tierra reconocido usualmente por la legislación. En este sentido, la Corte Interamericana ha resuelto que la protección a los recursos naturales se encuentra dentro de la protección al derecho de propiedad establecido en el artículo 21 de la Convención Americana. El artículo 27 del Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos establece, en forma similar, el derecho de las personas pertenecientes a

de la Comunidad Mayagna (Sumo) Awas Tingni Vs. Nicaragua, párr. 148, y Caso Comunidad Indígena Xákmok Kásek Vs. Paraguay, párr. 85.

¹⁶ Caso Comunidad Indígena Sawhoyamaya Vs. Paraguay, párr. 120 y Caso de la Comunidad Indígena Xákmok Kásek Vs. Paraguay, párr. 87.

las minorías étnicas, religiosas o lingüísticas, a disfrutar de su propia cultura, en conformidad con otros miembros del grupo. La Declaración de Naciones Unidas del año 2007 señala: «los pueblos indígenas tienen derecho a poseer, utilizar, desarrollar y controlar las tierras, territorios y recursos que poseen en razón de la propiedad tradicional u otra forma tradicional de ocupación o utilización, así como aquellos que hayan adquirido de otra forma¹⁷».

- c. *Título histórico e inmemorial*: se trata de las costumbres de los pueblos originarios, conductas repetidas por la generalidad de la comunidad en el tiempo con la convicción de que es obligatoria. Este derecho consuetudinario, en opinión de Andrea Aravena, corresponde a normas elaboradas y transmitidas oralmente y que cambian de acuerdo con la evolución de los valores imperantes en cada comunidad indígena. Por ello, en una perspectiva dinámica de la identidad y la etnicidad, no corresponde referirse a las costumbres ancestrales, sino que es necesario analizar sus costumbres actuales (Aravena, 2000). No estamos de acuerdo con lo señalado precedentemente, ya que las normas consuetudinarias tienen ductilidad para ir adecuándose a las prácticas reconocidas como vinculantes por la propia comunidad; se denominan *ancestrales* por tratarse de costumbres mantenidas por larga data en la comunidad. El art. 8º del Convenio 169 de la OIT señala que deben tomarse en consideración estas normas al aplicar la restante legislación nacional. Lo que es necesario afirmar es que el reconocimiento de la preexistencia cultural de los pueblos originarios supone también aceptar su derecho como un producto cultural. La principal consecuencia de que el derecho ancestral indígena sea un título inmemorial es su no escrituración, puesto que encuentra su fundamento en los usos y costumbres que los indígenas han realizado sobre su territorio desde épocas ancestrales, incluso precolombinas. A razón de esto, la Corte

¹⁷ Declaración de Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas, artículo 26.2.

Interamericana de Derechos Humanos se pronunció en agosto del 2001, en el Caso de la Comunidad Mayagna (Sumo) Awas Tingni vs. Nicaragua: «el derecho consuetudinario de los pueblos indígenas debe ser tenido especialmente en cuenta, para los efectos de que se trata. Como producto de la costumbre, la posesión de la tierra debería bastar para que las comunidades indígenas que carezcan de un título real sobre la propiedad de la tierra obtengan el reconocimiento oficial de dicha propiedad y el consiguiente registro», postura que ha reafirmado en fallos posteriores, donde, siguiendo su línea argumental, ha dicho¹⁸: 1) la posesión tradicional de los indígenas sobre sus tierras tiene efectos equivalentes al título de pleno dominio que otorga el Estado; 2) la posesión tradicional otorga a los indígenas el derecho a exigir el reconocimiento oficial de propiedad y su registro; y 3) el Estado debe delimitar, demarcar y otorgar título colectivo de las tierras a los miembros de las comunidades indígenas.

2. SITUACIÓN CONSTITUCIONAL Y LEGAL DE LOS DERECHOS ANCESTRALES SOBRE LAS AGUAS EN CHILE

El derecho ancestral indígena sobre las aguas en Chile se encuentra garantizado constitucionalmente. En efecto, la Carta Fundamental, en el artículo 19 No. 24 inciso 11, establece que «Los derechos de los particulares sobre las aguas, reconocidos o constituidos en conformidad a la ley, otorgarán a sus titulares la propiedad sobre ellos». De esta norma se colige que los derechos de los particulares sobre las aguas pueden tener diverso origen: los otorgados por acto concesional de autoridad y los reconocidos en

¹⁸ Caso de la Comunidad Moiwana Vs. Surinam. Excepciones Preliminares, Fondo, Reparaciones y Costas. Sentencia de 15 de junio de 2005. Serie C. No. 124, párr. 209; Caso de la Comunidad Mayagna (Sumo) Awas Tingni Vs. Nicaragua, párr. 151 y 153, y Caso Comunidad Indígena Xákmok Kásek Vs. Paraguay. Fondo, Reparaciones y Costas. Sentencia de 14 de agosto de 2010. Serie C. No. 214, párr. 109. Caso de los Pueblos indígenas Kuna de Madungandí y Emberá de bayano y sus miembros Vs. Panamá. Sentencia de 14 de octubre de 2014 serie C No. 284, p. 40.

virtud del uso inmemorial o ancestral que implica la existencia de una costumbre indígena que cumpla con los parámetros descritos en el acápite anterior: colectiva, ejercida en un espacio territorial amplio y respecto de la cual se aduzca un título indígena. Ahora bien, dentro de estos derechos «reconocidos», para autores como Vergara Blanco (1998), se encuentran:

- a. Usos consuetudinarios como aquellos reconocidos en el DL No. 2.603 de 1979.
- b. Usos mínimos o limitados reconocidos como derecho por la ley, dentro de estos encontramos, por ejemplo, los pozos domésticos, aquellas aguas que nacen, corren y mueren en una misma heredad, lagos menores y aguas halladas en labores mineras¹⁹.

Existen para el autor otros derechos antiguos que la ley actual reconoce:

1. aquellos reconocidos a favor de comunidades agrícolas²⁰,
2. aquellos derechos adquiridos por prescripción²¹ y
3. los reconocidos a favor de las comunidades indígenas andinas por el artículo 64 de la Ley 19.253 de 1993 sobre protección, fomento y desarrollo de los indígenas.

La importancia de que estos derechos consuetudinarios se encuentren reconocidos por ley se relaciona con la protección constitucional de la que gozan, consagrada en el artículo 19 No. 24 inciso 11.

La doctrina en Chile, como es el caso de la propuesta por Daniela Rivera (2013) en su trabajo de los usos y derechos consuetudinarios de las aguas, concluye que estos no han sido suficientemente estudiados. Tratándose de los usos ancestrales de las aguas indígenas, estos

¹⁹ Artículo 20, Código de Aguas, inciso segundo: «Exceptúense los derechos de aprovechamiento sobre las aguas que corresponden a vertientes que nacen, corren y mueren dentro de una misma heredad, como, asimismo, sobre las aguas de lagos menores no navegables por buques de más de cien toneladas, de lagunas y pantanos situados dentro de una sola propiedad y en las cuales no existan derechos de aprovechamiento constituidos a favor de terceros, a la fecha de vigencia de este Código. La propiedad de estos derechos de aprovechamiento pertenece, por el solo ministerio de la ley, al propietario de las riberas».

²⁰ Artículo 54 bis DFL No. 5 de 1968.

²¹ Artículo 310 No. 3, Código de Aguas de 1981.

se enmarcan en los derechos reconocidos por su uso inmemorial. La autora entiende por derechos «reconocidos» aquellos que la legislación protege, incluso si su nacimiento se ha producido al amparo de regímenes normativos antiguos y sin importar si se encuentran o no inscritos.

El Código de Aguas de 1981 pretendió registrar toda «transacción» realizada respecto de los derechos sobre aguas, lo cual inicia, por supuesto, con su constitución. El otorgamiento de los derechos de aprovechamiento se realiza mediante un acto concesional emitido por la Dirección General de Aguas (en adelante, DGA) o, excepcionalmente, por el presidente de la República. El procedimiento se encuentra estrictamente reglado por el Código de Aguas²² y complementado en lo no previsto por la Ley 19.880, que establece las bases sobre los procedimientos administrativos. La autoridad no puede negarse a otorgar los derechos, de tal manera que, si se cumple con todos los requisitos legales, debe emitir el acto administrativo, el que a su vez será reducido a escritura pública e inscrita en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces competente y en el Registro Público de Derechos de Aprovechamiento de Aguas del Catastro Público de Aguas (en adelante, CPA), a cargo de la DGA²³.

No obstante la instauración del procedimiento registral, de carácter administrativo, como el CPA, un importante número de usuarios continuaron haciendo uso de las aguas sin registro alguno, lo que se intenta subsanar con varios sistemas de saneamiento o regularización de títulos, establecidos en los artículos transitorios del Código de Aguas. Un ejemplo claro lo encontramos en uno de los principales rubros de consumidores de aguas de nuestro país como lo son los regantes agrícolas, quienes suelen asociarse y distribuir las aguas en base a tiempo y cuotas, creando verdaderos sentimientos de pertenencia sobre sus cuotas o tiempos de uso. En estas situaciones, la norma ha debido adaptarse a la realidad, otorgándoles legitimidad o arriesgándose a quedar como letra muerta. Nuestro derecho no ha sido ajeno a esta realidad, como lo comprueba el DL

²² Artículo 140 y siguientes del Código de Aguas de 1981.

²³ Artículo 150 del Código de Aguas de 1981.

No. 2.603 de 1979, que reconoce explícitamente al usuario como dueño del derecho²⁴.

Además, al ser «reconocidos», el acto jurisdiccional que los sa-nea tiene la característica de ser título declarativo, o sea, de aquellos que se limitan a constatar una situación preexistente, lo que trae aparejado ciertas consideraciones determinantes, como nos recuerda Vergara Blanco (1998) respecto del régimen de distribución de aguas: la distribución de las aguas se encuentra sujeto a su origen, en este caso el uso, por tanto las características del derecho se limitarán a constatar el uso efectivo previo de los usuarios.

El Código de Aguas de 1981 ha sido sometido a numerosas reformas, siendo la más importante la del año 2005 con la Ley 20.017, que nuevamente reconoció los usos consuetudinarios, en este caso, de aguas subterráneas, en el artículo 4° transitorio²⁵, otorgando un plazo de seis meses a la solicitud de reconocimiento, que fue ampliado con posterioridad a un año por la Ley 20.099. Además, ya en el año 1992 se había dictado la Ley 19.145, que modificó el Código de Aguas para limitar la explotación y exploración de aguas subterráneas en zonas acuíferas que alimentan vegas y bofedales de la zona norte de Chile. Por ello, reconociendo la existencia de zonas saturadas o de especial protección, la Ley 20.411, publicada el 29 de diciembre de 2009, prohibió la constitución del derecho en determinadas zonas, prohibición que no se extendió a los indígenas

²⁴ Artículo 7: «Se presumirá dueño de derecho de aprovechamiento a quien lo sea del inmueble que se encuentre actualmente utilizando dichos derechos. En caso de no ser aplicable la norma precedente, se presumirá que es titular del derecho de aprovechamiento quien *se encuentre actualmente haciendo uso efectivo del agua*».

²⁵ «Artículo 4°.- La Dirección General de Aguas constituirá derechos de aprovechamiento permanentes sobre aguas subterráneas por un caudal de hasta 2 litros por segundo, para las Regiones Primera a Metropolitana, ambas inclusive y hasta 4 litros por segundo en el resto de las Regiones, sobre captaciones que hayan sido construidas antes del 30 de junio de 2004. Las solicitudes deberán ser presentadas hasta seis meses después de la entrada en vigencia de la presente ley». El inciso 2° del mismo artículo, que dice: «No será requisito para el aprovechamiento de aguas subterráneas indicadas en el inciso primero del artículo 56 del Código de Aguas, realizar la regulación señalada en el presente artículo». El artículo 56 del Código de Aguas se refiere a los usos de bebidas y domésticos «en suelo propio».

o comunidades indígenas que cumplan con los requisitos del artículo 5 transitorio de la Ley 20.017.

Por otra parte, el artículo 6 de la Ley 20.017 del año 2005 tuvo por fin facilitar la regularización de aguas destinadas a abastecer a la población ubicada en sectores rurales a través del sistema de agua potable rural, cumpliendo con una serie de requisitos. Para los efectos de la constitución del respectivo derecho de aprovechamiento a nombre del Comité de Agua Potable Rural, se deben presentar los antecedentes que acrediten la propiedad del inmueble a nombre del respectivo comité, o la autorización de su dueño, requisitos no exigidos si se trata de comunidades indígenas²⁶. Esta política pública —prohibir la constitución de nuevos derechos de aprovechamiento de aguas en determinadas zonas, salvo para grupos «desaventajados»— fue debatida y declarada constitucional por el Tribunal Constitucional en la causa rol No. 2512-2013²⁷, considerando que era posible establecer diferencias en el acceso al recurso hídrico sobre la base de un interés público.

Estas normas comprueban la importancia que aún hoy, más de tres décadas después de dictado el Código de Aguas, se da a los usos y costumbres de los usuarios sobre las aguas y, además, al modificar los requisitos tratándose de indígenas o comunidades indígenas, se denota el consenso existente en cuanto a elevar el nivel de protección a sus derechos, como forma de recuperar parte de su autonomía y mejorar su calidad de vida mermada por la adquisición de terceros de los derechos de aguas de su hábitat natural. Estas normas, dispuestas por la Ley 20.017 del año 2005, se extendieron a toda la población indígena del país sin distinción de su zona geográfica, no obstante la norma mencionada en el artículo 64 de la Ley 19.253, la cual se limita a la zona andina, o sea a las regiones XV, I, II y III.

Dentro de las propuestas presentadas en el proyecto actual que discute las modificaciones del régimen de las aguas, se ha propuesto añadir al código del ramo un artículo 4° bis²⁸ que disponga:

²⁶ Artículo 6° de la Ley 20.017.

²⁷ TC, *Alcalde Villalón, Julia, con DGA* (2013), cons. 2.

²⁸ Propuesta presentada en el Boletín No. 7543-12 de fecha 17 de marzo de 2011.

Las aguas son bienes nacionales de uso público. En consecuencia, su dominio y uso pertenece a todos los habitantes de la nación.

Las aguas tienen, entre otras, funciones ambientales, de subsistencia, étnicas, productivas, escénicas, paisajísticas, sociales y de ordenamiento territorial. Es deber del Estado garantizar a todos los habitantes el acceso a las funciones señaladas en el inciso anterior²⁹.

En caso de aprobarse, esta norma reconocería la dimensión étnica del agua y abre una vez más la discusión sobre el nivel de protección que debemos otorgarle. Nancy Yáñez (2016) formula observaciones a las reformas al Código de Aguas en actual tramitación (Boletín 7543-12), ya que el proyecto no se pronuncia sobre los usos ancestrales de las aguas de las comunidades (pues no los incluye en la nómina de «usos prioritarios»), ni extiende la protección especial fijada en el artículo 64 de la Ley 19.253 a las demás etnias existentes en nuestro país.

Bajo la idea de reconocer el derecho propio indígena, la actual reforma al Código de Aguas tampoco incluye las aguas ancestrales dentro de las aguas que gozan de preferencia para su «saneamiento», ni contempla la creación de un procedimiento administrativo que se adapte a la visión indígena en cuanto a la administración de recursos naturales, sin imponer criterios extraños a su cultura para probar los usos ancestrales. Por otra parte, el proyecto busca rediseñar la naturaleza jurídica del derecho de aprovechamiento de aguas otorgándole un carácter temporal³⁰, que permitiría al Estado asignar agua suficiente para proteger el consumo humano y los demás usos esenciales de desarrollo local, ambiental y territorial, sin embargo, en la propuesta no se modifica ni regula el sistema neoliberal —el

²⁹ Propuesta presentada en el Boletín No. 7543-12 de fecha 17 de marzo de 2011. Disponible en: www.camara.cl/pley/pley_detalle.aspx?prmID=7936. [Fecha de consulta: 19 de febrero de 2016]

³⁰ Artículo 5° bis 2 propuesto en el Boletín 1543-12.- Para el cumplimiento de lo dispuesto en el artículo anterior, la Dirección General de Aguas podrá constituir reservas de agua sobre las fuentes naturales. Sobre dichas reservas, esa Dirección *podrá otorgar a los particulares concesiones de uso temporales, para el desarrollo de las funciones señaladas en el inciso segundo del artículo 4° bis.*

mercado de aguas—, lo que podría impedir la asignación hacia los sectores no competitivos del país. Se trata, por tanto, de un avance parcial, en que el sistema se atenúa pero no se modifica de manera sustancial.

2.1 *Derechos reconocidos a favor de las comunidades indígenas andinas*

Esta protección especial se ve reflejada en la Ley 19.253, en el Título VIII párrafo 2º, que establece «Disposiciones Particulares Complementarias para los Aimaras, Atacameños y demás Comunidades Indígenas del Norte del País». Es entre los artículos del 62 al 65 que se establecen las instituciones y mecanismos para cumplir dicho objeto. Se inicia estableciendo a quiénes se aplicarán estas disposiciones, entendiendo que son aimaras los indígenas pertenecientes a las comunidades andinas ubicadas principalmente en la I Región³¹, y Atacameños los indígenas pertenecientes a las comunidades existentes principalmente en los poblados del interior de la II Región y, en ambos casos, a los indígenas provenientes de ellas. Finaliza el artículo 62 señalando que las disposiciones se aplicarán a otras comunidades andinas tales como los pueblos Quechua y Colla. Incluimos aquí también a los Diaguitas³².

Es el artículo 64 el que reconoce los derechos ancestrales de las comunidades sobre las aguas que se ubiquen en su territorio³³. De esta forma, se configura el derecho legal de las comunidades andinas sobre ciertas aguas, reconociendo el uso ancestral del recurso hídrico, cuya base jurídica es el derecho propio indígena (*Aylwin et*

³¹ Hoy conocida como XV Región de Arica-Parinacota y Tarapacá.

³² Ley 20.117, publicada 8 de septiembre de 2006.

³³ Art. 64: «Se deberá proteger especialmente las aguas de las comunidades Aimaras y Atacameñas. Serán considerados bienes de propiedad y uso de la Comunidad Indígena establecida por esta ley, las aguas que se encuentren en los terrenos de la comunidad, tales como los ríos, canales, acequias y vertientes, sin perjuicio de los derechos que terceros hayan inscrito de conformidad al Código General de Aguas. No se otorgarán nuevos derechos de agua sobre lagos, charcos, vertientes, ríos y otros acuíferos que surten a las aguas de propiedad de varias Comunidades Indígenas establecidas por esta ley sin garantizar, en forma previa, el normal abastecimiento de agua a las comunidades afectadas».

al., 2013). En consecuencia, la ley reconoce una situación de hecho cuyo fundamento radica en que los pueblos indígenas han utilizado las aguas pertenecientes a dicho espacio desde tiempos anteriores a la Colonia, ya sea para uso humano, animal o de riego, dejando en claro que el derecho existe por el hecho de ser reconocido por ley, aun cuando no se encuentre inscrito en el registro correspondiente para objetos de certeza.

Otro elemento es el concepto de *terrenos de la comunidad* utilizado en el artículo 64, el cual, en un afán protector, no puede verse reducido a un título de dominio, teniendo como guía inspiradora el Convenio 169 de la OIT, plenamente aplicable en nuestro país desde septiembre del año 2009³⁴. Es así como en su parte II. Tierras, nos guía en la interpretación entendiendo dentro de él aquellas tierras que, no estando ocupadas de manera exclusiva por las comunidades, hayan gozado ancestralmente de acceso a ellas para sus actividades tradicionales y de subsistencia. En su artículo 13.2 indica que el término «tierras» deberá incluir el concepto de *territorio*, lo que cubre la totalidad del hábitat de las regiones que los pueblos interesados ocupan o utilizan de alguna u otra manera, directriz a la cual se ha adherido la Corte Suprema en diversos fallos, protegiendo íntegramente el núcleo indígena³⁵. Pese a ello, nos encontramos en la obligación de mencionar que dichos preceptos se encuentran dentro de los considerados «no autoejecutables» por el Tribunal Constitucional³⁶, ya que, a su juicio, al ampliar el concepto de tie-

³⁴ Decreto 236 del Ministerio de Relaciones Exteriores publicado en el *Diario Oficial* con fecha 14 de octubre de 2008.

³⁵ «Francisca Linconao con Forestal Palermo» (2009) y «Alejandro Papic Domínguez con Comunidad Indígena Aimara Chusmiza y Usmagama» (2009).

³⁶ El Tribunal Constitucional ha sostenido que estos preceptos se encuentran dentro de los no autoejecutables del Convenio, Rol No. 309 de 2000: «Señalan al respecto que dicha disposición impone al Estado la obligación de reconocer el derecho de propiedad y la posesión a los “pueblos interesados” sobre “las tierras que tradicionalmente ocupan”; pero, igualmente respecto de bienes raíces pertenecientes a terceros no indígenas y que dichos pueblos estén interesados en utilizarlos. Lo anterior, por cuanto el No. 2º impone dicha obligación en relación con aquellas tierras que “los pueblos interesados ocupen tradicionalmente”. Por otra parte, el artículo 13º, No. 2 del Convenio, amplía considerablemente lo que ha de entenderse por tierras. De lo anterior se desprende que el Estado asume la obligación de expropiar tierras a solicitud de un ente colectivo y en su propio

rras y terrenos de la comunidad se desprende que el Estado asume la obligación de expropiar tierras a solicitud de un ente colectivo y en su propio beneficio, lo que transgrede el marco conceptual de la expropiación en Chile, interpretación que nos parece excesiva pues lo buscado no es expropiar en base a sus solicitudes, sino reconocer sus derechos íntegramente.

En materia de aguas, esto resulta especialmente relevante, pues no podemos obviar que por la naturaleza del recurso es común que escurra por diversos territorios, los cuales pueden o no estar inscritos a nombre de la comunidad indígena. El fallo del 25 de noviembre de 2009, causa Rol No. 2840-2008 dictado por la Corte Suprema, resulta esclarecedor en este sentido, al afirmar que

no ofrece duda que el reconocimiento de derechos que el artículo 64 hace a favor de las comunidades Aimaras y Atacameñas, no se refiere solo a las aguas ubicadas en inmuebles inscritos de propiedad de la comunidad, sino también a las aguas que, no obstante estar situadas en predios inscritos a favor de terceros, abastezcan a la colectividad indígena, pues lo que esta norma busca proteger es, esencialmente, el abastecimiento de agua para dichas comunidades indígenas, lo que solo se logra con la aplicación de la regla en estudio, en la forma en que ha sido entendida por los jueces del grado, lo que esta Corte comparte. Con esta interpretación que garantiza el suministro de agua para las comunidades autóctonas en comento, se logra cumplir con los objetivos expresados en el Mensaje Presidencial que dio impulso a la actual Ley Indígena...

La Corte, al momento de fallar, tiene en miras el fin de la ley, el cual es abastecer a las comunidades con el objeto de propender a su repoblación, situación difícil por la escasez de agua que ha motivado el traslado indígena a las ciudades buscando mejorar su calidad de vida. El precepto en comentario «terrenos de la comunidad», abarca además una limitación al tiempo de reconocer los derechos ancestrales, entendiendo que la regularización debe abarcar los usos de la

beneficio, lo que a juicio de los requirentes transgrede el marco conceptual de la expropiación en Chile. En consecuencia, el artículo 14 transgrede el artículo 19, No. 24, incisos segundo y tercero, de la Constitución».

comunidad y no de individuos particulares, aun cuando pertenezca a una de las etnias mencionadas, lo cual se ve reforzado por el artículo 3° transitorio de la Ley 19.253 y con un argumento fáctico, derivado de la costumbre en que se funda la ley: los pueblos originarios andinos se han organizado ancestralmente en comunidades, haciendo uso colectivo de los recursos, demostrado en actividades tales como ceremonias, pastoreo y su particular actividad agrícola.

3. PRÁCTICA DE LAS REGULARIZACIONES SOBRE LOS DERECHOS ANCESTRALES SOBRE LAS AGUAS DE LAS COMUNIDADES

Parte de las preguntas que esta investigación pretende abordar dice relación con la práctica indígena en materia de recursos hídricos y el modo como el legislador, al normar esa práctica, la transforma. Como ya fue adelantado, no existe un procedimiento especial instituido por ley abocado al reconocimiento de los derechos de aprovechamiento de aguas de las comunidades indígenas en función de su uso ancestral. Hoy, siguiendo a la práctica administrativa, se aplican por analogía las normas del Código de Aguas dirigidas a la «regularización» de derechos de aprovechamiento de aguas que estén siendo utilizados por personas distintas de sus titulares, derechos no inscritos y aquellos que se extraen en forma individual de una fuente natural, es decir, por el artículo 2 transitorio del Código de Aguas.

La legislación contempla una serie de obligaciones para con las comunidades, dentro de las cuales se encuentra la celebración de convenios³⁷ destinados a la constitución y restablecimiento de los derechos de aguas de propiedad ancestral en los términos del artículo 64 de la Ley 19.253. Al entrar en vigencia esta normativa, los abogados que llevaron adelante los primeros procedimientos sabían que lo solicitado era, justamente, el reconocimiento judicial

³⁷ Artículo 3 transitorio inciso 2 de la Ley 19.253: «Igualmente, la Corporación y la Dirección General de Aguas, establecerán un convenio para la protección, constitución y restablecimiento de los derechos de aguas de propiedad ancestral de las comunidades aimaras y atacameñas de conformidad al artículo 64 de esta ley».

de estos derechos y no una concesión administrativa. Sin embargo, asumieron que entre las reglas formales de procedimiento existente la que tocaba el uso, la posesión y, en general, proveía de una prescripción adquisitiva de los derechos, era la dispuesta en el artículo 2° transitorio del Código de Agua (para «regularizar» derechos). Entonces, homologaron esta situación a la de los pueblos originarios (Cuadra, 2000).

La mayoría de la doctrina nacional, especialmente después del fallo de la causa *Toconce con ESSAN*, que evidenció que, respecto al derecho de propiedad ancestral reivindicado por la comunidad, este procedimiento del art. 2° transitorio no regulariza sino constituye derechos, debiendo solo el Tribunal establecer el contenido y características esenciales del derecho de aguas, no ha cuestionado el uso de este procedimiento (Yáñez y Molina, 2011). Rivera (2013), en todo caso, sí ha evidenciado que debiera «discutirse si es necesario y procedente que las comunidades indígenas deban «regularizar» su derecho (que es legal) conforme al art. 2° transitorio» y explica que sería suficiente iniciar una acción declarativa o de mera certeza para que un Tribunal así lo explicitara, debiendo además especificar ese derecho. Reconoce, en todo caso, que la práctica habitual es utilizar el procedimiento ya señalado.

Este trabajo, si bien se enmarca en esa misma línea, no solo evidencia que no corresponde aplicar este procedimiento de regularización desde el punto de vista formal, sino también que origina una serie de dificultades prácticas que se suplen de manera incoherente en relación con la visión colectivista que los pueblos originarios tienen de los recursos naturales.

La política pública estatal desarrollada desde el año 1993, con miras al reconocimiento de la legalidad alternativa de los pueblos originarios, le ha negado esta calidad; por el contrario, ha dispuesto la «adaptación» al artículo 2 transitorio. Así, por ejemplo, respecto del pueblo Atacameño, las solicitudes de reconocimiento debían ser colectivas, lo que se solucionó efectuándolas por medio de las asociaciones indígenas; las fuentes de agua de las comunidades debían comprender todas las fuentes utilizadas por la respectiva comunidad,

siendo absolutamente improcedente formar distintas organizaciones por canal. Otro obstáculo para la cosmovisión de los Atacameños es que los derechos ancestrales sobre el agua se extienden desde el nacimiento de cada río o vertiente a cada una de las tierras que las aguas recorren y riegan, lo que no se condice con el sistema legal vigente, que separa la tierra del agua. En la práctica, se intentó paliar solicitando el mayor caudal posible (Cuadra, 2000). Ello porque las aguas ancestrales constituyen una situación que escapa de su marco de aplicación. Los pueblos originarios, para no ver mermados aún más sus derechos, es este caso, al agua, han debido adaptarse a los procesos impuestos, que no responden a su visión colectivista de los recursos naturales y que intenta asimilarlos a instituciones ajenas a la administración interna que las comunidades indígenas dan a sus aguas.

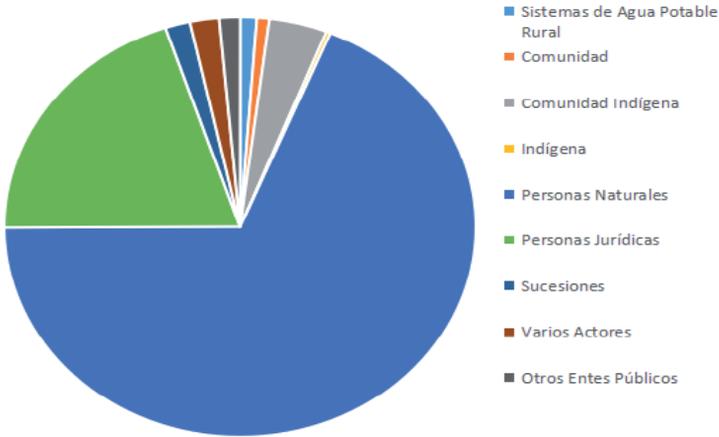
El procedimiento de saneamiento impuesto a los pueblos originarios impone requisitos, y por tanto pruebas, que no se conciben directamente con la concepción ni los elementos que constituyen las costumbres ancestrales sobre las aguas. Además, abre la puerta a que terceros con pretensiones sobre las aguas se opongan a la regularización por no cumplir las exigencias del artículo 2 transitorio del Código de Aguas de 1981, los cuales no son contempladas por la Ley Indígena en ninguna de sus disposiciones, ampliando, a través de una ley general, el derecho consagrado en una ley particular que no responde al espíritu de sus demandas. Dentro de los requisitos más controvertidos se encuentra el haber ejercido cinco años de uso ininterrumpidos contados hacia atrás de 1981 y que la utilización deberá haberse efectuado pacíficamente, libre de clandestinidad o violencia y sin reconocer dominio ajeno. Tenemos aquí un ejemplo de cómo, de forma procedimental, es posible domesticar el derecho propio indígena³⁸.

³⁸ Por ejemplo: Boelens, Getches & Guevara-Gil, 2010.

3.1 PROYECTO DE JUDICIALIZACIÓN EN RECURSOS HÍDRICOS (2013-2014)³⁹

En la materia específica de este trabajo, los datos del proyecto sobre judicialización dan cuenta de la problemática ya reseñada. Para el año 2013, de un total de 1.008 sentencias depuradas, en 15 de ellas figuran como actores comunidades indígenas (14 regularizaciones y un amparo). Además, en al menos un caso se compareció individualmente invocando la calidad de indígena.

FIGURA 1. ACTORES EN PROCEDIMIENTOS DE REGULARIZACIÓN (2013)



Para el año 2014, de un total de 845 sentencias –nueve casos con actor comunidad indígena–, todos son casos de regularización en un universo de 499 para ese año.

³⁹ En ese trabajo se presentan los resultados de un estudio empírico de todos los fallos emanados de los Tribunales Civiles de primera instancia en Chile, durante los años 2013 y 2014, recopilados y analizados en el marco del proyecto Fon-dap que creó el Centro de Recursos Hídricos para la Agricultura y la Minería (CRHIAM) en la Universidad de Concepción.

FIGURA 2. ACTORES EN PROCEDIMIENTOS DE REGULARIZACIÓN (2014)

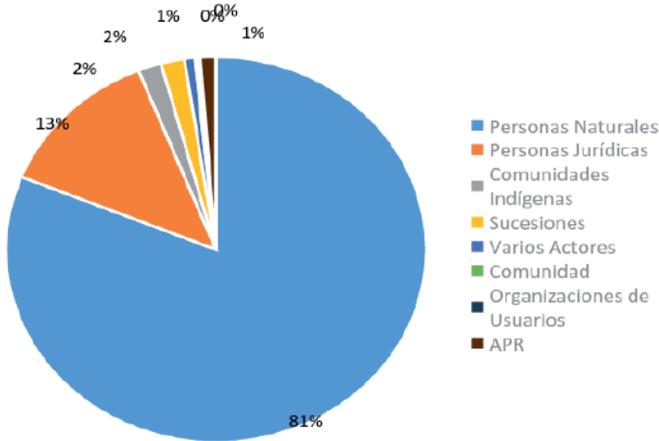


TABLA I. PROCEDIMIENTOS DE REGULARIZACIÓN (2013 Y 2014)

ACTOR	2013	2014
Sistemas de agua potable rural	4	6
Comunidades indígenas	14	9
Organizaciones de usuarios de aguas	0	1
Personas jurídicas	70	64
Personas naturales	241	405
Sucesiones	6	9
Varios actores	7	4
Otros entes públicos	5	0
Indígenas como personas naturales	1	0
Total	351	499

Uno de los aspectos más interesantes que permitió inferir el proyecto de judicialización, fue la utilización del concepto *aguas ancestrales* con un contenido muy alejado de lo descrito como parte del derecho propio indígena con antelación en este mismo trabajo. El proyecto de judicialización dio cuenta que en el año 2013 se utilizó el término *ancestral* respecto de las aguas en 29 sentencias: 27 de ellas son regularizaciones, una sentencia es un amparo de aguas y una sentencia corresponde a un procedimiento sancionatorio. Sin

embargo, en la mayoría de los casos el término *ancestral* fue ventilado en procedimientos en que solo estuvieron involucrados chilenos para reclamar derechos de aprovechamiento de aguas (Ochoa *et al.*, 2017).

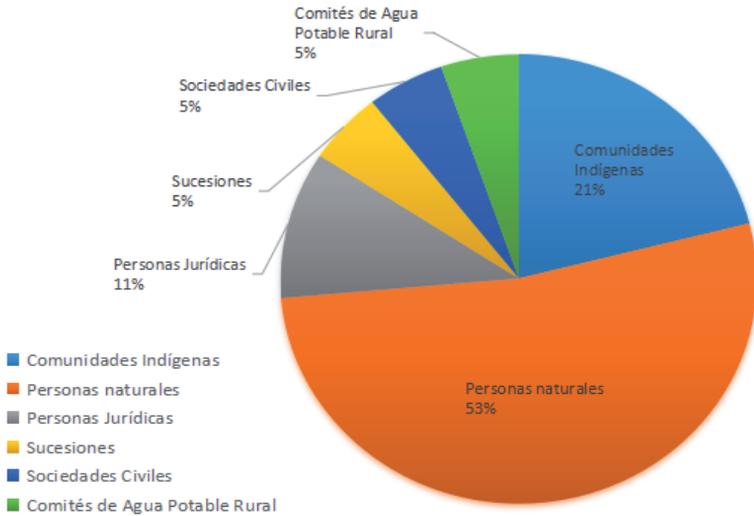
TABLA 2. USO DEL TÉRMINO AGUAS ANCESTRALES EN FALLOS (2014)

GANANCIOSO	NÚMERO
Comunidades indígenas	4
Personas naturales	10
Sucesiones	1
Personas jurídicas	2
Sociedades civiles	1
Sistemas de agua potable rural	1
Total	19

Los usos de las aguas ancestrales por parte de las comunidades se encuentran dentro de los derechos reconocidos *ipso jure* en nuestra legislación, tanto por la Ley 19.253 como por la Constitución Política del Estado, de forma que el procedimiento tiene solo un fin de certeza jurídica, no lo crea ni constituye. Así ha sido entendido y declarado por los tribunales nacionales y concuerda con las características de título ancestral en el derecho internacional de los derechos humanos. Por el hecho de no existir un procedimiento instruido por ley, o por la administración, siguiendo lo dispuesto en el artículo 3 transitorio de la Ley Indígena, se aplica de forma supletoria lo dispuesto en el artículo 2 transitorio del Código de Aguas, lo cual, como ya hemos mencionado, modifica los requisitos dictaminados por el artículo 64 de la Ley Indígena y no se adapta a las características de un título de propiedad ancestral, ni a las obligaciones de los Estados⁴⁰ para con las comunidades.

⁴⁰ CIDH, Caso de la Comunidad Moiwana Vs. Surinam. Excepciones Preliminares, Fondo, Reparaciones y Costas. Sentencia de 15 de junio de 2005. Serie C. No. 124, párr. 209; Caso de la Comunidad Mayagna (Sumo) Awas Tingni Vs. Nicaragua, párr. 151 y 153, y Caso Comunidad Indígena Xákmok Kásek Vs. Paraguay. Fondo, Reparaciones y Costas. Sentencia de 14 de agosto de 2010. Serie C. No. 214, párr. 109. Caso de los Pueblos indígenas Kuna de Madungandí

FIGURA 3. ACTORES QUE INVOCAN EL TÉRMINO ANCESTRALES EN PROCEDIMIENTOS DE REGULARIZACIÓN (2014)



4. CONCLUSIÓN

El reconocimiento del derecho de las comunidades indígenas andinas de nuestro país a las aguas a las cuales han tenido acceso desde tiempos remotos, y por lo cual se les reconoce su propiedad ancestral, constituye uno de los grandes avances de nuestra legislación en materia de protección a los recursos naturales y al derecho indígena, aun cuando se trate de un reconocimiento parcial, que no se extiende a las demás etnias del país. Sin embargo, no basta el solo reconocimiento si no existen los mecanismos jurídicos o administrativos para hacerlos efectivos.

Como quedó en evidencia en nuestro examen preliminar, los usos reconocidos sobre las aguas en nuestro país no poseen un procedimiento que permita reconocer el derecho sobre las aguas ancestrales de pueblos originarios, de forma de otorgarles la publicidad necesaria para evitar conflictos con terceros, específicamente

y Emberá de Bayano y sus miembros Vs. Panamá. Sentencia de 14 de octubre de 2014. Serie C No. 284, p. 40.

en los casos que la Dirección General de Aguas, cumpliendo con sus obligaciones, otorga razón al pedimento de un tercero. El marcado régimen neoliberal del Código de Aguas de 1981 vino a empeorar la problemática de las comunidades indígenas de nuestro país, quienes se vieron relegadas y desposeídas de las aguas a las cuales habían tenido acceso por años, en pro de usuarios de mayor poder adquisitivo. La dictación de la norma que reconocía la propiedad ancestral de los pueblos originarios andinos, la Ley de Protección, Fomento y Desarrollo Indígena, de 1993, despertó numerosas esperanzas en que finalmente el derecho propio indígena tendría un reconocimiento legal.

A través de nuestro estudio, y con datos empíricos en materia de judicialización, se pretende dar respuesta a las interrogantes planteadas al inicio de nuestra exposición sobre cuáles son los elementos y requisitos que componen los derechos sobre las aguas ancestrales reconocidos a las comunidades andinas en los artículos 64 y 3 transitorio de la Ley 19.253. Las distintas dimensiones que unen a los indígenas con las aguas, tanto por la conexión con sus ancestros, su espiritualidad, como por su supervivencia, han sido reconocidas legislativamente otorgándoles *ipso jure* el derecho sobre las aguas, por tanto, se entiende que la resolución emitida por la autoridad obra de reconocimiento y no de constitución del derecho, lo cual tiene importantes consecuencias jurídicas: la resolución tiene por objeto solo constatar una situación preexistente (en caso de conflicto, las comunidades indígenas debieran prevalecer en virtud de la propiedad ancestral).

Quizás el estudio de esta materia podría propender a un avance en pluralismo legal, reconociendo la interculturalidad vigente en el país, el reconocimiento hacia las aguas ancestrales de los demás pueblos originarios o el reconocimiento de las diversas fuentes desde las cuales emana el derecho indígena. Esto daría la posibilidad de ser una de las puertas al diálogo que reconozca a todos los habitantes una efectiva igualdad frente a la diversidad étnica, cultural y racial de nuestro país, lo cual, lejos de ser un motivo de fracturación nacional, nos dignifica y enriquece tanto interna como externamente.

BIBLIOGRAFÍA

Libros y publicaciones seriadas:

- Aguilar Caballo, G. (2005) El título indígena y su aplicabilidad en el derecho chileno. *Ius et Praxis*. Vol. 1, No. 11, pp.269-295.
- Alwyn, J.; Meza-Lopehandía, C.; Yáñez, N. (2013) *Los pueblos indígenas y el derecho*. LOM ediciones. Santiago, Chile.
- Aravena, A. (2000) Derecho consuetudinario y costumbre indígena. La consideración de la costumbre como atenuante o eximente de responsabilidad penal: informe pericial. En: *Actas del XII Congreso Internacional Derecho Consuetudinario y Pluralismo Legal: Desafíos en el Tercer Milenio*. Pp.13-17.
- Clavero, B. (2008) Reconocimiento mapu-che de Chile: tratado ante Constitución. *Derechos y Humanidades*. No. 13, pp.13-40.
- Kingsbury, B. (1998) 'Indigenous Peoples' in International Law: A Constructive Approach to the Asian Controversy. *American Journal of International Law*. No. 92, pp. 414-457.
- Ochoa, F. et al. (2017) El acceso al recurso hídrico en la praxis judicial chilena: paradojas y malas prácticas. Acta de Derecho de Aguas, *Revista de Derecho Administrativo Económico*. No. 6, pp.5-28.
- Rivera Bravo, D. (2013) *Usos y derechos consuetudinarios de aguas, su reconocimiento, subsistencia y ajuste*. Legal Publishing. Santiago, Chile.
- Vergara Blanco, A. (1998) *Derecho de aguas*. Tomo I y II. Editorial Jurídica de Chile. Santiago, Chile.
- Yáñez, N.; Molina, R. (compiladores) (2011) *Las aguas indígenas en Chile*. LOM ediciones. Santiago, Chile.

Linkografía:

- Cuadra, M. (2000) Teoría y práctica de los derechos ancestrales de agua de las comunidades atacameñas. *Estudios Atacameños*. No. 19, pp.93-112. Disponible en: www.jstor.org/stable/pdf/25674765.pdf?seq=1#page_scan_tab_contents
- Yáñez, N. *Observaciones al proyecto de reforma al Código de Aguas*. Boletín 7543. Disponible en: [www.camara.cl/pdf.aspx?prmTIPO=DOCUM ENTOCOMUNICACIONCUENTA&prmID=2539](http://www.camara.cl/pdf.aspx?prmTIPO=DOCUM%20ENTOCOMUNICACIONCUENTA&prmID=2539)

Legislación:

- *Normas nacionales*

Constitución Política de la República de 1980

Código de Aguas de 1981

Código Civil de 1855

Ley 19.253 del 5 de octubre de 1993, Normas sobre protección, fomento y desarrollo de las comunidades indígenas

Ley 20.017 del 16 de junio de 2005, sobre modificación del Código de Aguas

DL No. 2.603 del 23 de abril de 1979, sobre modificación del Acta Constitucional No. 3.

Código de Procedimiento Civil

Ley 20.411 del 29 de diciembre de 2009

- *Normas internacionales*

Convenio 169 de la OIT

Carta de Naciones Unidas

Declaración Universal de los Derechos Humanos

Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos

Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales

Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas

Convenios 107 de la OIT

La Declaración de Machu Picchu sobre la Democracia

Agenda XXI

Derechos de los Pueblos Indígenas y la Lucha contra la Pobreza, del año 2001

Carta Andina sobre Derechos Humanos del año 2002

Convención Americana de Derechos Humanos

- *Memorias de prueba*

Rojas, D. (2014) *Análisis conceptual del derecho a la tierra de los pueblos indígenas en el derecho internacional*. Facultad de Ciencias Jurídicas, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Valparaíso, Chile.

Jurisprudencia

- *Jurisprudencia nacional*

Comunidad Atacameña de Toconce con ESSAN S.A. (2004) Corte Suprema, sentencia de fecha 22 de marzo de 2004, Rol No. 986-03.

Comunidad Chusmiza Usmagama con DGA (2005) Corte de Apelaciones de Santiago, sentencia del 2 de junio de 2005. Rol No. 6848-2002.

- Comunidad Chusmiza Usmagama con DGA* (2006) Tribunal de Pozo Alto, sentencia de 31 agosto de 2006. Rol No. 1994-1996.
- Control de constitucionalidad del proyecto de acuerdo aprobatorio relativo al Convenio No. 169 sobre pueblos indígenas* (2008), Tribunal Constitucional, sentencia de 3 de abril de 2008. Rol No. 1050-08.
- INP con Muñoz Candia* (2009) Corte Suprema, de fecha 29 de octubre de 2009.
- Papic Domínguez con Comunidad Indígena Aimara Chusmiza y Usmagama* (2007) Corte de Apelaciones de Iquique, sentencia de 3 de julio de 2007. Causa Rol No. 817-2006.
- Papic Domínguez con Comunidad Indígena Aimara Chusmiza y Usmagama* (2009) Corte Suprema, sentencia de 25 de noviembre de 2009. Rol No. 2840-2008.
- Proyecto de Acuerdo Aprobatorio del Proyecto Relativo a la Convención Internacional para la Protección de todas las Personas contra las Desapariciones Forzadas* (2009) Tribunal Constitucional, sentencia de 29 de mayo de 2009. Rol No. 1483-09.
- Requerimiento de diputados respecto de inconstitucionalidad Convenio 169 de la OIT* (2000) Tribunal Constitucional, sentencia de 4 de agosto de 2000. Rol No. 309-2000.
- Requerimiento de un grupo de diputados para que se declare la inconstitucionalidad del artículo 1º, numeral 20; letra c) número 3 y número 48 del proyecto de Ley General de Pesca y Acuicultura contenida en la Ley No. 18.892 y sus modificaciones* (2012) Tribunal Constitucional, sentencia de 21 de diciembre de 2012. Rol No. 2387-12 y Rol No. 2388 acumulados.
- Sindicato con Pinochet y otros* (2011) Corte Suprema, sentencia de 27 de enero de 2011. Rol No. 8314-2009.
- Thauby Pacheco, Claudio Francisco y otros* (2006) Corte Suprema, sentencia de 3 de octubre de 2006. Rol No. 2707-2006.
- Valdés con Irarrázabal* (2008) Tribunal Constitucional, sentencia de 10 de junio de 2008. Rol No. 943-2007.
- *Jurisprudencia internacional*
- Comunidad Mayagna (Sumo) Awas Vs. Nicaragua* (2000) Corte Interamericana de Derechos Humanos, sentencia de 1 de febrero de 2000.
- Comunidad Moiwana Vs. Surinam* (2005) CIDH, sentencia de 15 de junio de 2005.
- Comunidad Indígena Yakye Axa Vs. Paraguay* (2005) CIDH, sentencia de 17 de junio de 2005.
- Comunidad Indígena Sawhoyamaya Vs. Paraguay* (2006) CIDH, sentencia de 20 de marzo de 2006.

Pueblo Saramaka. Vs. Surinam (2007) CIDH, sentencia de 28 de noviembre de 2007.

Comunidad Indígena Xákmok Kásek. Vs. Paraguay (2010) CIDH, sentencia de 24 de agosto de 2010.

ALGUNAS REFLEXIONES EN TORNO AL DERECHO AL AGUA, EN ESPECIAL SOBRE SU RECEPCIÓN Y EJECUTABILIDAD EN EL ORDENAMIENTO JURÍDICO CHILENO *

*Fernando Ochoa Tobar***

RESUMEN

El presente capítulo aborda el derecho humano al agua como fenómeno jurídico y respuesta de la comunidad internacional frente a los nuevos desafíos de contextos climáticos y ambientales cambiantes. En esta línea, se comienza con un breve estudio de su génesis y los antecedentes fácticos que contribuyeron a la dictación de diversos instrumentos de derecho internacional. Asimismo, se abordan su especial naturaleza y contenido, que entraña el armónico juego de libertades y derechos, los cuales cautelan el acceso a recursos hídricos en condiciones dignas. A continuación, se aborda la posible recepción y potencial ejercicio mediante las acciones y recursos que contempla el ordenamiento jurídico chileno, especialmente mediante los instrumentos para la cautela de derechos constitucionales en los cuales puede considerarse subsumido. Finalmente, el presente capítulo propone una reflexión: ¿Tiene cabida un derecho como este en el ordenamiento jurídico chileno, habida consideración de que la actual regulación tiene una clara orientación a fortalecer el uso privado de las aguas?

PALABRAS CLAVE: Derecho Humano al Agua, Derechos Fundamentales, Derecho Internacional.

* El presente capítulo corresponde a una versión revisada y actualiza del mismo, publicado originalmente en la revista *Derecho y Humanidades* de la Universidad de Chile en su N°18 correspondiente al año 2011, páginas 213-226.

** Fernando Ochoa Tobar, abogado, Universidad de Concepción. Investigador CRHAM, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Contacto: fernando.ochoa.udec@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La humana necesidad de agua es una preocupación para el derecho. Reciente en su elaboración, tiene también su reflejo en el campo de los Derechos Humanos en lo que se ha dado en llamar *Derecho al Agua*, luego extendido al *Saneamiento*. El presente trabajo se ocupa, en primer término, de su génesis, para avocarse luego a su elaboración positiva en el derecho internacional y la importante labor que jugó en ello el Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales a través de sus Observaciones Generales. A continuación, reflexiona en torno a su recepción en el Ordenamiento Jurídico Chileno y sus reales posibilidades de ejercicio a través de las acciones y recursos consagrados en él para la defensa de los derechos humanos, en general, y de las aguas, en particular. Finalmente, medita sobre los conflictos que pueden surgir entre la legislación de aguas y los principios que inspiran el contenido de este derecho.

I. EL DERECHO HUMANO AL AGUA. BREVES NOTAS SOBRE SU GÉNESIS

Si bien la necesidad de agua para mantener la vida es una circunstancia que resulta indiscutible y no amerita mayor probanza para lograr convicción en el lector, el desarrollo de la humanidad, sus actividades y sus asentamientos han impuesto a esta necesidad nuevas particularidades adicionales y diversas a la primaria sustentación de la vida, lo que torna su satisfacción más compleja, al no cumplir, este elemento, esta única y exclusiva función. Desde luego, estas particularidades, intereses y utilidades pueden conducir a priorizar algunos usos en perjuicio de otros, o bien a lograr un compromiso que permita un desarrollo armónico.

Sin embargo, debe tenerse presente que esta creciente utilidad ha sido acompañada, en las últimas décadas, por una creciente escasez del recurso, así como por fenómenos climatológicos a escala global que han incidido en la disponibilidad, acceso y calidad del recurso hídrico.

Lo expresado, en cuanto se traduce en un potencial conflicto social y de intereses, tiene y, ciertamente ha tenido desde siempre¹, también un planteamiento para el derecho. En una primera data, el derecho privado intenta asumir su regulación, para luego ceder parte de ella a nuevas disciplinas como el derecho de aguas o ambiental. Sin embargo, ante la complejidad del fenómeno a ser tratado por la norma, tales regulaciones han demostrado ser insuficientes ante una realidad cambiante y multidimensional. Así, buscando dar una armoniosa solución a estas complejas necesidades, y con un intenso contenido moral en sus cimientos, surge un movimiento que, mediante diversos instrumentos y normas, busca el reconocimiento del Derecho al Agua como un Derecho Fundamental.

Es en el plano del Derecho Internacional de los Derechos Humanos, no en los ordenamientos nacionales, donde comenzó a tomar forma esta idea, complementando la noción básica de acceso al agua con otros caracteres, en aras de proporcionar condiciones de vida digna a todas las personas, de todos los pueblos.

Así, se cita como ejemplos primigenios de su reconocimiento la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua llevada a cabo en Mar del Plata en 1977, también la Declaración de Dublín de 1992, en que se hace referencia a la higiene y la salubridad, pero sobre todo por la alusión a la idea de «derecho fundamental» y de «precio asequible» (Smets, 2006) como incipientes ejemplos de su reconocimiento positivo. Encontramos también otras declaraciones expresas en tratados tan importantes como el Convenio de Ginebra, sobre el trato debido a los prisioneros de guerra, y el Convenio de Ginebra, relativo a la protección debida a las personas civiles en tiempo de guerra, ambos de 1949, incluido su protocolo adicional del año 1977; la Convención sobre la Eliminación de Todas las Formas de Discriminación contra la Mujer de 1979 y la Convención sobre los Derechos del Niño de 1989, entre otros varios instrumentos, algunos de los cuales incluso son de carácter regional. Dentro de los

¹ Encontramos referencias a normas sobre riego o daños causados por inundaciones en el propio Código de Hammurabi. Disponible en: <http://avalon.law.yale.edu/ancient/hamframe.asp>

instrumentos relativos a derechos humanos con vocación universal, se distinguen aquellos que lo recogen

como asunciones implícitas de la existencia de este derecho, integrante de otros como el derecho a la alimentación, la vivienda, etcétera; o con carácter autónomo dentro del marco general del derecho a un nivel de vida adecuado o a través de menciones muy genéricas a su reconocimiento, sin precisión de detalle, que tienen como destinatario a colectivos específicos (mujeres y niños) y no a la totalidad de los seres humanos, y de nuevo con respecto a ciertos derechos humanos concretos (alimentación e higiene de los niños) o en espacios sociales determinados (el medio rural para la mujer) (Sánchez, 2008: 7).

Ahora bien, algunos, por tratarse de declaraciones, no se tradujeron en obligaciones jurídicas efectivas, pero aportaron indirectamente, constatando una revolución silenciosa o introduciendo bases que después servirían para la construcción jurídica definitiva del derecho.

Es así como ni el Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos, ni el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, hacen mención alguna sobre él. Pero debe tenerse presente el artículo 11, párrafo I, de este último, que consagra el derecho a un nivel de vida adecuado y que permite, en aras de la progresividad, plantear nuevas manifestaciones de él. En este punto, dispone:

Los Estados Partes en el presente Pacto reconocen el derecho de toda persona a un nivel de vida adecuado para sí y su familia, incluso alimentación, vestido y vivienda adecuados, y a una mejora continua de las condiciones de existencia. Los Estados Partes tomarán medidas apropiadas para asegurar la efectividad de este derecho, reconociendo a este efecto la importancia esencial de la cooperación internacional fundada en el libre consentimiento.

La redacción de dicho precepto será fundamental a la hora de dar una formulación al derecho en estudio. El derecho a un nivel de vida adecuado, reconocido en el precepto, acompañado de una

serie de sus aspectos permite, en aras de la progresividad, plantear nuevos aspectos. Volveremos sobre esto más adelante.

En relación con este movimiento y sobre la base del Pacto, resulta indispensable, e ineludible, detenerse en la fundamental labor desarrollada por el Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales por vía de sus Observaciones Generales. En ellas, y según el propio comité, se trata de transmitir la experiencia adquirida en el examen de los informes presentados por los Estados Partes en cumplimiento del Pacto a fin de facilitar y promover su aplicación ulterior; señalar a su atención las deficiencias puestas de manifiesto por un gran número de informes; sugerir mejoras en el procedimiento de presentación de informes, y estimular las actividades de los Estados Partes, las organizaciones internacionales y los organismos especializados interesados en lo concerniente a lograr, de manera progresiva y eficaz, la plena realización de los derechos reconocidos en el Pacto. Siempre que sea necesario, el Comité, habida cuenta de la experiencia de los Estados Partes y de las conclusiones a que haya llegado sobre ellas, puede revisar y actualizar sus observaciones generales (ONU, 2004).

Así, ya en el año 1992, la Observación General No. 4, relativa al Derecho a la Vivienda, señalaba que:

(la vivienda) debe contener ciertos servicios indispensables para la salud, la seguridad, la comodidad y la nutrición. Todos los beneficiarios del derecho a una vivienda adecuada deberían tener acceso permanente a recursos naturales y comunes, a agua potable, a energía para la cocina, la calefacción y el alumbrado, a instalaciones sanitarias y de aseo, de almacenamiento de alimentos, de eliminación de desechos, de drenaje y a servicios de emergencia.

Además encontraremos alusiones en las Observaciones Generales No. 6 (Derechos Económicos, Sociales y Culturales de las personas mayores de edad), No. 13 (Derecho a la Educación) y No. 14 (disfrute del más alto nivel de salud posible). Sin embargo, y sin menospreciar el aporte de los anteriores textos, es con la Observación General No. 15, del año 2002, la que da el paso definitivo y esencial.

Sus caracteres fundamentales se sintetizan en la idea de su intrínseca unión con la dignidad humana y su carácter indispensable para una vida digna; su condición de presupuesto para la realización de otros derechos fundamentales; la obligación que pesa sobre los Estados de adoptar medidas para hacer efectivo este derecho, sin discriminación alguna; y, finalmente, en la concepción del agua como un bien esencialmente social y cultural, no solo económico.

2. EL DERECHO HUMANO AL AGUA: PLANTEAMIENTO INTERNACIONAL

2.1 *El Derecho Humano al Agua: Concepto*

Ha sido definido como *el derecho de todos a disponer de agua suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal y doméstico*. De este concepto, se desprende su carácter primario y básico. Empero, hay quienes son de la opinión que, en base a este concepto, debería hablarse de «derecho al agua potable y al saneamiento» (Saura I Stapá, 2008: 123).

El Comité, en la Observación General No. 15, declara a este derecho como humano y, como tal, además de indispensable para una vida digna, es presupuesto de otros derechos humanos. Así se enmarcaría dentro de los arts. 11 y 12 del Pacto y, por tal razón, el Comité considera que el derecho al agua está indisolublemente unido al nivel más alto de salud posible, al derecho a la vivienda y a la alimentación adecuada; al derecho a la vida y a la dignidad humana y al derecho al trabajo y a participar en la vida cultural.

Lo anterior, por cuanto en opinión del Comité estaría incluido en el art. 11 del párrafo I, dentro del derecho a un nivel de vida adecuado, pues el uso de la palabra *incluso* indica que la enumeración que en él se hace no es exhaustiva, pudiendo quedar incorporados otros derechos, como aquel en comento.

Como Derecho Económico, Social y Cultural, es de aquellos que

explicitan las exigencias de los valores de dignidad, igualdad y de solidaridad humana, buscando superar las desigualdades sociales, generando el derecho de participar en los beneficios

de la vida social o, al menos, a un mínimo vital compatible con la dignidad humana a través de derechos y prestaciones brindadas directa o indirectamente por los poderes públicos (Nogueira, 2009: 152).

Y «se trata de un *derecho de prestación* ya que consiste en exigir una prestación a los poderes públicos de suministrar agua potable y de sanear las aguas residuales» (Peñalver, 2008: 8). Así, según la Observación No. 15, es el Estado quien debe intervenir ejecutando estas *prestaciones* y eliminando injerencias en su ejercicio. Ello importa al analizar sus violaciones, pues genéricamente se manifiestan «en lagunas de disposiciones y/o carencias en las prestaciones que reclamarían medidas coercitivas no siempre accionables» (Ferrajoli, 2004: 109).

Más, si se considera el acceso al agua como indispensable para la vida, podríamos ubicarlo como un *derecho de primera generación*

por ser *anterior a la formación del mismo Estado, y por tratarse de un derecho intrínseco a la naturaleza humana*, y la función gubernamental deviene únicamente en reconocerlo y regularlo. Por su parte, el *derecho a la acción pública en protección del agua es posterior al establecimiento del Estado* y, por tanto, se ejerce frente a este, necesita su plena intervención para su debida implementación y protección, visto de esta perspectiva compartiría características con los *derechos económicos, sociales y culturales*, y con los *derechos de la solidaridad* (Peña, 2007).

Entonces, si el derecho al agua se encontraba reconocido con anterioridad al pronunciamiento de la Observación, podríamos incluso concluir que el gran avance de esta radica en conceptualarlo y definir su contenido. Y, al definir un contenido propio, se permite concebirlo como diferente y autónomo de otros con los cuales ha estado vinculado.

2.2 El contenido del derecho

Su contenido normativo entraña tanto *libertades* como *derechos*.

En primer término, las libertades consisten en *el derecho a mantener el acceso a un suministro de agua necesario para ejercer el derecho al agua y el derecho a no ser objeto de injerencias*. Constituyen ejemplos de estas injerencias los *cortes arbitrarios del suministro o la contaminación de los recursos hídricos*. Ello cobra importancia en los países que han adoptado sistemas en que la provisión del agua está entregada a particulares. Así, la Observación prescribe que antes de que un Estado Parte o un tercero haga algo que interfiera con el Derecho al Agua de una persona, se deberá velar por que tales medidas se ejecuten de un modo previsto por la legislación que sea compatible con el Pacto, incluyendo: a) la oportunidad de una auténtica consulta con los afectados; b) el suministro oportuno de información completa sobre las medidas proyectadas; c) la notificación con antelación razonable de las medidas proyectadas; d) la disponibilidad de vías de recurso y reparación para los afectados; y e) asistencia jurídica para obtener una reparación legal. Cuando tales medidas se emprendan porque una persona adeuda el pago de agua, deberá tenerse en cuenta su capacidad de pago. No podrá privarse a una persona del mínimo indispensable de agua. La obligación de cubrir la necesidad no satisfecha y amparada por el orden interno pasa a los propios Estados.

Segundo, los *derechos* comprenden el derecho a un *sistema de abastecimiento y gestión del agua que ofrezca a la población iguales oportunidades de disfrutar del derecho*. En este caso, los Estados pueden actuar subsidiariamente tutelando el respeto al derecho e igualdad en su ejercicio.

Pero, a su vez, los elementos del derecho deben ser adecuados a la *dignidad, vida y salud humanas*, en los términos del párrafo primero del art. 11 y del art. 12 del Pacto. Esto implica su mejora continua en concordancia con las condiciones de vida de las personas, traducándose en la revisión y control de los sistemas implementados y en su actualización.

El ejercicio del derecho no está exento de límites. Por una parte, debemos considerar la naturaleza misma del agua, en tanto bien social y cultural —caracteres que primarían ante su función

económica— y el carácter sostenible de este ejercicio, resguardándolo también para las generaciones futuras. Pero el límite más interesante es el establecer mínimos invariables de condiciones adecuadas para su pleno ejercicio, que permiten su mejora y a su vez restringen la capacidad de los Estados, mediante criterios supranacionales, para rebajarlas, estableciéndose criterios internacionales, cuya variación exigiría nuevos pactos que encontrarían un freno en la *prohibición de regresividad* de los Derechos Humanos.

El primero de los factores que se aplica es la *disponibilidad*. El abastecimiento de agua de cada persona debe ser continuo y suficiente para los usos personales y domésticos. Segundo, en lo relativo a la *calidad*, el agua debe ser salubre y, por lo tanto, no ha de contener elementos que puedan constituir una amenaza para la salud de las personas. En lo tocante al factor *accesibilidad*, el agua y las instalaciones y servicios deben ser accesibles a todos, sin discriminación alguna. La accesibilidad presenta cuatro dimensiones que se superponen y complementan: una *física*, pues el agua, las instalaciones y servicios de agua deben estar al alcance físico de todos los sectores de la población, no amenazándose la seguridad física al acceder a estas; una *económica*, en que los costos y cargos directos e indirectos asociados al abastecimiento de agua deben ser asequibles y no deben comprometer el ejercicio de otros derechos reconocidos en el Pacto; una referida a la *no discriminación*, pues el agua y los servicios e instalaciones de agua deben ser accesibles a todos, de hecho y de derecho, incluso a los sectores más vulnerables y marginados de la población, garantizando tarifas igualitarias; y, como última dimensión está el *acceso a la información*.

2.3 No discriminación, igualdad y Derecho al Agua

Como se sabe, los derechos humanos son universales. Pero esta universalidad se entronca, además, con la igualdad de todos los hombres y mujeres, en cualquier tiempo y lugar (Bidart, 1989). La igualdad viene a prevenir y corregir los defectos de una libertad ilimitada. Así, frente a la libertad que se concede, los titulares se

presentan como iguales. Pero como la igualdad puede ser germen de injusticias, se admite la desigualdad en aras de bienes jurídicos superiores. Dotado este derecho de un contenido doble —libertad y derecho—, se ejerce por todos en un pie de igualdad, la que de ninguna manera es irrestricta. En efecto, si el derecho al agua es universal y por definición se reconoce a todos, es lógico que dentro del concepto de *elementos adecuados* se deba hacer consideraciones en orden a la igualdad. Deben sí tenerse en cuenta las discriminaciones de facto, pues la distribución inadecuada puede redundar en discriminación, cuando, aun existiendo los recursos, estos se enfocan, en los hechos, en algunos sectores.

Pero, como dijimos, aun la igualdad irrestricta puede redundar en privación o perturbación en el ejercicio del derecho si las condiciones determinan que unos necesitan más agua que otros, o requieren de una calidad diversa que la mayoría. Aquí, los correctivos resultan imperiosos. Ya antes de la Observación No. 15 se dijo que, incluso, en tiempos de grave escasez, se debe proteger a los miembros vulnerables adoptando programas específicos a un costo relativamente bajo. Dentro de los grupos vulnerables, *se exige una particular atención respecto de las mujeres, los niños, los grupos minoritarios, los pueblos indígenas, los refugiados, los solicitantes de asilo, los desplazados internos, los trabajadores migrantes, los presos y los detenidos.*

3. EL DERECHO HUMANO AL AGUA. SU RECEPCIÓN EN EL ORDENAMIENTO JURÍDICO CHILENO

3.1 *La recepción en el derecho interno: un problema de fondo*

Pese a su progresivo reconocimiento y proclamación como parte del Derecho Internacional de los Derechos Humanos, *no se ha generado un impacto en el ordenamiento nacional como para reconocer expresamente el derecho de todos a disponer de agua*, aunque aún cabe preguntarse si los actuales textos positivos relativos a Derechos Humanos, son lo suficientemente amplios como para considerarlos un *reconocimiento* del Derecho al Agua, o facilitar su *incorporación*.

El principal catálogo de derechos y garantías, el art. 19 de la Constitución Política, no contiene referencia alguna al agua como un Derecho Humano. Pero sí reconoce y protege la propiedad que sobre el derecho de aprovechamiento tiene su titular. Además, garantiza el derecho a la vida (No. 1), también a la protección de la salud (No. 9). Consagra también el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación (No. 8). Contempla a su vez derechos como a la educación (No. 10) y a desarrollar cualquier actividad económica (No. 21).

Pues bien, considerando este derecho *indisolublemente unido* a otros Derechos Humanos —manifestación del carácter de *interrelacionados* que ostentan—, existe una innegable vinculación entre el ejercicio del Derecho al Agua y todos estos derechos. Así, por ejemplo, la vida no puede ser concebida sin agua y, por lo tanto, el acceso a ella es un contenido fuera de toda discusión dentro de la garantía del No. 1 del art. 19 de la Carta Magna.

Pero, al hacerse depender esta interpretación de relaciones subentendidas y condicionadas a una necesidad imperiosa, cuya falta ponga en riesgo otros derechos sí consagrados, ¿puede de esta forma *privársele de un contenido propio* o darle un *contenido incompleto* y, en casos más graves, transformarlo en un derecho *dependiente en sus aspectos funcionales*? Otro problema puede presentarse en aquellas relaciones que no sean tan obvias. O, lo que es más grave, que una lectura circunscrita al numeral 24 termine por centrar su discusión no en el acceso como forma de satisfacer necesidades, sino como la reclamación de un derecho sobre una cosa, reduciéndolo a una cuestión de propiedad y turbación.

Sin embargo, la Constitución asegura estos derechos, no los crea, pues ellos emanan de la misma naturaleza humana y, por tanto, no se agotan en dicha enumeración. De esta forma, es importante tener presente el art. 5 inciso 2 de la Constitución, según el cual, *la soberanía reconoce como limitación el respeto de los derechos esenciales que emanan de la naturaleza humana y que es deber de los órganos del Estado respetar y promover tales derechos, garantizados por esta Constitución, así como por los tratados internacionales ratificados por Chile y que se encuentran vigentes.*

Citando al profesor Nogueira Alcalá,

los *derechos esenciales* asegurados por tratados internacionales ratificados por Chile y vigentes son parte de los derechos que constituyen límites a la soberanía, en la medida que el propio Estado mediante la ratificación los ha considerado como tales, ya que normalmente los tratados que los contienen los definen como atributos esenciales de las personas o como derivaciones de la dignidad humana, como ocurre, entre otras convenciones y pactos [...] Con el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de Naciones Unidas (2005: 28).

Entonces, basta con que un tratado internacional, ratificado y vigente, consagre el Derecho al Agua, para que se produzcan estos efectos. Dentro de tales tratados, encontramos a la Convención sobre los Derechos del Niño, en su art. 24; la Convención sobre la Eliminación de todas las Formas de Discriminación contra la Mujer, en su art. 14; los Protocolos adicionales I y II a los Convenios de Ginebra de 1949, en sus arts. 54 y 4, respectivamente, encontrándose también referencias en la Convención de las Naciones Unidas sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad, en su art. 28. Todo esto recordando la formulación general del derecho contenida en los arts. 11 y 12 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales del derecho a un nivel de vida adecuado. Sin embargo, ¿es acaso aplicable lo anterior a la Observación No. 15? Debe tenerse presente que ella no es un tratado, sino más bien una interpretación no vinculante. Sobre el particular, creemos que la adecuada lectura del texto constitucional es que el respeto es a los derechos que se contienen en los tratados, y esta responde a una interpretación de un derecho que sí está contenido en un tratado sobre derechos humanos bajo la fórmula amplia del art. 11 del Pacto. Y tan presente estaba, que se reconoce su indisoluble unión con otros. Se dirá que esa lectura del Comité solo busca facilitar la aplicación del Pacto, no imponiendo normas específicas a los Estados. Pero podrá contraargumentarse que esta interpretación uniforma el criterio del Comité al evaluar los informes que deben presentar los

Estados Parte, y que, a la larga, se traduce en que su contenido sí es vinculante en el ordenamiento interno.

Mas lo expresado, cruzando nuestras fronteras, se vuelve mucho más difuso de lo que ya era. Así, el Código de Aguas declara que las aguas son bienes nacionales de uso público, pero les otorga a los particulares el *derecho de aprovechamiento* de ellas. Este es un *derecho real y perpetuo* que recae sobre las aguas y consiste en su uso y goce de, concediéndose gratuitamente a quien los solicita cumpliendo con las condiciones legales. Este sistema, empero, se ha prestado para variados abusos e inequidades. Antes no existía la obligación de justificar la necesidad del caudal de agua solicitado, bastaba con pedirla y cumplir los requisitos legales. Con la reforma de la Ley 20.017 al Código de Aguas, se introdujo al art. 140 la alusión a la *necesidad* y la obligación de acompañar una memoria explicativa en que se señale la cantidad de agua que se necesita extraer según el uso que se le dará, cuando supera las cantidades a que el citado precepto hace referencia. Nada impide, posteriormente, *destinar ese mismo caudal a un uso diferente al originalmente propuesto*. Si se presentaran dos o más solicitudes respecto de un mismo cauce y no existiendo aguas suficientes para satisfacerlos a todos, mientras el Código del año 1951 establecía un orden de preferencias de los usos, que comenzaba con la *bebida y servicio de agua potable de las poblaciones y centros industriales*, el Código actual opta por un sistema de *remates*, que en la práctica permite pasar de un sistema de concesión gratuita del derecho a favor de quien lo solicite a uno en que se constituye a favor de quien pueda pagarlo —quien se lo adjudicó—, aun en perjuicio de quien realmente lo necesite. Es más, el establecimiento de la obligación del pago de una patente, progresiva por el no uso de las aguas, no extingue los *finés especulativos* de aquel que tenga medios para soportar su carga.

3.2 La justiciabilidad y exigibilidad del Derecho al Agua

Primero, debe considerarse la posibilidad de exigibilidad del derecho, pues estando su contenido estructurado como un conjunto

de prestaciones del Estado, solo es eficaz si se consagran instrumentos para provocar su exigencia. Pues bien, en la legislación chilena encontramos algunas normas en leyes sectoriales, tendientes a la prestación de servicios sanitarios pero sin un carácter general. Todavía podría acudir a la norma constitucional que consagra el Derecho de Petición, sin embargo, queda el problema de la falta de competencia de los órganos estatales para actuar, lo que transforma en efímera esta vía.

Deben también considerarse recursos para lograr la protección de su ejercicio para corregir los defectos en su satisfacción o, en un caso más extremo, para sancionar violaciones. Así, según la Observación, *toda persona o grupo que haya sido víctima de una violación del derecho al agua deberá contar con recursos judiciales o de otro tipo efectivos tanto en el plano nacional como en el internacional*; además, *las víctimas de las violaciones del derecho al agua deben tener derecho a una reparación adecuada*, estableciéndose en ella un breve catálogo de violaciones, no taxativo, consecuencia lógica del contenido del derecho y de las obligaciones de los Estados. Sin embargo, ¿son los derechos económicos, sociales y culturales, o a lo menos es conveniente que sean, susceptibles de ser cautelados por los Tribunales de Justicia? Esta pregunta es relevante pues la Observación No. 15 enmarca el Derecho al Agua dentro del art. 11 del Pacto. ¿Podría un tribunal adentrarse en temas tan complejos como la calidad del agua potable? ¿Debería un tribunal, por vía de un recurso o acción, revisar todo el plan de recursos hídricos del Gobierno y hacer modificaciones a su política? O ¿podría un tribunal decidir, con la suficiente sabiduría, como suministrar agua para ciertas actividades, sin perjudicar o impedir otras? En todas estas hipótesis, el tribunal debe pronunciarse, aún más si se le prohíbe excusarse ante el requerimiento de las partes, no pudiendo ninguna de estas consideraciones inhibirlo.

Mas, la defensa del derecho en el plano interno no se agota en el solo orden judicial, sino en un sistema integral de defensa que comprende recursos tendientes a provocar la actividad de otros poderes del Estado, como el Ejecutivo. Esto es importante, sobre

todo por la forma en que en nuestro sistema ha sido consagrado el agotamiento de la vía administrativa.

¿Existen, entonces, dentro de nuestro ordenamiento jurídico, instrumentos que logren, aunque sea indirectamente, incoar la acción de los órganos del Estado? El principal instrumento que contempla para la cautela de los derechos fundamentales es la acción de protección consagrada en el art. 20 de la Carta Magna. Pero ella solo procede respecto de algunos de los derechos y garantías establecidos en su art. 19, entre los que no se encuentra el Derecho Humano al Agua, de manera que las posibilidades de salvaguardarlo quedan reducidas a determinar si la privación, perturbación o amenaza del ejercicio de alguno de los otros derechos o garantías, que sí se encuentran contemplados en el art. 19, y con los cuales está indisolublemente unido, autoriza para recurrir de protección.

Una hipótesis consiste en considerar que por la vía de la protección es posible impugnar actos u omisiones arbitrarias o ilegales que perturben o amenacen el goce del derecho de aprovechamiento, mecanismo jurídico contemplado en nuestro derecho para tener acceso al elemento, es decir, recurrir a la garantía del art. 19 No. 24 de la Carta Fundamental. Sin embargo, en este razonamiento lo que se protege es la propiedad sobre dicho derecho; no se reivindican propiamente las aguas (sobre las cuales no se puede tener propiedad alguna), aunque el efecto práctico es el mismo, pues el fin es restablecer la situación de hecho que consiste en el goce de las aguas sobre las cuales se constituyó la merced.

En cuanto al numeral 21, los tribunales han resuelto que el corte ilegal o arbitrario del suministro de agua importa un atentado contra esta garantía, cuando por esta vía se impide o dificulta el ejercicio de la actividad económica del reclamante. En estos casos, sin embargo, no se ha hecho mención directa a la calidad de bien indispensable para la vida.

Así, respecto a los cortes del suministro de agua potable que no provienen de las prestadoras de servicios sanitarios, se ha resuelto que

mediante la voluntariosa acción (el corte de suministro),
cuya realización reconoce el recurrido en su informe, se ha

vulnerado el derecho de propiedad sobre un bien de carácter incorporal, como es el derecho a gozar de un suministro de agua potable que constituye un bien indispensable para la mantención de la vida...

Pero el verdadero alcance de la acción de protección debería quedar radicado en los No. 1 y 8 del art. 19. En la justicia ambiental muchos recurrentes han argumentado su lesión, considerando la afectación de fuentes de agua. Los fallos no siempre han sido alentadores.

Puede también que los tribunales apliquen directamente los tratados internacionales aludidos (pensemos en herramientas procesales como las acciones innominadas y aquellas de mera certeza, incluso en algunas acciones especiales del derecho de aguas, como el amparo) y, así, se asegure el Derecho al Agua, lo cual no carece de problemas. Primero, el juez, ante la decisión de aplicar la norma general contenida en ellos, deberá proceder a darle un contenido concreto, debiendo pronunciarse sobre tecnicismos y enfrentándose a normas de gran complejidad. ¿Qué norma sobre la calidad del agua potable usará, la nacional o quizás un criterio de organismos internacionales? Se dirá que debería servirse de las normas internas, pero es cierto que debe buscarse la mayor protección de los derechos de las personas. Y es que muchas veces recibirá un enunciado carente de un contenido, pues las normas internas no siempre se han dictado y, si existen, no siempre responden a estándares internacionales.

Por otra parte, como en el sistema chileno los derechos de aprovechamiento de aguas pertenecen a los particulares y los servicios sanitarios son proporcionados por empresas privadas, está la posibilidad de que el tribunal aplique el derecho directamente en relaciones entre particulares, surgiendo otra antigua polémica: la del efecto horizontal de los derechos fundamentales. Podría eludirse esta disyuntiva mediante un recurso de inaplicabilidad por inconstitucionalidad (excluyendo, si se acoge, de las normas aplicables al caso aquella de la cual se recurre y radicando en esa sede la discusión), pero es dudoso —la jurisprudencia parece así demostrarlo— que por este camino se declare la inaplicabilidad de un precepto legal por ser

contrario a un tratado (argumentando que se infringiría, por tanto, el art. 5 inciso 2 de la Constitución). ¿Y, entonces, en caso de decidir aplicar el tratado, lo aplicará como norma directamente o solo como principio? ¿Deberá en este caso imponer a los particulares el deber de protección directo de este derecho, o deberá obligar al Estado?

Recordando que hasta ahora el principal obligado es el Estado, en el evento de que el juez usara como guía la Observación No. 15, podría encontrarse con que no existe norma que lo obligue en el ordenamiento chileno. Entonces, ¿podría por este camino imponerse acciones u omisiones a los particulares que no estén contenidas ya en la ley, pero que son más acordes a la concepción internacional del Derecho al Agua?

Algunos caracteres del derecho al agua podemos encontrarlos en la Ley General de Servicios Sanitarios (DFL No. 382 de 30 de diciembre de 1988) y en la Ley 18.778 de 2 de febrero de 1989. El art. 33 del primer cuerpo legal dispone que *el prestador estará obligado a prestar servicio a quien lo solicite*. Mientras que el segundo consagra dos *subsidios*: uno al *consumo*, cuyo pago corresponde a las municipalidades; y otro de *inversión*, que corresponde a una parte de la inversión en sistemas de agua potable rurales y cuyo pago corresponde al Ministerio de Obras Públicas.

Pero las fechas de ambos cuerpos legales son anteriores a la de la Observación, no constituyendo una recepción propiamente tal de su contenido, sino una manifestación concreta de la obligación del Estado de satisfacer el bien común, norma que ya estaba contenida en la Constitución y que es felizmente coincidente con lo que después se entendería como una obligación estatal por el Comité al interpretar el art. 11 del Pacto.

Por cierto, en defecto de lo anterior, queda la posibilidad de acudir al sistema interamericano de protección de los derechos humanos. Un ejemplo concreto y reciente de aplicación del Derecho al Agua lo encontramos en el caso Comunidad indígena Xákmok Kásek Vs. Paraguay, no siendo, por cierto, el único.

4. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se han podido apreciar algunos de los problemas que presenta el Derecho al Agua en su recepción en el ordenamiento jurídico chileno.

Se observa, en el plano del Derecho Internacional de los Derechos Humanos, un movimiento consistente, primero, en reconocer el Derecho al Agua como un Derecho Humano, más allá del imperativo moral de que todo ser humano debe acceder a ella, dotándolo luego de contenido. Este reconocimiento jurídico positivo, en principio, es recepcionado por nuestra legislación a través de diversos tratados internacionales. Pero, considerando los enunciados de las normas de dichos tratados, es discutible que el contenido atribuido por la interpretación hecha por el Comité en la Observación General No. 15 sea recibido por el ordenamiento chileno en atención a su naturaleza jurídica. Se corre el riesgo, entonces, de que el derecho se reciba, pero sin contenido.

Mas, aun integrando dicho contenido, surgen problemas que tienen como punto de partida dos consideraciones, que a su vez inspiran el régimen general del agua en Chile, a saber: *el agua es un bien esencialmente económico y el mercado es el encargado de distribuir y asignar el recurso*. Si la Observación nos dice que el agua es esencialmente un bien social y cultural (no solo económico), ¿cómo lo conciliamos con un derecho (real) perpetuo, o con los derechos no consuntivos a favor de hidroeléctricas? Y si el ejercicio no admite más discriminaciones que aquellas que fundadamente exija la necesidad de subsistencia, ¿cómo conciliarlo con un sistema de remates, la libre transacción de derechos y la especulación amparada por el sistema?

Incluso más, ¿dónde encontramos las herramientas institucionales para lograr las prestaciones del Estado (principal obligado) dentro de un sistema esencialmente entregado a los particulares? La introducción de este contenido incompatible, no solo con la letra, sino con el espíritu de la ley, permitiría repreguntarnos, ¿podría plantearse una derogación del Código de Aguas, de estimar la inclusión de este derecho y dicho contenido, y que se relaciona con el problema de la jerarquía de estos tratados?

Lo que existe en nuestro país, estimamos, es una elaboración incipiente, atomizada y para nada pormenorizada del contenido ideal del Derecho al Agua inserto en diversos cuerpos legales, confundándose en su aplicación con otros derechos. De lo anterior podemos ver un reflejo en la jurisprudencia.

No hay mecanismos amplios para suplir desigualdades (los que existen son restrictivos o condicionados). Por el contrario, su contenido inclusivo se ve eclipsado por una suma de derechos patrimoniales que perpetúan desigualdades que el Estado se ve sobrepasado en subsanar. Así, en Chile el derecho que hemos analizado, y haciendo un esfuerzo por separarlo conceptual y funcionalmente de otros, se reduciría más bien al *Derecho al Agua Potable y a algunos servicios sanitarios*.

Finalmente, el pleno reconocimiento, más que por reformas legales, pasa por un giro en la concepción de un sistema añoso, cada vez más difícil de justificar, y sobre todo por una nueva visión del agua, de la convivencia y de la dignidad humana, que es lo que se buscó con el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, y al que adhirió Chile al suscribirlo.

BIBLIOGRAFÍA

- Bidart Campos, G. (1989) *Teoría general de los derechos humanos*. Editorial Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
- Ferrajoli, L. (2004) *Derechos y garantías. La ley del más débil*. Editorial Trotta. Madrid, España.
- Nogueira Alcalá, H. (2003) *Teoría y dogmática de los derechos fundamentales*. Editorial Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
- Nogueira Alcalá, H. (2005) Aspectos de una teoría de los derechos fundamentales: la delimitación, regulación, garantías y limitaciones de los derechos fundamentales. *Ius et Praxis*. Vol. 11, No. 2, pp.15-64.
- Nogueira Alcalá, H. (2009) Los derechos económicos, sociales y culturales como derechos fundamentales efectivos en el constitucionalismo democrático latinoamericano. *Estudios Constitucionales*. Vol. 7, No. 2, pp. 143-205. Talca, Chile.

- Peña Chacón, M. (2007) *Derecho humano al agua*. Medio Ambiente & Derecho: revista electrónica de derecho ambiental. No. 16. Grupo de Investigación de Medio Ambiente y Derecho. Sevilla, España. Disponible en: www.huespedes.cica.es/aliens/gimadus/16/08_dere_human_agua.htm>
- Peñalver Cabré, A. (2008) *Aproximación al marco jurídico del derecho humano al agua: una perspectiva desde el derecho interno*. Serie Carta de Derechos Humanos Emergentes: derecho humano al acceso al agua potable y al saneamiento. No. 4. Cataluña, España. Disponible en: www.idhc.org/esp/documents/Biblio/CDHE_04.pdf>
- Sánchez, V. (2008) Hacia un derecho humano fundamental al agua en el derecho internacional. *Revista Electrónica de Estudios Internacionales*. No. 16. Madrid, España. Disponible en: www.reei.org/reei%2016/doc/SANCHEZ_Victora.pdf >
- Saura I Stapá, J. (2008) Agua y derechos humanos: las bases del derecho humano al agua. Serie Carta de Derechos Humanos Emergentes: Derecho humano al acceso al agua potable y al saneamiento. No. 4. Cataluña, España. Disponible en: www.idhc.org/esp/documents/Biblio/CDHE_04.pdf >
- Smets, H. (2006) *Por un derecho efectivo al agua potable*. Editora de la Universidad Nacional de Rosario. Bogotá, Colombia.

EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE PARA LA SEGURIDAD HÍDRICA EN EL MARCO DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS) DE LAS NACIONES UNIDAS

*Gunhild Hansen-Rojas**

RESUMEN

El agua se ha transformado en un tema de urgencia mundial, debido a la escasez que la afecta y como consecuencia de los impactos negativos que el cambio climático ya está teniendo en su disponibilidad, derechos y acceso humano.

El concepto integral de Aprendizaje para toda la Vida, orientado en acciones concretas de enseñanza y aprendizaje de la sociedad y las comunidades, resulta de gran utilidad para tratar temas específicos como la Seguridad Hídrica. Puede ser un instrumento muy importante para empoderar a la ciudadanía tanto como a las instituciones de enseñanza públicas y privadas. De esta manera, el ciudadano y los establecimientos educacionales y, en general, la sociedad civil, así como las organizaciones en sus acciones ambientales, se convierten en factores que puede contribuir al éxito de medidas de mitigación y resiliencia contra el cambio climático. En las sociedades del conocimiento, los saberes y experiencias de la ciudadanía sobre temas relacionadas al desarrollo sostenible y a la Seguridad Hídrica, constituyen un factor fundamental de participación ciudadana y elaboración de soluciones aplicadas a nivel territorial o regional. Una contribución importante relacionada con la construcción de «una

* Dra. Gunhild Hansen-Rojas, profesora de Germanística y Economía. Doctora en Educación, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Profesora del Departamento de Planificación Territorial y Sistemas, Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Contacto: hansen-rojas@udec.cl

región que aprende» a enfrentar los desafíos del cambio climático —en este caso, la Seguridad Hídrica— de manera creativa y proactiva.

El desafío para el sistema formal de educación en estos nuevos temas no es de menor importancia. Una sociedad que reconoce sus problemas ambientales puede enfrentarlos también mediante sus sistemas educacionales: la educación formal y no formal. La vinculación del establecimiento educacional con problemas territoriales específicos, su análisis, reconocimiento e incorporación como materia educativa sería el primer paso antes de dedicarse a una capacitación docente y gestiones sistémicas para facilitar la enseñanza dentro del contexto institucional establecido, el trabajo en el aula y con la comunidad. La complejidad de los temas ambientales sobrecarga las competencias de los establecimientos educativos. Para garantizar un aprendizaje para toda la vida en estos nuevos temas, se propone crear alianzas entre establecimientos de educación, formación e investigación, para lograr un mayor impacto en la ciudadanía. Se propone, por ejemplo, la posibilidad de implementar, a nivel regional, centros regionales de aprendizaje sobre cambio climático, con acceso público.

PALABRAS CLAVE: educación para el desarrollo sostenible, sociedad de conocimiento, región que aprende, alianzas educacionales, centros regionales de aprendizaje.

INTRODUCCIÓN

Los temas ambientales, como nueva esfera del conocimiento, requieren para su incorporación y socialización en la sociedad, de actividades de educación. Lo mismo ocurre en la Seguridad Hídrica y la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), proclamados por las Naciones Unidas. El agua se ha transformado en un tema de urgencia mundial, debido a la escasez que la afecta como consecuencia de los impactos negativos que el cambio climático ya está teniendo en su disponibilidad, derechos y acceso humano, en diferentes localidades del mundo. La escasez afecta a la reproducción de los ecosistemas, limitando profundamente sus ecofunciones, afectando también al consumo humano. El cambio climático ya está provocando, incluso, refugiados climáticos, situación que se irá

incrementando en la medida que no se frene, con fuerza y medidas efectivas, los eventos extremos del fenómeno climático antrópico, como las megasequías que han afectado en la última década a gran parte del territorio chileno.

El recurso hídrico es un bien natural indispensable para todo, pues asegura la reproducción de la vida natural y social. Por lo mismo que requiere de cuidado, de protección y de un uso eficiente, racional, sustentable y sostenido en el tiempo y en el espacio. Las Naciones Unidas, en su calidad de instancia mundial de las naciones, expresa su preocupación por la sustentabilidad del planeta y el aseguramiento del recurso hídrico para las generaciones presentes y futuras, así como para la actividad agrícola y, en general, productiva.

Ahora bien, sin el concurso activo y pertinente de la educación, no es posible cumplir con ninguna política ni meta definida de aseguramiento de Seguridad Hídrica en tiempos de cambio climático en marcha. La educación multi e interdisciplinaria, que considere al agua como centro vertebral del proceso de enseñanza-aprendizaje, puede efectivamente contribuir a crear conciencia hídrica en niños, niñas, jóvenes y adultos, hombres y mujeres, en las escuelas y en todos los establecimientos educacionales, pero también en la sociedad civil. Para ello se necesita pensar y elaborar una estrategia didáctica de integración dinámica y eficiente del agua en la vida cotidiana de la población, de manera que esta contribuya activamente a su preservación y distribución equitativa.

En este sentido, corresponde reconocer que el agua constituye un recurso natural que ha sido y sigue siendo investigado, que está presente en la conciencia y cotidianidad ciudadana y, que, por consiguiente, circula también ecológicamente en la Noosfera, en tanto que capa pensante de la Tierra.

I. LA ECOLOGÍA DEL CONOCIMIENTO

En las sociedades modernas del conocimiento, estos (los conocimientos) constituyen un elemento central y son una de las condiciones más importantes para fomentar el desarrollo sustentable y

la productividad. El concepto *ecología de conocimientos* parte de la idea del uso permanente y sustentable de la información y del conocimiento en una sociedad, para poder cumplir, en el futuro, con tareas cada vez más sofisticadas, con perspectiva de sustentabilidad. Las informaciones, una vez elaboradas, no se eliminan (tiran) ni se olvidan, sino que son recuperadas, pensando en una futura reutilización individual, o almacenadas, registradas en un sistema de almacenamiento de informaciones (Kuhlen, 2004). El conocimiento como recurso se acrecienta constantemente; es, por lo tanto, ecológicamente recuperable y reutilizable. El acceso libre a conocimientos e información tiene que estar garantizado de manera permanente para todos los actores y personas. En consecuencia, los actores con competencias de información pueden estructurar su futuro en forma más independiente, con mayor grado de fundamentación y certeza. El desarrollo de sistemas educativos sustentables y la formación permanente de competencias de información son componentes importantes en el concepto de la ecología de conocimientos. La competencia de información se entiende como

la capacidad de informarse en forma metodológica y críticamente y tiene que anclarse como competencia general básica en el sistema de educación de una sociedad moderna, igual como la capacidad de lectura, comprensión de textos y de matemática. El fomento de la adquisición de competencias de información debería institucionalizarse en el sistema educativo actual (BMBF, 2002: 3).

En este sentido, se debería también incentivar el desarrollo de nuevos productos de información que permitan una integración fácil de la información científica al propio entorno de aprendizaje y de trabajo (BMBF, 2002: 4).

A nivel micro, los actores se convierten en el sujeto central de procesos de adquisición y gestión de conocimiento en situaciones reales. De esta manera, la comunicación e interacción se convierten, en el contexto de procesos de gestión del conocimiento, en temas centrales. Los conocimientos cambian en la medida que evolucionan las sociedades, la ciencia y la tecnología y, se dan a conocer mediante la

comunicación de y sobre conocimientos y los procesos de enseñanza-aprendizaje. En forma simultánea, cambian también los actores en procesos de adquisición de conocimientos. En consecuencia, estos actores desarrollarán, dentro de su organización, nuevas perspectivas, percepciones de la realidad y modos adaptados de actuar.

Los conocimientos se divulgan y transmiten socialmente, mientras que un proceso de objetivación, desde su existencia en la mente de un individuo hacia su transformación mediante discursos, generación de textos y documentos, permite su reconocimiento y legitimidad social. Así se externalizan los conocimientos. A continuación, estos conocimientos se vuelven a adquirir por otros individuos, mediante la observación, comprensión y aprendizaje. Así, los conocimientos vuelven a internalizarse. Los conocimientos en su forma externalizada se transforman en objetos o recursos con los mismos atributos como objetos en general: pueden ser adquiridos, comprados, vendidos, perderse, distribuirse y ser pasados a terceros (Schnotz y Heiss, 2004: 42). Sin embargo, el concepto humano y ecológico de gestión de conocimiento, indica (muestra) que debería sobrepasar un modelo orientado a fines y aspectos meramente económicos. Un enfoque integral debería convertir a los actores mismos en un factor determinante del modelo. Se transforma, por lo tanto, en un modelo circular y plural de ‘ecología de saberes’, en la acepción de Boaventura de Souza Santos (2014).

En el contexto escolar del sistema educativo, el concepto de la transmisión social de los conocimientos y su socialización, internalización, contextualización, aplicación y reutilización, sirven para comprender y analizar procesos complejos de enseñanza y aprendizaje en el aula, entre el docente y los alumnos/as, tanto como en programas de formación y capacitación docente en las universidades y otras unidades formativas.

En este contexto, resulta necesario redefinir la función del conocimiento en la sociedad globalizada, teologizada y ecológicamente desafiada por sus emisiones y altos niveles de consumo de recursos naturales, por ejemplo, el hídrico. Los esquemas tradicionales del servicio, de la administración y de la producción industrial

convencional, en parte, ya no son más válidos. Los conocimientos, en la era de comunicación y de las TIC, exigen aún más que las formas tradicionales de conocimientos y aprendizaje del pasado. En este contexto, la autorresponsabilidad, innovación y la gestión de calidad son componentes nuevos e importantes de los desafíos cognitivos que enfrentan hoy la escuela, la universidad y la sociedad moderna en general, en contextos de cambio climático global y escasez hídrica.

2. APRENDIZAJE PARA TODA LA VIDA

La discusión sobre la necesidad de implementar una concepción de educación y formación continua, sobre todo orientada en el aprendizaje y perfeccionamiento continuo de adultos, nació en Europa en los años setenta (Dietsche, 2004a: 7) y sigue desarrollándose desde entonces en las diferentes organizaciones y ámbitos internacionales (Dietsche, 2004; Unesco, 1996; OCDE, 1996). *Aprendizaje para toda la vida* es el actual concepto de las políticas de formación en los Estados de la Unión Europea. En el año 1996, los ministros de Formación y Educación de los países de la OCDE declararon el concepto *Aprendizaje para toda la Vida* como un objetivo común para la política de formación en la Unión Europea. El Parlamento y el Consejo de la Unión Europea declararon el año 1996 como el Año del Aprendizaje para toda la Vida. En el comunicado de la sesión de los ministros de la UE, en abril de 2001, se ratificó el concepto como futuro objetivo central, obligatorio para la política de formación general y profesional común, hasta el año 2006.

El Aprendizaje para toda la Vida se entiende como aprendizaje total y durante toda una vida, que contribuye a mejorar conocimientos, cualificaciones y competencias en el marco de una perspectiva personal, social y ocupacional de un individuo (EU, 2001; EK, 2001)).

El concepto de Aprendizaje para toda la Vida abarca la totalidad del aprendizaje formal, no-formal e informal durante la vida de una persona. Este concepto integra también los diferentes ámbitos del sector formativo, tradicionalmente segmentados, y trata fuertemente de integrar la educación parvulario y preescolar, el sistema de la Educación Regular,

la educación posmedia y universitaria, así como la formación profesional formal e informal general, a un Sistema Integral de Aprendizaje para toda la Vida (BMBF, 2004: 13).

Aprendizaje para toda la Vida significa:

- Actualización de intereses, capacidades, conocimientos, saberes y cualificaciones del ciudadano individual para fomentar su capacidad de enfrentar los desafíos de la sociedad del conocimiento, y para poder gestionar de mejor forma su futuro personal y su participación, activa, en la vida social y económica.
- Acceso ilimitado a las posibilidades de aprender y de perfeccionamiento para todos los ciudadanos en forma permanente. Fomento de trayectos individuales de aprendizaje, de intereses y de estrategias de aprender en todos los períodos de la vida. Clave para el éxito personal, económico y social, tiene como consecuencia el aumento de la autonomía de los que aprenden.
- Evaluación y certificación de todos los modos de aprendizaje en el área formal, no-formal e informal, también en el puesto de trabajo.
- Flexibilidad de los sistemas educativos tradicionales. Posibilidades de participación en un sistema educativo estructurado, flexiblemente adaptable a las necesidades personales de ciudadanos y estudiantes. Modularización de ofertas de formación. Importancia creciente de la adquisición de competencias frente a la adquisición de cualificaciones tradicionales.
- Más oportunidades de participación en ofertas de perfeccionamiento personalizado, adaptado a las necesidades particulares de las personas y con acceso para todos. Aumento del profesionalismo y de la participación de la ciudadanía en actividades de formación. «Divulgación de aprender y estudiar» (Dietsche, 2004a: 53).
- Más oportunidades para participar en el desarrollo local o territorial.

Estas definiciones deberían, precisamente, orientar la educación del siglo XXI, en marcha.

3. LOS PRINCIPIOS PILARES DE LA EDUCACIÓN PARA EL SIGLO XXI

En el contexto de la Década del Aprendizaje para toda la Vida de la OCDE y la UE, la Unesco estableció cuatro pilares de la educación integral:

3.1 Aprender a conocer,

3.2 Aprender a hacer,

3.3 Aprender a ser y

3.4 Aprender a convivir.

Luego, bajo la perspectiva de las crecientes y nuevas exigencias de la globalización, se incorporó un quinto pilar: aprender a transformar.

Estos principios pedagógicos del Informe Delors (1996) influenciaron muchas reformas de educación en Europa y el mundo. El Informe Delors puso al aprendiz en el centro de la acción social y le asignó características emancipadoras y competencias proactivas hasta la capacidad de cambiar o transformar su entorno o partes de su entorno. El ciudadano-aprendiz se transformaba necesariamente en un agente de cambio, rompiendo con los paradigmas de las sociedades tradicionales.

Implementar estos cinco pilares es una tarea de alta complejidad. Los cuatro primeros constituyen la base para transformar a un o una joven en personas que manejan las artes de conocer, hacer, convivir humanamente, ser ellos mismos, lo que al mismo tiempo le proporciona medios modernos para desarrollar su propia subjetividad y cambiar la sociedad: mejorar la calidad de vida. Ahora bien, estos pilares son también base para ingresar a la *sociedad del conocimiento*, impulsada por la información y el desarrollo científico y tecnológico.

4. CONCEPTOS NUEVAS Y APLICACIONES DE UNA SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO

El conocimiento ha llegado a ser ya un recurso de los más valiosos en muchos ámbitos, y en el siglo XXI abrirá cada vez más las puertas de acceso al poder y los beneficios económicos. Quizás se pueda emitir la hipótesis de que este recurso, tan estratégico, será en el futuro objeto de una competición cada vez más reñida (Unesco, 2005: 175).

Las grandes empresas globalizadas reconocieron hace tiempo el valor del conocimiento para el beneficio de su desarrollo organizacional y productivo, las ventajas de desarrollar, cultivar y proteger los propios conocimientos de la organización y convertirlos en ventajas comerciales frente a la competencia. En este contexto se reconoce también el factor humano, el llamado *capital humano*, como portador y desarrollador de nuevas ideas, conceptos y conocimientos y, en este sentido, un elemento clave en la organización. La educación, formación profesional y capacitación juega entonces un papel importante, así como nuevas estrategias de incentivar el desarrollo y el almacenamiento de los conocimientos de una organización para su uso amplio actual y futuro.

La UNESCO (2005) menciona también tres pilares de las Sociedades del Conocimiento:

- Una mejor valorización de los conocimientos existentes para luchar contra la brecha cognitiva en las sociedades.
- Un enfoque más participativo del acceso al conocimiento para todos los ciudadanos, a nivel nacional y mundial.
- Una mejor integración de las políticas del conocimiento en las políticas de cada país.

Estos tres pilares muestran la estrecha correlación entre el conocimiento y las políticas educacionales y económicas de un país. Una sociedad u organización que reconoce el valor económico, social y cultural de los conocimientos, tratará siempre de fomentarlos,

cultivarlos y ponerlos al servicio de su propio desarrollo. En este caso, invertirá en su gestión y desarrollo, sea mediante el desarrollo de sus sistemas educativos y formativos, sus propios sistemas de gestión de conocimientos y otros. Reconocerá también el valor humano e invertirá en el desarrollo de participación, construcción de redes y nuevas formas de organización horizontal.

Los siguientes ejemplos muestran, en diferentes niveles y modos de organización, algunos ejemplos y conceptos que contribuyen a fomentar la sociedad del conocimiento, cuyo elemento central es:

la capacidad para identificar, producir, tratar, transformar, difundir y utilizar la información con vistas a crear y aplicar los conocimientos necesarios para el desarrollo humano. Estas sociedades se basan en una visión de la sociedad que proporciona la autonomía y engloba las nociones de pluralidad, integración, solidaridad y participación (Unesco, 2005: 29).

4.1 *Regiones que Aprenden*

Durante los noventa, enfrentaba la Unión Europea, fundada en 1992, los inicios de la globalización con sus múltiples impactos, sobre todo a nivel de economías regionales. En este contexto histórico y geopolítico se generaba el concepto *regionalización en redes*, con el objetivo de fomentar el desarrollo económico local y la autonomía regional. En el centro del nuevo concepto —regiones que aprenden— se encontraban actores locales, el Estado, actores del sector privado, empresas y el sistema educativo y formativo con sus diferentes niveles y ofertas de educación y formación.

Veintinueve años más tarde, podemos destacar que estos nuevos procesos de transformación social, en el marco de la globalización, han producido cambios importantes en el papel de las regiones, en diferentes países del mundo. Las regiones en Europa, por ejemplo, se integran desde los años noventa en forma más autónoma a los procesos de globalización, lo que les plantea nuevas exigencias y desafíos. Sin embargo, aún deben aprender a integrarse mejor en el mundo global y desarrollar más sus propias potencialidades. En este

nuevo proceso de aprendizaje regional o territorial, grupos, organizaciones y actores regionales juegan un papel decisivo y gestionan, con el apoyo del Estado, exitosamente nuevos proyectos con el propósito de lograr mayor sustentabilidad económica, social y ambiental. Un factor articulador importante era la aplicación del segundo concepto innovador de la época: *Aprendizaje para toda la Vida*.

Una clave para progresos estructurales en el Aprendizaje para toda la Vida son las redes, que se adaptan consecuentemente a las necesidades de la demanda y las circunstancias de vida de los aprendices. Eso puede salir bien solo cuando todos los actores involucrados cooperan e interactúan en un marco ampliado e integral del sistema de educación y formación (BMBF, 2004: 5).

El programa Regiones que Aprenden, por ejemplo, el Fomento de Redes del Gobierno Federal de la República Federal de Alemania (BMBF), se inició en el año 2001 con un cofinanciamiento del Fondo Social Europeo, en más de 70 regiones de Alemania, con el propósito de desarrollar e integrar regionalmente nuevas ofertas adaptadas de formación, capacitación y de asistencia técnica. De tal manera se pretendió fomentar la pequeña y mediana empresa, fortalecer su capacidad de emprendimiento, combatir la exclusión social y el desempleo, motivar a grupos marginalizados a aprender y perfeccionarse y contribuir al desarrollo regional. Además, se busca fomentar la cooperación pública-privada sustentable.

Participaban las siguientes organizaciones (BMBF, 2004: 6)¹:

- Escuelas y liceos del Sistema de Educación Regular, liceos y centros de formación técnico-profesional, universidades, instituciones de formación y capacitación, organizaciones de formación sindical, corporaciones de formación empresarial, universidades populares, centros de formación eclesiásticos y otros.

¹ De las numerosas medidas piloto, sean aquí, por ejemplo, nombrados: „Wie das Lebenslange Lernen die Wirtschaft fördert“, Lernende Region Landkreis Emmendingen: Netzwerk Bildung – KMU- Kammern. „Wissenschaft Perspektiven“, Bildung fuer und mit Unternehmen in der Wartburgregion: Technologiebildung – Kammern – KMU.

- Empresas, cámaras empresariales, gremios y sindicatos, instituciones de fomento productivo.
- Instituciones y entidades estatales y comunales de asesoría en formación y capacitación, servicios de empleo y de juventud, sindicatos y otras entidades administrativas.
- Actores sociales, profesores, docentes y aprendices.

Otros ejemplos de *regiones que aprenden* se han producido también en otros países y regiones del mundo, incluida América Latina.

4.2 Sociedades que Aprenden

En el fondo, en estas concepciones –Aprendizaje para toda la Vida y Sociedades que Aprenden–, se encuentra el objetivo de lograr una adaptación de las sociedades modernas a los desafíos nuevos de la globalización. El apoyo al individuo en su entorno regional es de mucha importancia en este nuevo concepto y contexto sistémico. El fomento y aumento de los potenciales de formación en la sociedad debería acrecentar la capacidad de innovación para responder mejor a las nuevas exigencias del presente y del futuro. La motivación de las personas para seguir aprendiendo y formándose constantemente se convierte en uno de los recursos más importantes de la sociedad del conocimiento (BMBF, 2006). El desarrollo de proyectos piloto y modelos del sector empresarial, a nivel regional y suprarregional, la realización y aplicación de programas estatales y europeos de fomento productivo, la definición de condiciones del nuevo marco político, la reorganización de la educación, el desarrollo e implementación del modelo de la Organización que Aprende o el uso de tecnologías multimedia en redes, forman parte substancial del concepto integral de las Sociedades que Aprenden. Entre sus objetivos más importantes encontramos identificar potenciales de la sociedad, implementar nuevos modos de desarrollo personal y desarrollar una nueva cultura de aprendizaje dentro de la población, fortaleciendo particularmente a las regiones y, finalmente, enmarcar el proyecto en el espacio de conocimientos de Europa. Mediante la creación de redes de apoyo y el desarrollo de estructuras estables de cooperación,

se organizará un modelo europeo sustentable sobre la base de los siguientes objetivos (BMFE, 2001: 3-5):

- Consolidar la autorresponsabilidad, así como el autocontrol de los aprendices.
- Disminuir las diferencias de oportunidades y lograr idénticas oportunidades para todos.
- Aprovechar la disposición de cooperación de las instituciones educativas y formativas.
- Consolidar la creación de redes de cooperación entre todas las instituciones educativas y formativas.

En el fondo, toda sociedad aprende pues cuenta con la capacidad innata de aprender a partir de lo que es: de su propia realidad territorial, social, cultural, étnica, productiva, política e identidad histórica. Ello es válido, por ejemplo, para la Región del Biobío y para todas las regiones de Chile y de los países latinoamericanos.

Sacando lecciones del Aprendizaje para toda la Vida, debemos enfrentarnos a un nuevo fenómeno de carácter antrópico muy complejo, que amenaza y desafía todos nuestros conocimientos, experiencias y comportamientos: el cambio climático.

5. CAMBIO CLIMÁTICO Y SEGURIDAD HÍDRICA: UN NUEVO DESAFÍO PARA SOCIEDADES Y REGIONES QUE APRENDEN EN UN MUNDO GLOBALIZADO

¿Qué lecciones se pueden extraer de estas experiencias y reflexiones de las últimas décadas, enfrentando ahora el problema global-regional del cambio climático, que se manifiesta prácticamente en todo el planeta y, que se expresa en un problema agudo de escasez hídrica, por ejemplo, en Chile?

¿Podemos enfrentar amenazas y desafíos ambientales con acciones sociales —como los impactos del cambio climático— a nivel local, regional y nacional?

El instrumento de la Región que Aprende sería una interesante posibilidad de repensar nuestro modelo educativo tradicional en el

contexto de estos desafíos ambientales, climáticos y sociales amenazantes: dar a los actores sociales mayor espacio de desarrollo personal, político y social, mayor creatividad mediante la entrega de conocimientos, métodos e instrumentos para que ellos se transformen en líderes locales o regionales en temas de gestión de cambios ambientales y desastres climáticos.

Desde los años ochenta y la ratificación de la Agenda 21 de las Naciones Unidas en el año 1992, la comunidad de los Estados asociados discute la necesidad de implementar una política de Educación Ambiental, luego transformada en Educación para el Desarrollo Sostenible, con el propósito de implementar y aplicar instrumentos de educación para sensibilizar, educar y concientizar a la ciudadanía en el contexto de una educación formal y no-formal.

Lamentablemente, los diferentes esfuerzos de las últimas décadas en el mundo han tenido resultados modestos: todavía los diferentes modelos formales o no-formales, relacionados a temas ambientales, contribuyen muy poco a un visible cambio social y ambiental en el mundo, especialmente en la conciencia de los ciudadanos. ¿Cómo se explica esta precariedad en los resultados? Razones:

1. Se trataba, en el pasado y en muchos casos, de medidas educativas fragmentadas, desvinculadas de los problemas locales y territoriales, en general trabajados en aulas cerradas sin mayor vinculación con el medio. En este caso, la elaboración y profundización de un tema se realiza siempre en un margen teórico y abstracto.
2. Se trataba en muchos casos de medidas educativas organizadas por profesores no suficientemente calificados en el tema. Simultáneamente se constataba la ausencia de temas de desarrollo sostenible en los planes y programas de formación y perfeccionamiento docente.
3. Se trataba, la Educación Ambiental o Educación para el Desarrollo Sostenible, en los establecimientos educacionales de los diferentes niveles (hasta el universitario) como tema de recreación en tiempo libre, electivo, de menor importancia

para la formación del individuo frente a otras materias curriculares «duras».

Los impactos de estas políticas son visibles: los conocimientos de la ciudadanía en temas ambientales son todavía muy bajos y, en consecuencia, el nivel de concientización es menor; las contaminaciones ambientales siguen creciendo; el *cambio climático avanza*; los problemas territoriales no se superan y, en consecuencia, temas agudos, como la Seguridad Hídrica territorial, siguen siendo todavía temas particulares e ignorados por la sociedad, a pesar que los sufren cotidianamente. Todo el mundo habla hoy de cambio climático como un concepto abstracto —no obstante, las evidencias expresadas en eventos extremos que afectan a muchas sociedades—, pero faltan medidas concretas en las políticas y la ciudadanía para combatirlo logrando impactos positivos visibles.

Eso significa, lamentablemente, que muchos países, aun aquellos declarados como países desarrollados y de desarrollo medio, todavía no logran dar el paso decisivo hacia una Sociedad del Conocimiento. Chile se encuentra actualmente en una fase de transición. El conocimiento existe en forma de múltiples estudios, publicaciones, existencia de expertos y manifestaciones en universidades, centros de investigación, etcétera, pero todavía falta la aplicación de los conocimientos y, para decirlo con el paradigma del quinto pilar: falta claramente el proceso de transformación. En este proceso, un modelo de Educación para el Desarrollo Sostenible, aplicado a los problemas y necesidades locales o territoriales, vinculado y ejecutado estrechamente en cooperación con las autoridades y diferentes actores relevantes, podría proporcionar un relevante aporte, especialmente con relación al combate al cambio climático.

En este sentido, el modelo ya experimentado de las Regiones que Aprenden, ofrece la posibilidad de desarrollar nuevos instrumentos, más viables y aplicables a nivel local o territorial para educar y formar alumnos y alumnas, estudiantes, ciudadanos y ciudadanas, también en temas tan emergentes y urgentes como el cambio climático y la Seguridad Hídrica de su territorio y, convertirlos,

mediante programas locales o regionales, en portadores conscientes de conocimientos y soluciones, a actores importantes en los futuros procesos de transformación, logrando impactos positivos en el balance ambiental y climático de su territorio.

6. POLÍTICA DE SEGURIDAD HÍDRICA: EDUCAR Y FORMAR RECURSOS HUMANOS A NIVEL LOCAL, REGIONAL O NACIONAL, EN TODOS LOS NIVELES Y MODALIDADES EDUCATIVOS

Primeramente, la sociedad, con sus sistemas educativos formales y no-formales en un contexto de aprendizaje por toda la vida, debería reconocer a la Seguridad Hídrica como tema emergente y de importancia pedagógica y de formación ciudadana. Se requiere una política de Seguridad Hídrica. En consecuencia, el sistema debería asignar espacios y recursos adecuados para desarrollar un concepto curricular diferenciado y nivelado con unidades temáticas, metodologías orientadas en la acción y adaptadas a los diferentes grupos meta, en contextos de educación formal y no formal. Importante son los programas y recursos permanentes, superando las limitaciones de trabajos en proyectos que nunca logran la continuidad necesaria que exige un trabajo pedagógico sistematizado y permanentemente constructivo.

El tema *Seguridad Hídrica* implica problemas graves que afectan a la comunidad, con soluciones complejas, que incluyen la participación de ciudadanos conscientes, educados y preparados social, cultural, ambiental y técnicamente para aportar con soluciones sólidas, que produzcan impactos positivos al desarrollo del territorio.

A mediano plazo y, acorde a los reglamentos existentes en el sistema de educación formal (preescolar, básico, medio, superior), se debería desarrollar un concepto educativo articulado y contextualizado en las problemáticas locales y regionales, como el de Seguridad Hídrica. Este concepto educativo debería integrar acciones prácticas y fomentar procesos de concientización, proactividad y creatividad de alumnos y alumnas, incluyendo posibilidades de desarrollar nuevas ideas y tecnologías en proyectos, por ejemplo, *start-up*, incubadoras

de empresas e investigaciones. De esta manera y a largo plazo, el problema de la Seguridad Hídrica Territorial se convierte en un tema de oportunidades y desarrollo local y regional de una ciudadanía consciente y dispuesta a actuar en pro de la eficiencia hídrica.

Paralelamente, a largo plazo, se requiere formar y capacitar capital humano avanzado en temas pedagógicos y de gestión: profesionales, profesores, equipos de gestión pública específicamente preparados para enfrentar la problemática de Seguridad Hídrica desde su quehacer profesional.

Para las universidades significaría abrirse hacia conceptos formativos interdisciplinarios en la formación y capacitación de profesores y funcionarios públicos, rompiendo los esquemas tradicionales monodisciplinarios y orientando sus programas educativos hacia la formación de profesionales capaces de solucionar problemas de escasez hídrica y lograr impactos positivos en un contexto territorial o institucional. En este caso específico: funcionarios públicos formados y capacitados, profesores entrenados y equipos de gestión educativa capacitados para facilitar los espacios y recursos necesarios.

7. ORIENTACIONES METODOLÓGICAS Y DIDÁCTICAS PARA UNA EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA SEGURIDAD HÍDRICA LOCAL O REGIONAL, EN EL CONTEXTO DE LOS ODS

7.1 *La enseñanza orientada a la acción*

La enseñanza orientada a la acción es un método experimentado y aprobado. En efecto, los orígenes de un enfoque de aprendizaje orientado a la acción integral se remontan a la pedagogía reformista de Johann Heinrich Pestalozzi, quien, a finales del siglo XVIII y alejándose del aprendizaje tradicional memorizador y receptor, desarrolló el concepto pedagógico para el impulso de la unidad «cabeza, mano y corazón». Por su parte, Adolf Diesterweg (1790-1866) implementó en su época, en las escuelas prusianas, una política escolar nueva y liberal, con un programa de fomento del aprendizaje independiente; en paralelo, el pedagogo y creador del *Kindergarten*, Friedrich

Froebel (1782-1852), desarrolló un enfoque integrativo adecuado a la educación preescolar. Paul Oesterreich (1878-1959) y Georg Kerschensteiner (1854-1932) son conocidos como los fundadores de la pedagogía de formación técnica e intentaron relacionar el aprendizaje escolar y el trabajo artesanal en el ámbito de la formación de artesanos. Célestin Freinet (1896-1966) y María Montessori (1870-1952) investigaron sobre la efectividad pedagógica del aprendizaje activo. John Dewey (1859-1952) y William Heard (1871-1965), finalmente, desarrollaron el concepto de *learning by doing* (aprender haciendo), que hoy aún influye en los conceptos pedagógicos de la educación en general y pedagógicos, de la formación profesional. Los enfoques pedagógicos integrativos, desde la educación preescolar, pasando por los conceptos de educación general, hasta la formación técnico-profesional y universitaria, han evolucionado permanentemente desde el siglo XIX, como consecuencia de la Ilustración, y han formado especializaciones. Común a todos, es un pensamiento de fondo emancipatorio, que debe apoyar y fomentar al individuo actuante —sea este niño, escolar, estudiante, adulto o profesor en posgrado— en sus procesos de desarrollo hacia más independencia profesional y personal, autoconfianza, mayor conocimiento y competencia para la acción.

El principio pedagógico de la orientación a la acción está supeditado a conceptos básicos de carácter emancipatorios y democráticos y constituye una base valórica importante en todos los planos, para la estabilización y desarrollo posterior de las sociedades democráticas y los sistemas sociales, desde la creación de condiciones y sistemas de formación en el plano macro y medio, hasta la elección de temas y metodologías de enseñanza en el plano micro, en la escuela y en la sala de clases, así como en la planificación de la formación y el perfeccionamiento de los profesores.

La concepción metodológico-didáctica de procesos de aprendizaje y enseñanza orientada a la acción se define por las siguientes diez dimensiones (Hansen-Rojas, 2000):

D1 Aprendizaje en base a una acción planificada

- D2 Aprendizaje en función de experiencias sociales y personales del alumno/a
- D3 Aprendizaje incentivado y autoorganizado
- D4 Aprendizaje basado en ejemplos significativos, centrados en el alumno/a
- D5 Aprendizaje con diversidad metodológica, centrado en el alumno/a
- D6 Aprendizaje basado en la solución de problemas y la autoevaluación
- D7 Aprendizaje holístico en contextos complejos, involucrando los cinco sentidos, la multi e interdisciplina
- D8 Aprendizaje que fomenta el desarrollo de la personalidad
- D9 Aprendizaje proactivo y participativo del alumno/a
- D10 Aprendizaje en un contexto social, cultural y global, ecológico y democrático

Esta concepción metodológica-didáctica puede perfectamente aplicarse al tema de la Seguridad Hídrica y el cambio climático.

Desde la década de los ochenta del siglo xx, en la discusión sobre la formación técnico-profesional, se hace intensivo el uso del concepto de competencia y de calificación clave. En el debate moderno sobre competencias se habla también de competencia de acción. «La competencia de acción se entiende hoy como la disposición del individuo de comportarse en situaciones de trabajo, sociales y privadas, en forma objetiva, pensada responsablemente tanto en forma social como individual» (КМК, 1999: 15). El concepto consta de dos componentes: acción y competencia. Sobre ambos conceptos se ha investigado y reflexionado desde la perspectiva de la sociología, la psicología, la lingüística, la pedagogía y la filosofía. Al respecto, se han desarrollado distintos modelos teóricos.

Las teorías de la acción en la sociología, psicología o lingüística se diferencian de las pedagógicas, sobre todo por su fuerte relación con la aplicación orientada hacia la práctica de la docencia. Las teorías de la acción pedagógicas intentan interpretar los procesos de enseñanza y apropiación del conocimiento y de competencias,

desde la perspectiva de los profesores y de los aprendientes en su contexto social y, a partir de ello, desarrollar modelos, instrumentos y materiales de enseñanza-aprendizaje.

«La confianza en la capacidad de acción del individuo, en sus recursos intrapersonales y su actividad, son el punto de partida de las teorías de la acción modernas» (Gerstenmaier, 2002: 163). Su capacidad para «autorregularse, autoorganizarse y su independencia» (Gerstenmaier, 2002: 156), son los objetivos de una pedagogía moderna y de la pedagogía de formación técnico-profesional, junto a la adquisición de competencias técnicas.

En la pedagogía de formación técnico-profesional, se entiende el concepto de orientación hacia la acción como el proceso a través de aprendizaje y trabajo integrado para alcanzar una amplia competencia de ejercicio profesional.

Un concepto de educación para el desarrollo sostenible y la Seguridad Hídrica debe integrar todas estas dimensiones y niveles educativos, con una fuerte contextualización en los problemas ambientales actuales, regionales, hídricos o locales que afectan la vida personal y comunitaria de los aprendices de cualquier edad, nivel o modalidad educativa o formativa, que implica una identidad del aprendiz con el tema y la voluntad de contribuir a solucionar un problema ambiental.

7.2 Teorías de la acción escolar y su transformación social

Wolfgang Schulz analizaba, ya en los años setenta, en Alemania, en el contexto de la Teoría Crítica, el modelo de la didáctica tradicional, orientado en propósitos, la aplicación de métodos adecuados y basado en el modelo tradicional de acción y reacción de acción. En este contexto, Schulz se pregunta por la responsabilidad personal y pedagógica de la clase durante el proceso educativo y el fomento de la capacidad de acción específica de los alumnos/as (1972: 155-184). Desde la misma perspectiva, Wolfgang Klafki cuestionaba críticamente el concepto de la formación clásica. Hablaba, en este contexto, de la ingenuidad de la didáctica tradicional y la necesidad

de un nuevo modelo, adaptado a los tiempos modernos y orientados hacia el fomento de la autodeterminación, cohesión y el desarrollo personal de los alumnos/as (Klafki, 1976). Contribuiría, de esta manera, según su opinión, a la emancipación y al libre desarrollo de la personalidad de cada alumno/a. Este debate, polémico, se realizaba en el trasfondo de la discusión sobre la teoría crítica, que buscaba humanizar la sociedad alemana de la época. En el centro del nuevo modelo ya no deberían focalizarse el mundo y los conocimientos sobre el mundo en sí, sino la persona, el ciudadano en su mundo de la vida y entorno social, cultural, ambiental directo y complejo. Estos conceptos reaparecen más tarde, en los años noventa, en la noción de Educación para el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.

Horkheimer, representante de la Teoría Crítica, hablaba al inicio de los años setenta de la «idea de una futura sociedad como la comunidad de los hombres libres, en la cual el individuo se convierte en un sujeto que actúa autónomamente y en forma autodeterminada» (Horkheimer, 1970). Discutía, en este contexto, la socialización por las interrelaciones entre la persona y la sociedad, su determinación social, su posicionamiento y simultáneamente sus limitaciones por condiciones sociales generales y, finalmente, su constitución social. Por otro lado, se plantea también la pregunta por la determinación e influencia de la acción social mediante las acciones humanas. En este contexto, Jürgen Habermas desarrollaba su teoría de la Acción Comunicativa; nacían paralelamente, además, en el ámbito de la lingüística, nuevas teorías de la acción (Searle, 1969; Wunderlich, 1976; Rehbein, 1976). Se consideraba la comunicación y la interacción como procesos sociales y acciones lingüísticas, en el marco del debate entre actores sociales diferentes o la interacción entre los actores y su entorno.

Tanto Schulz como Klafki concluyeron modelos didácticos concretos explícitamente relacionados con la sociedad y orientados hacia la acción concreta por profesores, en la planificación, preparación, ejecución y evaluación de sus clases. De ello resulta el desarrollo de nuevos modelos didácticos adaptados para la formación y perfeccionamiento docente en Alemania, con una supervisión técnica

de especialidad y pedagógica, en la segunda parte del proceso de formación: en la práctica pedagógica, organizada y certificada por el Estado, conducente a la habilitación profesional.

Estas reflexiones filosóficas y de crítica social de los años setenta en Alemania, se comprenden en el contexto de una sociedad en proceso de cambio. Una sociedad que se quiere liberar de los vestigios del fascismo y conservadurismo del pasado, superar las destrucciones de la guerra y desarrollar nuevos modos de interacción, cooperación y democracia. Ello se refleja, por ejemplo, en los nuevos modelos de cogestión y la humanización del mundo de la vida y del trabajo. Los proyectos de reforma en el ámbito de la formación, mencionados ya al inicio, abarcarán el sistema educativo completo. Nuevos modelos de formación se desarrollan en este tiempo, por ejemplo, con el concepto de la Escuela Integrada y las Universidades Reformadas, que pretenden superar las brechas y exclusiones sociales del sistema tradicional, implementando nociones nuevas, ofreciendo oportunidades para niños y jóvenes, socialmente discriminados. Al mismo tiempo se desarrolla el concepto de la formación de adultos, resultando de ello el concepto del aprendizaje para toda la vida. El perfeccionamiento profesional institucionalizado se desarrollaba en el marco de una nueva ley laboral, consagrando el derecho a vacaciones adicionales de perfeccionamiento personal, remuneradas, de una semana por año y para cada empleado. En consecuencia, se desarrollaron nuevas y múltiples ofertas de perfeccionamiento, un concepto moderno de la profesión del profesor de formación profesional y ofertas formativas docentes en las universidades de Alemania. Un sector innovador de formación nacía de esta manera.

Estos ejemplos muestran que una concepción de sociedad en proceso de cambio no tiene solo efectos directos e indirectos para los sectores más diferentes del ámbito de educación y de formación, sino que se expresa también en cambios institucionales en el marco legislativo. El modelo de formación actual y sistema educativo vigente reflejan muy bien las condiciones sociales actuales y los objetivos de cambio de la sociedad de la República Federal de Alemania en los años setenta. Las reformas iniciadas en esta época

estaban adaptadas a un modelo nuevo que aspiraba a más democratización y participación ciudadana en el área política, laboral, política social y de formación.

Sin pretender aplicar el modelo alemán a Chile ni a América Latina, cabe señalar que Chile se encuentra en un proceso interesante de transición neoliberal a un modelo aún no definido, que requiere, precisamente, de orientaciones metodológicas y didácticas que encaucen y faciliten dicha transición al cambio cualitativo que se busca.

Wolfgang Klafki (1985) redefinía también el concepto de la cultura general, que todavía tiene validez y refleja las falencias y las necesidades de los modelos educativos actuales, que excluyen el concepto de una educación para el desarrollo sostenible, aplicado a los desafíos de desarrollo de la sociedad:

- Educación general básica para todos significa oportunidades idénticas y calidad idéntica para todos los ciudadanos.
- Complejidad y competencia para todos significa, por un lado, la aplicación de un nuevo concepto de formación, garantizando la introducción de temas nuevos (como, por ejemplo, las asignaturas de Ciencias Sociales y Tecnología a partir de la Enseñanza Básica con un fuerte enfoque ecológico-ambiental), para ampliar las competencias de acción de las alumnas y alumnos en temas de desarrollo relevantes para la sociedad y región.
- Debate y reflexión sobre temas claves para garantizar la entrada a temas nuevos dentro del sistema formativo y educativo con el propósito de lograr una sensibilización y reflexión permanente (entre otros, temas de la educación para el desarrollo sostenible, reflexiones sobre desigualdad y diferencias sociales, la interculturalidad, el uso de los nuevos medios, temas ecológicos como la Seguridad Hídrica, etcétera) (Klafki, 1997).

Además, se deberían adquirir y profundizar otras competencias genéricas como la capacidad de crítica y autocrítica, la creatividad, la

capacidad de reflexión y argumentación y la capacidad de desarrollar empatía, hoy conocidas como competencias genéricas.

El debate en torno a las teorías de la acción social y comunicativa impactó fuertemente el área de la educación: introdujo debates sobre sus propósitos, objetivos y la modernización de un sistema educativo tradicional. En consecuencia, se desarrollaron nuevas teorías de enseñanza y aprendizaje con enfoques constructivistas y críticos, con métodos de enseñanza y aprendizaje orientado por la acción, la solución de problemas y la integración del entorno sociocultural, en particular el entorno del alumno/a.

La generación y aplicación de nuevos enfoques pedagógicos integrales y contextualizados en el mundo de la vida del alumno/a y la sociedad muestran la preocupación de un sistema educativo por formar personas y ciudadanos de manera democrática, participativa y orientada en lo social, cultural, económico y ambiental. El ángulo visual y la capacidad perceptiva del docente, desde la escuela hacia los alumnos/as, se abrió en las últimas décadas, condicionada desde los años setenta del siglo xx por un debate mundial sobre el mejoramiento de la educación y sus diferentes impactos personales, sociales, culturales, económicos y ecológicos. A partir de los años noventa se asoció a este enfoque al concepto de sustentabilidad y, posteriormente, el concepto de la Educación para el Desarrollo Sostenible de la UNESCO. En la actualidad, los 17 Objetivos de Sostenibilidad (ODS) orientan la educación desde sus diferentes dimensiones, integrando finalmente la capacidad de convivir, asociarse y formar alianzas (ODS 17) como eje fundamental y orientador para todos los procesos educativos. El ODS 17 indica claramente el único camino para solucionar problemas complejos como, por ejemplo, los problemas ambientales en una sociedad: la acción en comunidad.

En este sentido, la capacidad y la disposición docente de analizar en forma integral el contexto personal, social y ambiental del alumno/a y los temas a tratar en el aula, deben formar parte de su profesionalismo y constituir la base para generar conocimientos mediante el desarrollo de nuevos métodos e instrumentos didácticos y pedagógicos, aplicados en las necesidades del entorno de sus

alumnos/as y estudiantes. La enseñanza orientada por la acción es un instrumento válido y aprobado de gestión pedagógica. Fomenta la participación y un desarrollo proactivo de alumnos y alumnas, sus competencias de investigación, reflexión, comunicación e interacción con el entorno y la sociedad con el propósito de desarrollar conciencia frente a los temas emergentes de desarrollo sostenible y competencias de acción en situaciones concretas, por ejemplo, desarrollar actitudes y habilidades para enfrentar situaciones de escasez hídrica en su entorno y actuar responsablemente en comunidad.

7.3 Importancia del Análisis Didáctico

Mediante el instrumento del Análisis Didáctico, el profesor puede planificar, gestionar y autoevaluar su trabajo pedagógico y comprobar si sus clases satisfacen las necesidades educativas y pedagógicas respecto a: contenidos seleccionados, modos de presentación, cantidad, calidad, complejidad de los temas, secuencias didácticas y método de enseñanza y aprendizaje, aplicadas en el contexto de la política formativa del país.

Klafki menciona cinco dimensiones del Análisis Didáctico:

- a. Ejemplaridad del tema seleccionado,
- b. Significancia y actualidad del tema seleccionado,
- c. Importancia del tema en el futuro,
- d. Estructuración de los contenidos seleccionados en el marco del tema y los procedimientos metódicos adecuados y
- e. Asequibilidad individual del tema para cada alumno y la relación entre alumno/a y la materia a tratar.

Este instrumento es todavía válido, pero requiere adaptaciones a las nuevas exigencias. Para una Educación para el Desarrollo Sostenible que considere, por ejemplo, el tema de la Seguridad Hídrica, deberían contextualizarse estas cinco dimensiones clásicas de Klafki de la siguiente manera, por ejemplo, en problemas de Seguridad Hídrica a nivel local o regional:

- a. Importancia del tema Seguridad Hídrica en el contexto local o regional y consecuencias múltiples para la comunidad;
- b. Significancia y actualidad del tema seleccionado para el alumno, su entorno y la comunidad;
- c. Ejemplaridad de un subtema seleccionado;
- d. Importancia del tema para el futuro de la comunidad y su entorno;
- e. Estructuración de los contenidos seleccionados en el marco del tema y los procedimientos metódicos adecuados;
- f. Asequibilidad individual del tema para cada alumno y la relación entre alumno/a y la materia a tratar e
- g. Impactos del aprendizaje en cambios de conciencia y cambios de comportamientos individuales, grupales e institucionales.

7.4 Centros Regionales de Aprendizaje: un concepto integral para fomentar el Aprendizaje para toda la Vida orientado en la acción en temas específicos como la Seguridad Hídrica

El tema *Agua y Seguridad Hídrica* es un tema tan amplio, que se torna difícil de enseñar en su complejidad ecosistémica en los establecimientos educacionales tradicionales. En este sentido, una modalidad innovadora consistiría, por ejemplo, en organizar o crear en las regiones *Centros interactivos dedicados en el tema hídrico*, lugares, accesibles a los escolares y otros grupos interesados, concentrando conocimientos, capacidades pedagógicas y tecnológicas, recursos didácticos, laboratorios pedagógicos y espacios para desarrollar experimentos, investigaciones y otras actividades importantes, focalizados en un solo tema, como es la Seguridad Hídrica en un contexto local, regional o nacional.

Un equipo técnico y pedagógico atenderá la comunidad interesada, ofrecerá cursos y otras actividades educativas y formativas, como asesoraría a profesores interesados en la adquisición de nuevos temas. Una implementación tecnológica en los subtemas científicos, ingenieriles, geográficos, sociales, culturales, de producción y

consumo y regionales, en el contexto del tema agua, facilitaría las actividades de enseñanza y aprendizaje, sobre todo los aprendizajes orientadas en acciones concretas.

Idealmente, un Centro de Aprendizaje de tal formato cooperaría estrechamente con una universidad o un consorcio de instituciones de educación superior, el Gobierno Regional y el sector productivo, usuario o proveedor de recurso hídrico.

Los resultados y recursos pedagógicos pueden posteriormente multiplicarse mediante nuevos programas de educación formal y no-formal, en el contexto de los marcos regulatorios existentes, y, ojalá, aportar a lograr mayores impactos en los comportamientos ambientales de la sociedad civil.

BIBLIOGRAFÍA

- Bundesministerium für Bildung und Forschung (2001) Aktionsprogramm Lebensbegleitendes Lernen für alle. BMB+F. Disponible en: www.bmbf.de/pub/aktionsprogramm_lebensbegleitendes_lernen_fuer_alle.pdf
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (2002) Strategisches Positionspapier: Information vernetzen - Wissen aktivieren. BMB+F. Bonn, Alemania.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung; Europäische Union/Europäischer Sozialfonds (2004) Lernende Regionen - Förderung von Netzwerken. Bonn y Berlin, Alemania. Disponible en: www.bmbf.de
- Bundesministerium fuer Bildung und Forschung (2004) Lebenslanges Lernen: Strategiepapier. BMB+F. Bonn, Alemania. Disponible en: www.bmbf.de/de/411.php
- De Sousa Santos, B. (2011) Epistemologías del Sur. *Utopías y Praxis Latinoamericana*. Universidad de Zulia. Año 16, No. 54, pp.19-39. Maracaibo, Venezuela.
- Delors, J. (1996) Los Cuatro Pilares de la Educación. En: *La Educación encierra un tesoro. Informe UNESCO de la Comisión Internacional sobre Educación para el siglo XXI*. Santillana/UNESCO. Pp.91-103. Madrid, España.
- Dietsche, B.; Meyer, H. (2004) Bildung im mittleren Erwachsenenalter. En: *Handbuch Bildungsforschung*, Tippelt, R. (editor). Editorial Leske und Budrich. Opladen, Alemania.

- Dietsche, B.; Meyer, H. (2004a) Literatúrauswertung Lebenslanges Lernen. DIE. Bonn, Alemania. Disponible en: www.blk-bonn.de/papers/heft115.pdf
- Gerstenmaier, J. (2002) Philosophische Bildungsforschung: Handlungstheorien. En: *Handbuch Bildungsforschung*, Tippelt, R. (editor). Editorial Leske und Budrich. Opladen, Alemania.
- Hansen-Rojas, G. (2000) *Aprendizaje por la acción, un principio pedagógico para la educación general y la formación técnico-profesional*. Edición GTZ. Buenos Aires, Argentina y Eschborn, Alemania.
- Hansen-Rojas, G. (2008) *Construcción y gestión de conocimientos en redes de cooperación. El proceso de la elaboración de recursos didácticos ambientales para la formación docente en Argentina*. Tesis doctoral, Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Horkheimer, M. (1970) *Traditionelle und kritische Theorie*. Campus. Frankfurt, Alemania.
- Klafki, W. (1976) *Aspekte kritisch-konstruktiver Erziehungswissenschaft*. Editorial Beltz. Weinheim, Alemania.
- Klafki, W. (1985) *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik*. Editorial Beltz. Weinheim, Alemania.
- Klafki, W. (1997) Schlüsselprobleme. En: *Lexikon Sachunterricht*, Kaiser, A. (editor). Editorial Schneider. Baltmannsweiler, Alemania.
- Kuhlen, R. (2004) *Handbuch Grundlagen der praktischen: Information und Dokumentation*. Editorial K.G. Saur. München, Alemania.
- Naciones Unidas (2015) Transformar nuestro Mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Resolución aprobada por la Asamblea General el 25 de septiembre de 2015, A/Res/70/1.
- Noguchi, F. et al. (2018) *Comunidades en acción: aprendizaje a lo largo de toda la vida para el desarrollo sostenible*. UNESCO Digital Library. ISBN 978-92-820-3297-8.
- Rojas Hernández, J.; Hansen-Rojas, G. (2003) Proceso participativo de creación de recursos didácticos ambientales. Una metodología de gestión de conocimiento. En: *Educación para el Ambiente. La construcción de conocimiento como espacio participativo. Metodología y Guías Didácticas*. Proyecto INET-GTZ (2003). pp. 16-17. Buenos Aires, Argentina.
- Schnotz, W.; Heiss, S.F. (2004) Die Bedeutung der Sprache im Wissensmanagement. En: *Psychologie des Wissensmanagements*, Reinmann, G.; Mandl, H. Editorial Hogrefe. Pp. 41-52. Göttingen, Alemania.
- Schulz, W. (1972) Unterricht zwischen Funktionalisierung und Emanzipationshilfe. En: *Modelle grundlegender didaktischer Theorien*, Ruprecht, H.U. et al. Editorial Schroedel. Hannover, Alemania.
- Searle, J.R. (1969) *Speechs Acts*. University Press. Cambridge. Reino Unido.

- Tippelt, R. (2002) *Handbuch Bildungsforschung. Leske und Budrich*. Opladen, Alemania.
- Tippelt, R. (2009) *Lernende Regionen - Netzwerke gestalten*. Editorial. Bielefeld, Alemania.
- UNESCO (2005) *Hacia las sociedades del conocimiento*. UNESCO. París, Francia.
- Vargas, C. (2017) *El Aprendizaje a lo largo de toda la Vida*. UNESCO Digital Library. ED-2017/WP/3.

PRÁCTICAS Y SABERES DE GESTIÓN COMUNITARIA Y PRODUCTIVA DEL AGUA BAJO CONTEXTO DE ESCASEZ. EXPERIENCIAS DE LAS REGIONES DEL BIOBÍO Y ÑUBLE*

*Patricio Silva Ávila***

RESUMEN

Comprendiendo el escenario de cambio climático global en marcha, manifestado actualmente a través de múltiples alteraciones y fenómenos, como la escasez hídrica, generando fuertes impactos prácticamente en todo el mundo, incluida la realidad chilena, se trata de un escenario que se constituye como un punto crítico en el desarrollo global, afectando a las lógicas económicas, sociales y políticas y representando, además, un desafío para la implementación de nuevos métodos de gestión del agua, tanto en el ámbito comunitario como productivo en general. En la lógica anterior, se hace necesaria la integración del conocimiento tradicional, que históricamente se ha presentado en prácticas, experiencias y saberes desarrollados por los grupos sociales que habitan y se relacionan con y en el territorio de una manera más sustentable.

Este conocimiento tradicional, progresivamente invisibilizado por el conocimiento técnico, debe ser redescubierto y valorado, atendiendo, precisamente, la delicada situación ambiental que se vive. Dicho proceso de resignificación permitirá la ela-

* Este capítulo aborda parte de la investigación de tesis titulada: «Prácticas, saberes y experiencias socio-hídricas de la gestión comunitaria y productiva del recurso hídrico, en contextos de escasez y cambio climático. Un estudio de caso de las regiones del Biobío y Ñuble». Memoria dirigida por los profesores Dr. Jorge Rojas y Dr. Ricardo Barra.

** Patricio Silva Ávila, sociólogo. Magíster en Ciencias Regionales, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Contacto: patsilva@udec.cl

boración de métodos que gestionen el agua y otros recursos naturales de manera más sustentable. En este sentido, se realizó una aproximación a este tipo de conocimiento tradicional, buscando visibilizar experiencias y prácticas desarrolladas históricamente en las regiones del Biobío y Ñuble, territorios que en las últimas décadas han redefinido las relaciones sociales y económicas mediante una serie de transformaciones.

De lo anterior es posible destacar experiencias asociadas a la producción comunitaria y asociativa de la comuna de Santa Juana y métodos tradicionales de producción vitivinícola en el Valle del Itata, rescatando, además, una serie de elementos, como la figura del huerto o chacra y la rotación de cultivos, que una vez que han sido comprendidos y revalorados, pueden complementarse o mejorarse con nuevas tecnologías, gestionando de manera sustentable el agua disponible.

PALABRAS CLAVE: escasez hídrica, gestión del agua, prácticas comunitarias y productivas, conocimiento tradicional.

INTRODUCCIÓN

La escasez hídrica y, en general, los fenómenos que son asociados al macroevento de cambio climático, se han posicionado como objetos de estudio sumamente relevantes para el desarrollo de investigación en diferentes esferas de la sociedad, principalmente debido al avance que ha tenido el deterioro de las condiciones ecosistémicas durante las últimas décadas.

La temática ambiental se ha posicionado de manera relevante al interior de la agenda de discusión nacional e internacional, generando espacios de discusión respecto a los reales alcances y proyecciones de una materia que hoy constituye una amenaza para la supervivencia en el planeta. Desde estas discusiones surgen acuerdos que sirven de marco regulatorio y que buscan implementarse, de manera efectiva y responsable, en diversos contextos. Ejemplo de esto son los Acuerdos de París.

La situación de deterioro ecosistémico generalizado plantea una condición límite para el actual desarrollo global. En ese sentido, estos son llevados a la práctica y articulados por Rockström

et al. (2009), quienes, al acuñar el concepto de *límites planetarios*, entregan una propuesta más concreta de los puntos límites que el planeta experimenta en la actualidad. Este concepto se presenta como una herramienta para «estimar un espacio operativo seguro para la humanidad respecto del funcionamiento del Sistema Tierra» (Yus Ramos, 2015: 1).

Esta configuración de límites planetarios conlleva el reconocimiento del aumento de los riesgos, aumento que guarda una directa relación con el paso del denominado Holoceno hacia el Antropoceno. Esta última es la etapa que se sitúa históricamente con la explosión de la Revolución Industrial, donde las dinámicas de desarrollo y crecimiento económico aumentaron exponencialmente y el ser humano pasó a afectar, de manera directa, al planeta, cuando las «emisiones de gases invernadero empezaron a cambiar la atmósfera de una forma significativa» (Stager, 2012: 17, citado por Rojas, 2013).

Es posible utilizar la expresión Era Antropoceno, trabajada por el paleoecólogo Stager, que se encarga de entregar una perspectiva, de largo tiempo y alcance, abarcando pasado y futuro, ya que el planeta, al verse afectado por la crisis ambiental y el cambio climático, es requerida una «visión trascendental» (Rojas, 2013). Lo anterior se debe a la capacidad de traspasar el tiempo y espacio que tiene el carbono de los combustibles fósiles, «condicionando la evolución de los ecosistemas, la reconfiguración de las regionales y las formas de vida futura» (Rojas, 2013: 199).

Este escenario de cambio climático global se ve acompañado de un aumento en los riesgos y tensiones para la sociedad, generando una serie de conflictos ambientales que paulatinamente se han desatado en diversos contextos; antecedentes que nos llevan a hablar de una crisis ambiental que se manifiesta en conjunto con la existencia de una complejidad ambiental que va más allá de variaciones evidentes remitidas solo a fenómenos naturales. Esta crisis no es una catástrofe ecológica, sino que se manifiesta como el efecto del pensamiento con el que se ha construido y destruido el planeta (Leff, 2004). En este sentido, el proceso de globalización ha sido uno de los motores impulsados mediante procesos de sobredeterminación

de la racionalidad económica, alcanzando a gran parte de las esferas afectadas por procesos de globalización. Leff agrega que «es esta sobreconomización del mundo la que induce una homogeneización de los patrones de producción y de consumo, contra una sustentabilidad planetaria fundada en la diversidad ecológica y cultural» (2000: 1).

Este proceso globalizador, dominado por la lógica económica, ha terminado por volver, progresiva y aceleradamente, más vulnerables los ecosistemas, teniendo a sus prácticas cada vez más riesgosas, limitando, aún más, el campo de acción de estrategias que van en pos del «desarrollo limpio» (Leff, 1995). Se entiende que esta crisis ambiental, además de mostrarse como una crisis del pensamiento, se manifiesta como un límite en el orden de lo real, presentando un límite en el crecimiento económico y poblacional, un límite de los desequilibrios ecológicos y de la degradación entrópica del planeta (Leff, 2000).

Al referirse al panorama hídrico, múltiples son las problemáticas que aluden a un conjunto de fenómenos que se encuentran interconectados y también se inscriben en un contexto global, presentando eventos de estrés hídrico, desertificación o sequías, que se pueden ubicar y entender bajo el concepto de escasez hídrica, problemática que haya su origen en diversas causas y se desarrolla de manera distinta. Es aquí donde cobran mayor relevancia los contextos locales, ya que estos territorios permiten caracterizar y comprender de mejor manera cómo los grupos humanos habitan, se vinculan y relacionan diariamente con estos eventos que terminan a corto, mediano o largo plazo, por influir en las dinámicas y relaciones comunitarias que se llevan a cabo.

Diferentes investigaciones se han centrado en el estudio de los alcances físicos de estos fenómenos, permitiendo el establecimiento de modelos para escenarios futuros; por lo mismo, surge la necesidad de conocer más en profundidad cómo la sociedad asimila estos cambios, viendo una reconfiguración de relaciones que ponen el foco en delimitar el impacto, y las percepciones que se tiene sobre esto, sin dejar de lado el reconocimiento que debe existir a la identificación y caracterización de diversas prácticas, experiencias y saberes que los

grupos sociales han desarrollado históricamente para la gestión del recurso hídrico, conocimiento que por décadas fue desplazado por el modelo de desarrollo, limitándolas principalmente a espacios rurales.

Este conocimiento se plantea de gran valor para un proceso de recomposición de las relaciones que se deben establecer con el territorio, permitiendo un complemento con nuevas tecnologías que generen modos productivos más sustentables y horizontales con los contextos locales.

CAMBIO CLIMÁTICO, ESCASEZ Y RECURSO HÍDRICO

Para profundizar en las perspectivas en torno al cambio climático y el recurso hídrico, se hace necesario realizar el alcance a cómo el contexto chileno enfrenta este escenario de cambio. Este asoma como un territorio que, debido a una serie de aspectos socioterritoriales, económicos y políticos, y de acuerdo a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, se posiciona como un país sumamente vulnerable al cumplir con siete de las nueve características de vulnerabilidad definidas por dicha convención. Ante ese escenario, para Maisa Rojas (2012) las variaciones en la temperatura será uno de los efectos cruciales en Chile, en una situación proyectada hasta finales del siglo presente; se sumará a otras condiciones, como variaciones considerables en los ciclos de precipitaciones, donde para gran parte del país se manifiesta una constante disminución de las lluvias, a excepción de zonas como Magallanes, donde, de acuerdo a los estudios, se observa un aumento en las lluvias para la mitad de este siglo.

Sumado a esta vulnerabilidad, Chile ha visto intensificada la explotación de sus recursos naturales debido al aumento de las actividades frutícolas, silvícolas, pesqueras y mineras. Panez *et al.* (2017) señalan que este aumento en las actividades productivas genera una gran demanda de agua para mantenerse en funcionamiento, además de generar un impacto directo en la capacidad de retención de los suelos. Paralelamente, durante los procesos productivos-extractivos, ocurren una serie de efectos contaminantes en las cuencas. Estos

factores, en conjunto con el escenario descrito por Rojas (2012), han ocasionado una disminución progresiva en la disponibilidad de agua en los acuíferos del país.

Entendiendo el escenario vinculado al cambio climático, y como entrada a las dinámicas actuales en torno al agua, un primer paso es comprender algo básico acerca del recurso. En palabras de Mohando, «el agua tiene la particularidad de ser muy escasa, ya que, del total de agua existente en el planeta, solo el 3% es dulce» (2006: 8), por ende, la cantidad de agua que se encuentra disponible para el consumo humano y para la satisfacción de las necesidades básicas de la población es sumamente finita. El agua es reconocida como un elemento naturalmente frágil y, por lo tanto, cada vez más escaso. Tomando lo anterior en consideración y esto, al compararse con el hecho de que el consumo mundial de agua aumentó a una tasa mayor que el doble del crecimiento de la población mundial, varios autores concuerdan en que para hablar sobre el agua se debe hablar desde la importancia y escasez con que esta se presenta.

Lo anterior queda demostrado cuando se aprecia que la cantidad necesaria para sostener las grandes tasas de consumo que se observan en las ciudades, cómo estas aumentan considerablemente su tamaño, donde la urbanización es el gran problema ambiental relacionado con el agua, por su generación de aguas negras que deben ser tratadas. Es un gran problema en los países emergentes, que tienen contaminados los ríos que pasan por sus ciudades y no pueden utilizar el agua para fines potables. Lo anterior cobra fuerza al apreciar que, según expertos, se necesitan 100 l al día por persona, solo para satisfacer las necesidades básicas. Si a ello se agregan necesidades industriales y agrícolas, se necesitaría de 1.000 m³ anuales por persona. Es posible decir que, con 500 m³ anuales se puede tener una seguridad hídrica, pero son índices que varían mucho en cada país, e incluso dentro de ellos (*El País*, 2015).

Para Falkenmark, es importante recalcar que «la escasez de agua no solo [es] el resultado de una carencia física del agua» (Falkenmark *et al.*, 2007: 4), sino que se refiere a una sumatoria de problemáticas asociadas y que a menudo alude a la dificultad de la movilización

de los recursos disponibles, lo que se suma a los diversos factores que gatillan la escasez y que se manifiestan de variadas formas en la sociedad y en las zonas afectadas. Por su parte, Ohlsson y Turton (1999) dicen que la falta de recursos sociales también puede actuar como un cuello de botella, evitando que el agua que está disponible se movilice y sea usada de la forma más eficiente posible.

Para Harvey existen otras perspectivas sobre la comprensión del agua, ya que observarla como un activo financiero solo reproduce la lógica económica, ignorando «el contexto social y ambiental en el que está inserta» (2007a: 79). Esta perspectiva no busca una gestión renovable del recurso, sino que conduce inevitablemente hacia su agotamiento. Otra perspectiva recogida por Harvey (2007b) se refiere a la comprensión del agua como un activo ecosocial: esta visión entiende que el agua tiene la capacidad de satisfacer un conjunto complejo de aspectos económicos, sociales y ambientales. Lo mencionado lo explica también Utton, al sostener que:

El agua no solo es esencial para la supervivencia biológica, sino que es una condición necesaria del desarrollo y sostenimiento de la economía y de la estructura social que hacen posible la sociedad. El agua no es solo una mercancía; es un imperativo central de la supervivencia, sostenimiento, continuidad y vida de la comunidad... (Utton, 1985, citado por Aguilera Klink, 1982: 2).

Para uno de los organismos especializados que existen dentro de las Naciones Unidas, ONU-Agua, existen diversas maneras de definir y entender la escasez hídrica, donde se puede establecer una visión general del fenómeno:

La escasez de agua se define como el punto en el que el impacto agregado de todos los usuarios incide en el suministro o la calidad del agua, esto prevalece bajo arreglos institucionales en la medida en que la demanda de todos los sectores, incluyendo el medio ambiente, no se puede satisfacer completamente (ONU-Agua, 2007: 8, traducción propia).

Posterior a la revisión de diversas visiones y maneras de comprender la escasez hídrica y cómo esta impacta en diferentes

contextos, se puede elaborar una conceptualización que sirva de base para una comprensión integral del fenómeno. En ese sentido, un primer punto es reconocer y comprender el agua como un bien ecosocial, que vincula diferentes esferas de la sociedad; la escasez hídrica se configura como un fenómeno que puede ser entendido como la falta o mala distribución del recurso hídrico, producido dentro de un contexto particular que manifiesta diversas características y alcances, fenómeno que puede también manifestarse en distintas graduaciones, cada una con alcances y efectos particulares sobre la población alcanzada. Al indagar en las causas de la escasez, se puede llegar a un consenso de que esta se produce en el momento que la cantidad de agua disponible no es suficiente para poder satisfacer las diversas necesidades presentes y futuras, ya sean productivas, humanas, naturales, sociales o políticas.

TERRITORIO BAJO PERSPECTIVAS Y LÓGICAS ECONÓMICAS NEOLIBERALES

Todo lo discutido se sitúa y desenvuelve en un espacio delimitado, que compone el territorio, un entramado de capas y relaciones entre diferentes esferas: social, económica, ecológica y política. Resulta relevante comprender que el territorio no se presenta solo como un dato, sino que es el resultado de diversos procesos, como señala Harvey (2007a): procesos relacionados con la política conceptual del lugar, con la producción capitalista del espacio, con la estrecha vinculación entre conocimientos geográficos y el poder político.

Para Leff (1995, 2000), el territorio se entiende como el lugar donde la sustentabilidad se enraíza con base en las identidades culturales y ecológicas. Continúa sosteniendo que es «el espacio social donde los actores sociales ejercen su poder para controlar la degradación ambiental y para movilizar potenciales ambientales en proyectos autogestionarios generados para satisfacer necesidades, aspiraciones y deseos de los pueblos, que la globalización económica no puede cumplir» (Leff, 2000: 11). Es en este nivel local donde, además, se construyen las identidades culturales que se expresan como una valorización social del entorno, articuladas de manera

efectiva en el territorio, convergiendo con procesos de restauración ecológica e innovación tecnológica (Leff, 2004).

El territorio también puede ser pensado como un ensamblaje de proyectos y representaciones de prácticas y conductas que surgen en un tiempo y espacio, tanto social, cultural y estético (Guattari, 1995). Por su parte, Escobar (2010) entiende al territorio como un encuadre basado en el lugar que incorpora cultura, historia y ambiente, poniendo como ejemplo el caso de la costa del Pacífico latinoamericano, una matriz compleja que integra a personas, territorio y especies, inmersos en un contexto social.

Lo que reafirma esta perspectiva social del territorio es la necesidad de elaborar una nueva morfología que implique modificaciones socioespaciales, como respuesta a la lógica de expansión que presenta el modelo de crecimiento mundial (Koberwein, 2016).

Dentro de las temáticas espaciales, que influyen históricamente en la materialización del paisaje, desde la perspectiva de Harvey (2007b) se presentan como un proceso constante de dinámicas tanto temporales, como sociales (Koberwein, 2016); mientras que, para Aliata y Silvestri (2001), la noción de paisaje incluye tanto el ámbito geográfico como el de las representaciones simbólicas, o sea, que no se circunscribe a la naturaleza, sino que reclama el punto de vista del observador, construyendo un relato que se traduce en el desarrollo de prácticas sociales, completando una experiencia integral.

La gran mayoría de los paisajes latinoamericanos fueron modificados y construidos desde un punto de vista extranjero, dejando de lado y generando una paulatina negación a la construcción y cosmovisión que sus pueblos originarios habían desarrollado tradicionalmente, resignificando el paisaje desde una acción foránea y condicionando la percepción que se tiene de él, donde se entrega mayor relevancia a la superficialidad de los sentidos entregados por los habitantes del territorio (Aliata & Silvestri, 2001).

Escobar (2016) entiende este proceso como una ocupación ontológica de territorios y mundos que se lleva a cabo bajo el pretexto del desarrollo, que ha influido en la naturalización de conceptos como mercado o crecimiento en las políticas públicas o en las temáticas

sociales. El territorio se presenta, además, como un espacio de tensión entre los conocimientos y el poder político, teniendo a la producción capitalista y a los grupos de interés como eje de desarrollo en los contextos latinoamericanos (Harvey, 2007b).

Son estas tensiones, abordadas desde la perspectiva de conflictos ambientales, las que sin duda guardan una estrecha relación con el territorio, precisamente con su defensa. Para Svampa, una de las principales dimensiones de los movimientos sociales surgidos desde el contexto latinoamericano es la territorialidad, poniendo al territorio «como un espacio de resistencia y también, progresivamente, como un lugar de resignificación y creación de nuevas relaciones sociales [...] esta dimensión “material”, muchas veces comprendida como autoorganización comunitaria, aparece como uno de los rasgos constitutivos de los movimientos sociales en América Latina» (2006: 43). Esta perspectiva incluye los movimientos generados en espacios tanto rurales como urbanos, alcanzando movimientos campesinos o de origen étnico que, dejando de lado las diferencias que pueden tener, se caracterizan por contar con lenguajes de valoración específicos sobre el territorio, poniendo el foco en la defensa de la vida, la satisfacción de las necesidades de subsistencia y la promoción de la diversidad (Svampa, 2006).

Estas lógicas económicas, mencionadas también por Gudynas (2011c), de carácter extractivista, se han instalado y promovido de manera histórica en Latinoamérica, influyendo en su configuración social, laboral y espacial. El extractivismo corresponde a un tipo particular de apropiación de recursos naturales. Al respecto, Gudynas precisa que ocurre bajo tres características dadas de manera simultánea: «una extracción de recursos naturales en grandes volúmenes o alta intensidad, donde la mitad o más son exportados a los mercados globales, y lo son como materias primas o commodities» (2017a: 3).

Los extractivismos son plurales, incluyendo los sectores clásicamente reconocidos como la explotación minera y petrolera, pero también los monocultivos. Ejemplos de esto es la pesca de carácter industrial para la elaboración de subproductos, o el mismo desarrollo forestal que se presenta masivamente en la zona centro-sur de Chile

(Gudynas, 2011b). El fenómeno presenta una condición *glocal*, ya que están anclados en sitios específicos, pero a su vez dependen de las exportaciones, y con ello de los flujos de capital hacia el exterior, las relaciones comerciales, etcétera (Svampa, 2006).

Panez *et al.* (2018) sitúan este contexto en el caso del agua chilena, que destaca en el contexto latinoamericano, entendiendo que todos los procesos involucrados se han mercantilizado, privatizando y arrebatando a las comunidades campesinas o indígenas; estos procesos han sido parte importante del impulso dado a las actividades mineras, forestales y agroexportadoras, sumado a la introducción de transnacionales que se han hecho cargo del sistema de abastecimiento.

Este contexto de la institucionalidad hídrica se contrapone directamente con los impactos producidos por la escasez hídrica y el cambio climático, lo que se traduce en el desentendimiento de prácticas y experiencias asociadas a un conocimiento ecológico, desarrollado históricamente en algunos territorios. Lo anterior guarda relación con las dinámicas económicas de menor escala y que tienen un impacto directo en las relaciones comunitarias que se desarrollan en el sector rural.

IMPORTANCIA DEL CONOCIMIENTO ECOLÓGICO TRADICIONAL

La economía de las sociedades rurales, históricamente, a diferencia de lo impulsado por el modelo de desarrollo actual, han construido un sistema de manejo mediante saberes locales, refiriendo esos saberes al conocimiento ecológico local o conocimiento ecológico tradicional, caracterizado por la organización en explotaciones de subsistencia, con sistemas del manejo del medio basados en los saberes locales. Este tipo de saberes, a menudo referidos como *conocimiento ecológico local* o *conocimiento*, puede entenderse como «un cuerpo acumulativo de conocimiento, prácticas y creencias, transmitido culturalmente a través de generaciones, sobre la relación de los seres vivos entre sí y con su medio ambiente» (Abasolo, 2011: 99). De Sousa Santos agrega que:

A lo largo del mundo, no solo hay muy diversas formas de conocimiento de la materia, la sociedad, la vida y el espíritu, sino también muchos y muy diversos conceptos de lo que cuenta como conocimiento y de los criterios que pueden ser usados para validarlo (2010: 50).

Junto a este conocimiento tradicional existe un conocimiento desarrollado por técnicos y científicos que apela a la extrapolación de conocimientos en diferentes tiempos y contextos, mientras que el segundo se desarrolla *in situ* mediante ensayo y error por los propios usuarios de recursos naturales, generando modelos de manejo adaptativos amoldados a las particularidades de los ecosistemas locales (Gómez-Baggethun, 2009). Esto construye una dualidad de saberes, donde se identifica un conocimiento que alude a un carácter hegemónico y eurocéntrico, opuesto a lo antes descrito, claro que dejando abierta la posibilidad a un complemento que permitiría la construcción de una «ecología de saberes» (De Sousa Santos, 2012: 21).

Durante mucho tiempo, el conocimiento tradicional o popular se ha visto afectado por la actitud que ha mostrado la ciencia formal, es decir, un profundo desinterés. Solo recientemente, y en el contexto de la creciente preocupación por la crisis ecológica (Leff, 2004), se ha empezado a prestar una atención significativa a los saberes ecológicos tradicionales (Toledo, 2005).

Escobar complementa que, desde la figura del ser moderno, se ha «perdido nuestra relación integrada con el universo y debemos restaurarla para lograr una renovada intimidad con la Tierra» (Escobar, 2016: 27). Ello ha llevado a la reproducción de un paradigma mecánico, que hace necesaria la reconstrucción de una nueva historia, que reactive la conexión con lo sagrado, lo humano y lo no-humano. En otras palabras, lo que puede guiar esa reconexión es el conocimiento tradicional y los saberes que los pueblos indígenas o las generaciones pasadas han practicado.

Esta pérdida del conocimiento ecológico también puede ser interpretada como el resultado de un largo proceso de desgaste de las estructuras sociales, políticas e institucionales que han impulsado

los sistemas de explotación de los recursos naturales; dicho proceso, para Gómez-Baggethun (2009), se hace manifiesto en los cambios de usos de suelo, la pérdida de los dialectos locales, el éxodo rural, la aculturación y los procesos de homogeneización sociocultural asociados a la globalización.

Tal como se mencionó, desde este alejamiento o negación que existe del conocimiento tradicional surge, en las últimas décadas, una renovación en el interés por profundizar en esta área, debido a la crisis ambiental que se ha desatado; redescubrimiento que es llevado, generalmente, por movimientos sociales de carácter campesino, que buscan una reivindicación, entendiendo la importancia que tiene la conservación y buena utilización de los suelos productivos. Lo anterior ha llevado al establecimiento de dos modelos de producción antagónicos: por un lado, la aún mayoritaria presencia de los monocultivos industriales, con alto uso de insumos tecnológicos y destinados solo para una producción enfocada en los beneficios económicos; y, por otro, a raíz de estos movimientos, un tipo de producción basado en la satisfacción de las necesidades, principalmente alimenticias, que practica policultivos o mantiene la rotación tradicional de los cultivos, utilizando insumos históricamente aceptados (Abasolo, 2011).

El conocimiento aplicado en este segundo modelo de producción es capaz de evolucionar mediante una combinación de conocimiento ecológico acumulativo y un proceso de aprendizaje que se reajusta ante los errores detectados y las situaciones de crisis. Gómez-Baggethun (2009) complementa señalando que uno de los aspectos principales del conocimiento tradicional es el acoplamiento con las idiosincrasias culturales y ecosistemas locales, la no separación de la naturaleza y los enfoques no utilitaristas en la interacción con el medio: características que contrastan con el universalismo, la concepción dicotómica naturaleza-cultura y la percepción utilitaria de la naturaleza que subyace a la ciencia académica apuntalada en tiempos de la Ilustración (Toledo, 2005).

Esta perspectiva historizada de la relación entre naturaleza y cultura se muestra como una crítica a la visión que tiene la modernidad

sobre la naturaleza, ya que múltiples son los escenarios donde las sociedades se han encargado de construir lazos perdurables entre lo natural y lo cultural; estos puentes han sido llevados por grupos negros, indígenas y mestizos que, mediante sus prácticas cotidianas, resumidas en el ser, saber y hacer, han podido construir y mantener activa una visión de mundo durante siglos (Escobar, 2010).

Durante los últimos años, y tomando de base este discurso, ha surgido la necesidad de generar transiciones hacia un nuevo entendimiento, tanto cultural como ecológico, para poder hacer frente a las crisis que se interrelacionan con el clima, la alimentación, la energía y la pobreza. Lo anterior, en palabras de Escobar, muestra «otra poderosa manifestación de la debilidad del Mundo Mundial» (2016: 24), que se representa en ese conocimiento técnico avasallador y negador de lo tradicional.

La generación de alternativas frente al proceso de desarrollo no debe caer en la idea de nostalgia por el pasado, o en una visión romántica de las sociedades tradicionales; el reto radica en extraer y combinar los puntos acertados en la producción de la sociedad pasada con el aporte de las sociedades actuales, favoreciendo el desarrollo en armonía con los ecosistemas que sustentan las actividades humanas (Gómez-Baggethun, 2009).

Boaventura de Sousa Santos (2010, 2012), dentro de su propuesta, expone nueve tesis sobre las alternativas de producción, dejando claro que las formas alternativas de conocimiento se presentan también como una fuente de producción alternativa, resaltando la contribución de las culturas minoritarias, invisibilizadas por el amplio dominio del capitalismo actual y la ciencia moderna. Esta marginación resalta la necesidad de no solo respetar la diversidad cultural, manteniendo vivas estas minorías, sino que debe generarse un aprendizaje de ellas, para poder construir «un paradigma de conocimiento y acción cosmopolita distinto del que subyace en la globalización neoliberal» (2012: 93).

El mismo autor se encarga de plantear un desafío a los investigadores: que planteen estudios de caso, resaltando la importancia de estos como pasajes que permitan traspasar estos puntos de vista

tradicionales/alternativos a acciones concretas que sean capaces de generar alternativas viables y convincentes ante los lineamientos hegemónicos (De Sousa Santos, 2012).

Este desafío planteado, respecto al conocimiento, es lo que da paso a una oportunidad de establecer un vínculo directo con la propuesta de establecer una perspectiva transdisciplinaria, ya que históricamente la transición desde la comunicación oral –el conocimiento se difundía mediante historias y mitos–, hacia la comunicación escrita, impuso paulatinamente la prevalencia del pensamiento racional por sobre el relacional, provocando, tal como señala Max-Neef, una fascinación por la razón dejando de lado otros elementos como facultades o sentimientos, que permitían el entender «la naturaleza desde adentro» (Max-Neef, 2004: 11).

El mismo autor se encarga de señalar que esta creciente ruptura en la comunicación se manifiesta «por el claro predominio del reduccionismo de la lógica binaria que, entre otras cosas, separa al observador de lo observado» (Max-Neef, 2004: 11); conflictos que se presentan en la lógica de la comunicación y que se han traspasado a la elaboración del conocimiento, que ofrecen el desafío de incorporar a la transdisciplina como un proyecto orientado a mejorar la comprensión del mundo y la naturaleza, por lo que establecer un vínculo entre disciplina y saberes tradicionales se traduce en dar el paso desde el conocer al comprender, de esa manera se podrá obtener un acercamiento más preciso hacia las prácticas comunitarias y productivas que las comunidades han desarrollado por años, opacadas por el desarrollo aislado de nuevas tecnologías para la gestión del recurso hídrico.

TRANSFORMACIÓN TERRITORIAL E IMPACTO SOCIOHÍDRICO

El impacto que tiene la escasez hídrica no solo genera un déficit para las actividades productivas, también produce un impacto en las relaciones comunitarias. Para caracterizar este efecto e identificar las prácticas cotidianas que son afectadas, se realizó una investigación en las regiones del Biobío y Ñuble, donde un primer punto destacado

es el proceso de transformación territorial que se ha dado en los últimos 50 años.

Estas transformaciones se traducen en un cambio de actividad económica predominante, en la inserción de grandes proyectos de infraestructura que terminan por impactar a la población que habita el territorio. En el caso del análisis que se realizó, es posible identificar dos grandes hitos que marcan la transformación de las regiones del Biobío y Ñuble en los últimos 50 años: por un lado, el aumento sistemático y desmedido de plantaciones forestales de carácter industrial y, por otro, el cambio en el sentido de entender el agua por parte de la Constitución. Estos cambios tienen como hito concreto el Decreto Ley N°701, del año 1974, que fija un fomento a la actividad forestal; por otro lado aparece el Código de Aguas vigente, DFL 1.122, que genera un mercado del agua al cambiar el entendimiento de este recurso a una mercancía transable bajo la lógica de mercado, posible de acumular o vender, sin una mayor injerencia del Estado.

Teniendo esto como base, se puede profundizar en que la explosión forestal trajo un cambio al rubro principal de las regiones, pasando de una producción que históricamente era agrícola, a una totalmente forestal, manteniendo de manera marginal otras actividades. Este proceso originó una modificación en el paisaje, al reducirse la cantidad de bosque nativo y la variedad de cultivos, cambiados por gigantes monocultivos de especies de pino y eucaliptus.

Ejemplos de lo anterior, y precisamente hablando de infraestructura, se reflejan en proyectos viales como el denominado «Puente Industrial» o la «Ruta de la Madera», que implican una transformación profunda del territorio, que, por un lado, producen un impacto ecosistémico, como el daño a humedales o a fauna endógena, influyendo además en la práctica de actividades que mantienen una relación de no explotación con el territorio, como es el caso de los horticultores de la comuna de San Pedro de la Paz. Lo que queda es la prevalencia de una actividad económica por sobre prácticas y saberes que han sido desarrollados, por años, en el territorio.

La transformación hacia la actividad forestal que se vivió, fue acompañada de un cambio en la manera de gestionar los recursos hídricos en Chile, reflejado en la creación de los derechos de aprovechamiento de aguas, que configuró un escenario de acumulación de derechos de agua también presente en el territorio de estudio, donde se aprecia cómo las mismas empresas forestales concentran gran cantidad de agua, limitando el acceso a este recurso a, primero, la población que vive con escasez y, segundo, la mantención de otras prácticas productivas, generando casi obligatoriamente una dependencia, tanto económica como recursiva, de esta actividad extractiva.

Esta acumulación de agua viene acompañada de un escenario de escasez hídrica creciente, presente en el territorio hace décadas. Los entrevistados reconocen que la escasez ha ido en aumento y que eso no solo se evidencia en el abastecimiento a los hogares, sino que existe el reconocimiento de una disminución de los cuerpos de agua que hay en la zona, y de los cuales muchos habitantes obtenían agua para diversas funciones, como complemento al suministro del hogar: mantención de huertos y chacras, regadío productivo o como suministro de emergencia ante eventos inesperados. Incluso representaban un lugar recreativo en algunas estaciones del año.

Al momento de profundizar en las causas de esta escasez, desde el relato de los participantes de la investigación, el principal actor que gatilla el aumento desmedido de la escasez es la industria forestal, ya que las especies mayoritarias (Eucaliptus y Pino) consumen gran cantidad de agua. La desregulación que existe en el crecimiento forestal ha llevado a que plantaciones sean instaladas cerca de cuerpos de agua que, si bien permiten un crecimiento estable, terminan por afectar negativamente el normal curso de agua. La escasez ha llevado a la implementación de diversos métodos de abastecimiento que tienen un carácter de emergencia o no definitivos, ya que no aseguran un abastecimiento estable en el tiempo para los habitantes.

Sumado a este escenario de escasez se encuentran otros factores asociados al cambio climático que afecta al planeta, esto entendiendo la vulnerabilidad con la que Chile enfrenta estos procesos; se reconoce un cambio en la estacionalidad de las lluvias, consignando que

paulatinamente se ha reducido la cantidad total de lluvias caídas, o se registran lluvias que caen fuera de invierno. Esta frecuencia en las precipitaciones termina por afectar profundamente a las actividades productivas marginales que se llevan en la región, como la pequeña agricultura, que respeta los ciclos de cultivos, además de generar un impacto negativo en la calidad y cantidad de las producciones de las zonas de secano.

IMPACTO SOCIAL DE LA ESCASEZ HÍDRICA

Teniendo claro este marco de transformaciones y cómo se han traducido en el territorio, esto también tiene un alcance en la manera en que se relacionan las comunidades, tanto al interior como entre ellas. Uno de los puntos centrales es que, debido a estos cambios, se ha producido un aumento en las tensiones territoriales, manifestada en diferentes niveles que van desde lo microsocioal, como al interior de un hogar, hasta lo macro, los movimientos de defensa del territorio que involucran a gran cantidad de personas.

El primer nivel, que alude al aumento de tensiones al interior de los hogares, se visualiza en el impacto a una serie de actividades consideradas domésticas, tales como el aseo personal, el saneamiento del hogar y los alimentos, incluso los aspectos recreacionales, por lo que este primer elemento resulta crucial al considerar que se suma a una gran cantidad de habitantes que han visto reducida su actividad productiva por la industria forestal, desencadenando un aumento en la consideración de migrar hacia centros urbanos, movimientos que tradicionalmente eran realizados por jóvenes en busca de educación o algún otro servicio.

Posterior a este enfoque microsocioal, es posible observar que existen tensiones en el ámbito comunal o sectorial. Esto se observa en las demandas elevadas por la comunidad hacia actores como el Estado, para la satisfacción de dichas necesidades. Surgen entonces una serie de problemáticas en torno a las organizaciones como juntas de vecinos, asociaciones de canalistas o juntas de agua potable rural, complicaciones que van desde la cantidad de agua disponible

para cada uno, donde se busca una distribución equitativa, a la concentración de agua que existe por parte de productores de mayor tamaño, que finalmente generan una desigualdad productiva en algunos enclaves. También se acusa, por parte de los entrevistados, casos de mala gestión entre vecinos, autoridades locales y Gobierno Regional, principalmente al impulsar soluciones que, por parte de la ciudadanía, son consideradas insuficientes o no perdurables en el tiempo, como es la dependencia hacia el suministro de camiones aljibe.

Finalmente, la mayor manifestación del aumento en las tensiones que existen debido al delicado contexto hídrico y medioambiental, son los movimientos por la defensa del territorio, respaldados por agrupaciones que reúnen personas de diferentes esferas. Estos movimientos surgen principalmente por dos motivos observados: primero, por una reivindicación de una relación más horizontal con el territorio, entendido como prácticas productivas y consuntivas que vayan de acuerdo con el contexto ambiental, además de promover prácticas que han sido desempeñadas históricamente, entendiendo cada territorio como un sistema particular; y, segundo, por la oposición hacia algún proyecto de alto impacto ambiental; claros son los ejemplos de proyectos como el embalse Punilla, el proyecto Octopus o las centrales de paso en la cuenca del río Biobío. El rechazo ha generado espacios de discusión que ponen en conflicto a actores relevantes de la región y permiten la divulgación de un lenguaje de valor distinto al practicado por la actual lógica económica.

VALOR SOCIAL DEL AGUA

Al identificar y describir las experiencias de conocimiento tradicional que se manifiestan en la gestión comunitaria y productiva del agua, un elemento que se destaca es la valoración que se tiene del recurso por parte de los habitantes. Es este significado el que permite comprender la relación con el agua, entregándole una relevancia social al interior de las comunidades y los grupos familiares.

Esta importancia no solo se asocia a una satisfacción de necesidades: el agua es entendida como un bien ecosocial que debe ser consignado como bien común, comprendiendo la importancia de generar un sistema de distribución horizontal donde pueda convivir un modelo productivo y un proceso de mitigación de la escasez hídrica.

Esta mitigación de los efectos, tanto de la escasez hídrica, como otros fenómenos que se asocian al cambio climático, deben ser recogidos por los actores clave del desarrollo nacional (Estado, sociedad y academia), generando una estrategia de bienes comunes que vayan en línea con lo propuesto anteriormente.

EXPERIENCIAS Y PRÁCTICAS PRODUCTIVAS TRADICIONALES

Teniendo en cuenta las prácticas, impactadas por la escasez hídrica, que condicionan las relaciones sociales en sectores de las regiones del Biobío y Ñuble, y siguiendo el relato de buscar una revalorización del conocimiento tradicional, podemos establecer que diversas son las prácticas y experiencias productivas que se desarrollan en este territorio, son posibles de considerar en una gestión sustentable del agua disponible.

Un primer elemento, presente de manera transversal para el sector rural chileno y latinoamericano, es la importancia que tiene la figura del huerto o chacra, ubicada en gran parte de los hogares. Es un elemento que históricamente ha permitido asegurar el consumo doméstico, pero también configura un espacio de relación comunitaria e incluso de subsistencia económica, mediante la venta de excedentes.

Tradicionalmente, los huertos son espacios que aseguran una variedad de alimentos a las personas, cuando su producción se basaba en la rotación de cultivos, asociando el cultivo con las estaciones, lo que favorece y saca el máximo provecho a los terrenos. En el ámbito comunitario, otro elemento tradicional es el intercambio o trueque, tanto de semillas como de alimentos, lo que aseguraba una diversidad y afianzaba las relaciones con los vecinos. En algunos casos favorecía la venta de excedentes, ofreciendo un sustento monetario a las

personas, las que se realizaban en ferias libres y espacios similares. En muchos casos estos espacios eran mantenidos mediante agua de ríos, vertientes o esteros, pero la reducción paulatina de estos cuerpos de agua limitó el abastecimiento de huertos mediante el uso de punteras o pozos poco profundos, medios que actualmente están llegando a su límite, debido a la reducción de las napas subterráneas.

La rotación de cultivos también juega un rol importante y ha sido practicada históricamente por las personas; este proceso también se ha visto modificado debido al actual contexto ambiental, debido a la variación en las precipitaciones o al cambio a especies que requieran de menor agua para su producción; este cambio ha forzado a la inclusión de especies como el nogal o las cerezas, siendo esto también práctica de los medianos productores agrícolas que, a través de las cooperativas, han podido posicionar a estas especies en el mercado nacional e internacional.

Una de las experiencias productivas investigadas tiene que ver con el caso de la comuna de Santa Juana, que, como territorio con problemas de agua y una presencia forestal importante, ha reimpulsado la agricultura de menor escala como posibilidad, no solo de subsistencia, sino que como un método que permita llegar a la producción a nivel nacional. Esta recuperación se implementó mediante el aprovechamiento de los recursos puestos a disposición por el Estado a través de instancias como el Programa de Desarrollo Local (PRODESAL) que, con la inyección de pequeñas cantidades de dinero, ha podido asegurar el agua para los hogares e implementar y equipar sectores agrícolas para la producción hortícola y frutícola. Mediante el cooperativismo se proyecta una inclusión en el mercado regional, impulsando una idea que pueda competir con los grandes productores agrícolas.

Otra de las figuras que más se realza en las dinámicas comunitarias en el sector rural es la valoración que se le entrega al lugar de cultivo en el hogar. Las huertas o chacras representan uno de los factores detonantes de prácticas y saberes locales, compartido por un grupo familiar o una comunidad.

Este tipo de experiencias va en pos del refuerzo de una identidad local, que termina por configurarse en una identidad regional mediante la producción asociativa. El ejemplo que presenta este caso es la producción de ají, posteriormente convertido en merquén, condimento históricamente producido en la zona sur del río Biobío. Por ende, tiene no solo una denominación de origen, en el ámbito económico, sino que es la representación de un conocimiento tradicional que es complementado con nuevas tecnologías para asegurar una certificación de calidad y un aprovechamiento máximo de los recursos disponibles.

La producción vitivinícola del Valle del Itata es otra de las experiencias que destaca, ya que se mantiene en algunas de las comunas más afectadas por la escasez hídrica, como Florida, Ránquil o Portezuelo. Esta producción también refleja la aplicación de un conocimiento que se desarrolló por décadas, ya que la producción de vino, que tradicionalmente es conocida en los parronales del Valle Central (Colchagua y Maipo), en esta zona fue siendo adaptada para que su consumo de agua fuera menor que en el otro caso. Esto genera unos viñedos que se producen cerca del suelo. Si bien el rendimiento por hectárea es menor que la vitivinicultura tradicional, el grano de las uvas país o moscatel de Alejandría han ido concentrando una mayor cantidad de dulzor en su jugo, lo que presenta una excelente calidad, haciendo posible su competencia en el contexto nacional e internacional.

Esta producción también pone como punto central la mantención de un conocimiento de carácter tradicional que, además, se adaptó al contexto de secano interior, reduciendo el impacto sufrido por la escasez de agua. Lo que sí ha hecho retroceder, en algunos sectores, la producción de vinos es el aumento de la forestación industrial, debido al aumento de terrenos comprados por esta industria.

CONCLUSIONES

Sin duda que el contexto actual genera la urgencia de pensar aceleradamente en métodos eficaces de respuesta ante la creciente escasez hídrica y la serie de fenómenos asociados al cambio climático global; ante este escenario, el desarrollo de nuevas tecnologías se debe dar en sintonía con el repensamiento y comprensión del conocimiento tradicional, parte fundamental del entendimiento socioterritorial que tienen pueblos originarios y el sector rural chileno y latinoamericano.

Este proceso reflexivo debe incluir un cuestionamiento a las lógicas económicas actuales, ya que la dependencia de lógicas extractivas y depredadoras de los recursos naturales, por sobre la consideración de los grupos que habitan históricamente en el territorio, genera una destrucción profunda y paulatina del ecosistema y de los constructos sociales que tienen los habitantes.

Al mencionar algunos de los principales factores que condicionan el actual contexto hídrico en las regiones del Biobío y Ñuble, aparece la actual institucionalidad hídrica que, bajo el Código de Aguas, genera condiciones mercantiles para el tratado de un recurso tan frágil como el agua. Por otro lado, aparece la explosión forestal, actividad que ha sido apuntada como gatillante de la acelerada reducción del recurso hídrico debido a la lógica productiva que promueve el monocultivo de especies; estos elementos se presentan como puntos que deben ser prioritarios en la reflexión sobre el impulso de un nuevo modelo de gestión hídrica.

Las experiencias de conocimiento tradicional mencionadas destacan por tener, ante todo, una visión más horizontal del territorio, lo que se traduce en un entendimiento diferente que se puede proyectar en el tiempo. Es este concepto de proyección al que se debe incorporar las nuevas tecnologías para el riego, acumulación, purificación y desalinización de aguas, generando cooperación mediante la complementariedad, botando, así, la barrera que existe entre el conocimiento técnico y el tradicional.

Por lo tanto, es posible hablar de la gestión de un conocimiento tradicional ejecutado en un contexto de escasez, que se posiciona

como una alternativa más que viable en el desarrollo de una producción agrosustentable en las regiones mencionadas. Lo anterior abre la ventana a dejar la dependencia forestal, considerando que, bajo la lógica presentada, es posible una soberanía alimentaria por parte de los territorios en escasez, además de generar una diversificación de la producción regional.

Al revisar las prácticas cotidianas afectadas, se puede ver un riesgo sumamente alto para el normal desarrollo de una comunidad; lo anterior genera, más que un cuestionamiento, la oportunidad de articular soluciones durables en el tiempo para la mitigación de los efectos ambientales, soluciones que sean pensadas transdisciplinariamente, generando una relación efectiva entre los actores relevantes y con capacidad de cambio: Estado-sociedad-academia.

Agradecimientos

Agradezco al Centro de Recursos Hídricos para la Agricultura y la Minería (CRHIAM) y al Conicyt-Fondap 15130015, por el apoyo en las tareas de investigación.

Agradezco profundamente a Julia y Patricio, por su incondicional apoyo. También a los profesores Jorge y Ricardo, por ser un constante estímulo en mi formación e investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Abasolo, V. (2011) Revalorización de los saberes tradicionales campesinos relacionados con el manejo de tierras agrícolas. *Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana*. Vol. 6, No. 11, pp. 98-120. Ciudad de México, México.
- Acosta, A. (2009) *La maldición de la abundancia*. CEP y AbyaYala. Quito, Ecuador.
- Aguilera Klink, F. (1998) *Hacia una nueva economía del agua: cuestiones fundamentales*. Universidad de la Laguna. Tenerife, España.
- Aliata, F.; Silvestri, G. (2011) *El paisaje como cifra de armonía*. Editorial Nueva Visión. Buenos Aires, Argentina.

- De Oliveira, A. (2009) *O Governo Lula assumiu a contra reforma agrária: a violência do agrobandidismo continua*. Comissao Pastoral da Terra. Goiás, Brasil.
- De Sousa Santos, B. (2010) *Descolonizar el saber, reinventar el poder*. Ediciones TRILCE. Montevideo, Uruguay.
- De Sousa Santos, B. (2012) De las dualidades a las ecologías. *REMTE. Cuaderno de Trabajo* No. 18. La Paz, Bolivia.
- Diario El País (2015) «*El problema no es la falta de agua, sino su mala gestión*». *El País*, 20 de marzo de 2015. España. Disponible en: www.elpais.com/elpais/2015/03/20/planeta_futuro/1426855527_122774.html
- Escobar, A. (2010) *Territorios de diferencia: lugar, movimientos, vida, redes*. Universidad de Carolina del Norte. Enviñon Editores.
- Escobar, A. (2016) Sentipensar con la Tierra: las luchas territoriales y la dimensión ontológica de las epistemologías del sur. *Revista de Antropología Iberoamericana*. Vol. 11, No. 1, pp.11-32. Madrid, España.
- Falkenmark, M. (2007) Shift in Thinking to Address the 21st Century Hunger Gap: Moving Focus from Blue to Green Water Management. *Water Resources Management*. Vol. 21, No. 1, pp.3-18.
- Falkenmark, M.; Berntell, A.; Jägerskog, A.; Lundqvist, J.; Matz, M.; Tropp, H. (2007) *On the Verge of a New Water Scarcity: A Call for Good Governance and Human Ingenuity*. SIWI Policy Brief. SIWI. Suecia.
- Gómez-Baggethun, E. (2009) Perspectivas del conocimiento ecológico local ante el proceso de globalización. *Papeles*. No. 107, pp.57-67. Madrid, España.
- Guattari, F. (1995) *Caosmosis*. Editorial Manantial. Buenos Aires, Argentina.
- Gudynas, E. (2011a) Sentidos, opciones y ámbitos de las transiciones al postextractivismo. En: *Más allá del desarrollo*. Lang, M.; Mokrani, D. (editoras). Grupo Permanente de Trabajo sobre Alternativas al Desarrollo. Pp. 265-298. Quito, Ecuador.
- Gudynas, E. (2011b) *Alcances y contenidos de las transiciones al postextractivismo*. Ecuador Debate. No. 82, pp. 61-79. Quito, Ecuador.
- Gudynas, E. (2011c) El nuevo extractivismo progresista en América del Sur. Tesis sobre un viejo problema bajo nuevas expresiones. En: *Colonialismos del siglo XXI: negocios extractivos y defensa del territorio en América Latina*. Varios autores. Icaria Editorial. Pp. 75-92. Barcelona, España.
- Gudynas, E. (2017a) Extractivismos y corrupción en América del Sur. Estructuras, dinámicas y tendencias en una íntima relación. *RevIISE*. No. 10, pp.73-87. San Juan, Argentina.
- Harvey, D. (2007a) *Espacios del capital. Hacia una geografía crítica*. Ediciones Akal. Madrid, España.

- Harvey, D. (2007b) Notas hacia una teoría del desarrollo geográfico desigual. *GeoBaires-Cuadernos de Geografía*. Buenos Aires, Argentina.
- Koberwein, A. (2016) Desarrollismo y contradicciones territoriales en el contexto de una crisis hídrica y ambiental en las Sierras Chicas de Córdoba, Argentina. *Cultura-Hombre-Sociedad*. Vol. 26, No. 2, pp. 45-70. Temuco, Chile.
- Leff, E. (1995) *Green Production. Towards an Environmental Rationality*. Guilford Press. Nueva York, Estados Unidos.
- Leff, E. (2000) *Complejidad ambiental*. Editorial Siglo XXI. Ciudad de México, México.
- Leff, E. (2004) *Racionalidad ambiental. La reapropiación social de la naturaleza*. Editorial Siglo XXI. Ciudad de México, México.
- Max-Neef, M. (2004) *Fundamentos de la transdisciplinaridad*. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- Ministerio del Interior y Seguridad Pública (2015) *Política nacional para los recursos hídricos 2015*. Delegación Presidencial para los Recursos Hídricos, Ministerio del Interior y Seguridad Pública. Santiago, Chile.
- Mohando, A. (2006) *Agua y poder en Mendoza*. Mimeo. Argentina.
- Ohlsson, L.; Turton, A. (1999) The Turning of a Screw: Social Resource Scarcity as a Bottle-neck in adaption to water scarcity. *SOAS Occasional Paper*. No. 19. University of London. Londres, Reino Unido.
- ONU-Agua (2007) Coping with water scarcity - Challenge of the twenty-first century. *World Water Day 2007*. Estados Unidos.
- Panez, A.; Faúndez, R.; Mansilla, C. (2017) Politización de la crisis hídrica en Chile: análisis del conflicto por el agua en la provincia de Petorca. *Revista Agua y Territorio*. Universidad de Jaén. No. 10, pp.131-148. Jaén, España. Disponible en: www.revistaselectronicas.ujaen.es/index.php/atma/article/view/3614/2962
- Panez, A.; Mansilla, P.; Moreira, A. (2018) Agua, tierra y fractura socio-metabólica del agronegocio. *Actividad frutícola en Petorca, Chile. Bitácora Urbano Territorial*. Vol. 3, No. 28, pp.153-160.
- Rockström, J.; Steffen, W.; Noone, K.; Persson, A.; Chapin, S.; Lambin, E.; Lenton, T.; Scheffer, M.; Folke, C.; Schellnhuber, H.; Nykvist, B.; De Wit, C.; Hughes, T.; Van der Leeuw, S.; Rodhe, H.; Sornlin, S.; Snyder, P.; Costanza, R.; Svedin, U.; Falkenmark, M.; Karlberg, L.; Corell, R.; Fabry, V.; Hansen, J.; Walker, B.; Liverman, D.; Richardson, K.; Crutzen, P.; Foley, J. (2009) Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society*. Vol. 14, No. 2, pp.1-32. Canadá.
- Rojas, J. (2012) Sociedad, ambiente y cambio climático en América Latina. Desafíos del siglo XXI. En: *Cambio climático global: vulnerabilidad, adaptación y sustentabilidad. Experiencias internacionales comparadas*. Editorial Universidad de Concepción. Concepción, Chile.

- Rojas, J. (2013) Era Antropoceno, cambio climático, movimientos sociales y sociedad del futuro. En: *América Latina en la crisis global: problemas y desafíos*. Ruiz, M. (editora). Frontera Abierta, Clacso. Ciudad de México, México.
- Rojas, M. (2012) Cambio climático global. En: Rojas, Jorge (editor) *Cambio climático global: vulnerabilidad, adaptación y sustentabilidad. Experiencias internacionales comparadas*. Editorial Universidad de Concepción. Concepción. Chile.
- Stager, C. (2012) *El futuro profundo. Los próximos 100.000 años de vida en la Tierra*. Editorial Crítica. Barcelona, España.
- Svampa, M. (2004) Fragmentación espacial y procesos de integración social hacia arriba: socialización, sociabilidad y ciudadanía. *Espiral*. Vol. 11, No. 31, pp.55-84. Guadalajara, México.
- Svampa, M. (2006) Movimientos sociales y nuevo escenario regional: las inflexiones del paradigma neoliberal en América Latina. *Sociohistórica*. No. 19-20, pp.141-155. La Plata, Argentina.
- Toledo, V. (2005) La memoria tradicional: la importancia agroecológica de los saberes locales. *Revista de Agroecología*. Vol. 4, No. 20, pp.16-29. Lima, Perú.
- Utton A. (1985) In Search of an Integrating Principle for Interstate Water Law: Regulation versus the Market Place. *Natural Resources Journal*. Vol. 25.
- Yus Ramos, R. (2015) Los límites del planeta hoy día. *Revista El Observador*. Málaga, España. Disponible en: www.airon60.com/images/stories/envios_15/enero/yus0115.pdf

PERCEPCIÓN Y PRÁCTICAS CIUDADANAS
DEL VALOR DEL AGUA COMO BIEN NATURAL
Y SOCIAL: CONSUMO HUMANO, AGRÍCOLA,
MINERO Y ENERGÉTICO EN CHILE
EN TIEMPOS DE CAMBIO CLIMÁTICO *

Jorge Rojas Hernández** • Pamela Villalón Saavedra***
Ricardo Barra Ríos**** • José Luis Arumí Ribera*****
Gunhild Hansen-Rojas***** • Verónica Delgado
Schneider***** • Amaya Álvez Marín*****
Ricardo Figueroa Jara*****

* Este capítulo aborda parte de los resultados obtenidos en la investigación titulada: «Percepción y practicas ciudadanas del valor del agua como bien natural y social: El consumo humano, agrícola, minero y energético en Chile, en tiempos de cambio climático». Proyecto apoyado por el Centro CONICYT/FONDAP/15130015 CRHIAM.

** Dr. Jorge Rojas Hernández, sociólogo. Doctor en Sociología, Universidad de Hannover, Hannover, Alemania. Profesor titular del Departamento de Sociología, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Investigador asociado Centro CRHIAM. Contacto: jrojas@udec.cl

*** Pamela Villalón Saavedra, sociólogo. Magister en Metodologías de la investigación en las Ciencias del comportamiento y de la salud, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España. Departamento de Trabajo Social, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción, Chile. Contacto: pvillalonsaa@gmail.com

**** Dr. Ricardo Barra Ríos, bioquímico. Doctor en Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Profesor titular de la Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Investigador principal Centro CRHIAM. Contacto: ricbarra@udec.cl

***** Dr. José Luis Arumí Ribera, ingeniero civil. Doctor en Ingeniería. Profesor titular del Departamento de Recursos Hídricos, Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad de Concepción, Chillán, Chile. Investigador principal Centro CRHIAM. Contacto: jarumi@udec.cl

***** Dra. Gunhild Hansen-Rojas, profesora de Germanística y Economía. Doctora en Educación, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Profesora del Departamento de Planificación Territorial y Sistemas, Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Contacto: hansen-rojas@udec.cl

***** Dra. Verónica Delgado Schneider, abogada. Doctora en Derecho, Universidad de Roma Tor Vergata, Roma, Italia. Profesora asociada de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Investigadora asociada CRHIAM. Contacto: vedelgado@udec.cl.

***** Dra. Amaya Alvez Marín, abogada. Doctora en Derecho, York University, Toronto, Canadá. Profesora asociada de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Investigadora asociada CRHIAM. Contacto: aalvez@udec.cl

***** Dr. Ricardo Figueroa Jara, profesor de Biología. Doctor en Ciencias Biológicas, Universidad de Málaga, Málaga, España. Profesor del Departamento de Sistemas Acuáticos, Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Investigador asociado Centro CRHIAM. Contacto: rfiguero@udec.cl

RESUMEN

El recurso hídrico es vital para el sustento de la vida humana, natural y productiva. Las políticas de exportación y de mercado del agua, implementadas en Chile en las últimas décadas, han presionado las fuentes naturales de agua, generando estrés y conflictos por los derechos y el uso del agua en gran parte del territorio nacional. Por su parte, el cambio climático global, irreversiblemente en marcha, afectará de manera considerable la disponibilidad del recurso hídrico, sobre todo en el Chile central, como lo consigna el V Informe del IPCC de 2014.

Históricamente el agua fue considerada como un recurso «abundante», ilimitado y disponible gratuitamente en la naturaleza. Las antiguas prácticas pasivas —incluso, muchas veces irresponsables—, deben ser reemplazadas por nuevas prácticas sociales, más sustentables y responsables sobre el valor y uso del agua. Los conflictos y los eventos extremos que acompañan al cambio climático generan una movilización reflexiva y crítica, impactado la conciencia de las personas y comunidades de usuarios del agua.

La escasez creciente de agua, junto a los conflictos sociales que esta realidad conlleva, obligan al Estado chileno y su Gobierno a considerar seriamente la opinión de la ciudadanía para definir políticas públicas acordes con criterios de sustentabilidad antes de tomar una decisión que involucre el uso del recurso. De no mediar soluciones que armonicen las necesidades y percepción humanas sobre los derechos y el uso del agua, estos conflictos pueden, en opinión del informe citado, evolucionar hacia eventos violentos de impredecible desarrollo y consecuencias sociales y políticas.

En este contexto, se considera como imprescindible un estudio de percepción ciudadana sobre el valor que la población asigna al agua, conociendo el diagnóstico que hacen de la realidad actual, la priorización de su uso y las proyecciones futuras sobre su disponibilidad real. Esto permite además orientar estrategias y políticas públicas de desarrollo económico y social, que enfrenten los nuevos desafíos ambientales. El presente capítulo muestra algunos de los resultados generales de la encuesta «Percepción y prácticas ciudadanas del valor del agua como bien natural y social: consumo humano, agrícola y minero en Chile en tiempos de cambio climático».

PALABRAS CLAVE: conocimiento, valoración, multiusos, gestión y comportamientos hídricos.

EXPLICACIÓN METODOLÓGICA

El actual informe presenta el análisis estadístico e inferencial de los datos, resultado de la encuesta «Percepción y prácticas ciudadanas del valor del agua como bien natural y social: el consumo humano, agrícola, minero y energético en Chile en tiempos de cambio climático». La aplicación se llevó a cabo en cuatro regiones: Coquimbo, Metropolitana, O'Higgins y Biobío. Su objetivo general fue *estudiar y analizar las percepciones y prácticas de los ciudadanos sobre el valor, derechos, multiusos, conflictos sociales y judiciales, disponibilidad presente y futura del agua y, en particular, estudiar el uso y tensiones en torno al uso del agua en la agricultura y minería en contextos de desregulación institucional e impactos del cambio climático.*

Metodología

La extracción de información se hizo por medio de encuestas, cuya unidad de análisis fueron personas naturales.

POBLACIÓN: todos los habitantes, mayores de 18 años, de las regiones de Coquimbo, O'Higgins y Biobío, más aquellas comunas de la Región Metropolitana que poseen diferentes perfiles económicos, niveles de estrés y uso del recurso hídrico.

MUESTRA: 1.110 habitantes, mayores de 18 años, de las regiones de Coquimbo, O'Higgins y Biobío; más aquellas comunas de la Región Metropolitana que poseen diferentes perfiles económicos, niveles de estrés y uso del recurso hídrico.

Instrumento

La encuesta está compuesta por 37 preguntas que se distribuyen según 16 dimensiones: 1) Conceptualización del agua, 2) Valor del agua, 3) Agua como elemento de identidad, 4) Derechos vinculados al agua, 5) Precipitaciones, 6) Ríos y embalses, 7) Calidad del agua,

8) Multiusos del agua en el Chile actual, en particular su uso en la agricultura, minería y energía; 9) Conflictos en torno al agua, 10) Jerarquización del uso del agua, 11) Escasez hídrica, 12) Sistema actual de regulación del agua en la legislación chilena, 13) Sistema nacional y regional de gestión del recurso hídrico, 14) Cambio climático, 15) Escasez hídrica, 16) Estrategias de mitigación y adaptación frente a la escasez hídrica y 17) Nuevo sistema de gestión sustentable.

Los formatos de respuesta que se incluyen en la encuesta son: preguntas de selección o identificación (escalas graduadas, jerarquización y evaluación) y preguntas abiertas. El análisis psicométrico del instrumento se basó en dos principios psicométricos que garantizaran la calidad de las medidas:

Fiabilidad. Se evaluó el coeficiente de fiabilidad porque representa una buena forma de establecer el grado de aproximación entre las puntuaciones verdaderas y las observadas. El valor obtenido fue de 0,74. Los valores mínimo y máximo son 0 y 1.

Validez. Nos habla del grado en que el uso que pretendemos hacer de las puntuaciones de los tests está justificado. Se examinó la red de creencias y teorías sobre las que se asientan los datos y probó su fuerza y credibilidad por medio del estadístico alpha de Cronbach asociado a un valor de 0,80. Los valores mínimo y máximo son 0 y 1.

Los estadísticos de fiabilidad y de validez obtenidos son indicadores de que el instrumento está funcionando muy bien. Su confección se realizó con el apoyo de diferentes profesionales expertos en temas hídricos y metodológicos de la Universidad de Concepción.

Diseño muestral

El marco muestral se elaboró a partir de los datos del Censo de Población y Vivienda del año 2002. El tamaño de la muestra es de 1.110, asumiendo un error muestral o margen de error de un 3%, asociado a un nivel de confianza que alcanza el 95%.

TABLA I. DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA POR REGIÓN
Y DIVISIÓN URBANO-RURAL

REGIÓN	URBANO	RURAL	TOTAL
Coquimbo	117	28	145
O'Higgins	148	41	189
Metropolitana	235	97	332
Biobío	358	86	444
Total	858	252	1110

Fuente: elaboración propia

El tipo de muestreo realizado fue aleatorio estratificado proporcional, respetando los criterios de estratificación: las comunas y la división urbano-rural.

Procedimiento

El marco muestral se elaboró con 12 a 7 comunas por región, respetando el criterio de proporcionalidad respecto al tamaño de la población. El proceso anterior dio como resultado 7 comunas para la Región de Coquimbo, 10 comunas para la Región de O'Higgins, 12 comunas para la Región del Biobío y 10 comunas de la Región Metropolitana que poseen diferentes perfiles económicos, niveles de estrés y uso del recurso hídrico.

Para determinar cuáles serían las comunas que integrarían la muestra, se realizó una selección al azar, a través del software estadístico SPSS 22. Posteriormente se calculó el tamaño muestral proporcional para cada comuna según la población urbano y rural. Para las comunas que integran la muestra se descargaron los planos (desde la página web: www.obsevatoriourbano.cl). Alguno de ellos se dividieron en sectores según el tamaño de la comuna, por ejemplo, Chillán, de la Región del Biobío, se dividió en 15 sectores, donde se debía aplicar 169 encuestas; mientras que Litueche, de la Región de O'Higgins, no fue dividida porque la cantidad de encuestas —3— no lo requería.

A cada sector se asignó una cantidad de encuestas que debían ser aplicadas por estudiantes de Sociología que cursaran cuarto o quinto año de la carrera, con conocimientos en metodologías de la investigación. La primera aplicación de encuesta por encuestador era un punto arbitrario, desde ahí se trazaba una línea de tres cuadras para poder aplicar la segunda encuesta y así hasta completar con el total de encuestas asignadas a cada encuestador. Método conocido como *guía de rutas*, con el cual se busca asegurar una cobertura geográfica de la muestra. Finalmente, el análisis de los datos se llevó a cabo en el software estadístico SPSS 22.

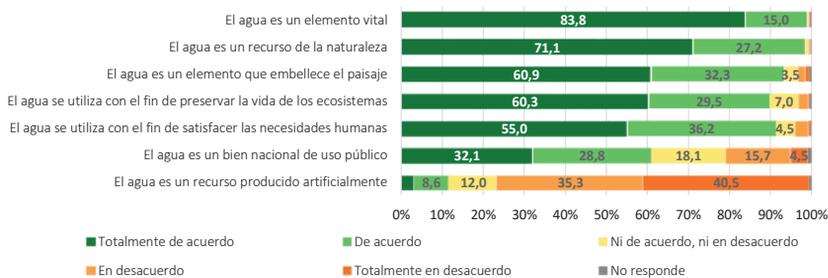
EL AGUA COMO PRINCIPIO DE VIDA

El agua es un bien indispensable para el sustento de la vida humana, la biodiversidad y supervivencia del planeta Tierra.

La investigación estudió precisamente el valor del agua como un bien natural, principio de vida. En este sentido, resultó fundamental conocer el significado que el agua tiene para sus usuarios. Se indagó sobre su conceptualización, el valor que adquiere el recurso hídrico y en los derechos que se le asignan, de acuerdo a los múltiples usos que la caracterizan y son practicados.

En relación al concepto que los usuarios del agua asignan al recurso (gráfico 1), los resultados de la investigación demuestran que existe consenso y niveles de acuerdo importantes (están «de acuerdo» o «totalmente de acuerdo»), por sobre el 90%, en torno a afirmaciones que indican que el agua es un recurso natural, un recurso que satisface necesidades humanas, un elemento que embellece el paisaje y que es clave para la conservación de la vida humana y de los ecosistemas.

GRÁFICO 1. PROCENTAJE DE GRADOS DE ACUERDO Y DESACUERDO RESPECTO A AFIRMACIONES: EL AGUA...



Fuente: elaboración propia

En efecto, el 97% de los encuestados consideró que el agua es un elemento vital. Esta percepción es muy importante al momento de realizar un análisis sociológico. En este sentido, se puede aventurar que se estaría avanzando hacia una sociedad más ecológica y autorreflexiva que podría cambiar, en el mediano plazo, el paradigma sobre el valor y uso del agua.

También pudo deducirse que los encuestados construyeron sus respuestas en torno a adjetivos calificativos equivalentes, con frases cortas y de fácil lectura, dando cuenta de un imaginario social, en torno al agua, claro, sencillo y categórico, lo que se puede sintetizar en: *el agua es vida*.

Existe, además, un cierto nivel de conciencia en el sentido de que el agua no es solo importante para el consumo humano, sino que también permite la existencia de todos los seres vivos que habitan el planeta. Así, por ejemplo, el agua, en la conciencia ciudadana, resulta necesaria para la producción de vegetales, ya sea a través del riego o la lluvia. Por otro lado, el agua es consumida por los animales, por lo que es determinante e imprescindible para su propio desarrollo y sobrevivencia.

EL AGUA COMO ECOSISTEMA Y DERECHO HUMANO

Ahora bien, el agua, como un ecosistema esencial del planeta, funciona y se reproduce constantemente como un ciclo de vida con leyes propias que deben ser respetadas por la acción humana. Funciona regularmente, mientras no sea intervenido ni alterado gravemente por la acción antrópica o por eventos extremos propios del cambio climático global en marcha, que afecta al planeta, a sus diferentes continentes, países y regiones.

Según Callenbach, el ciclo del agua proporciona el entorno propicio para la existencia de la vida. Los organismos de la mayoría de los seres vivos están compuestos en gran parte de agua:

A lo largo de los últimos siglos nuestro sistema industrial ha extraído enormes cantidades de recursos para transformarlos en productos de consumo que posteriormente desechamos, generando basura, en un proceso unidireccional en el que las cosas tienen un solo uso. Esta es una estrategia a corto plazo que no puede prolongarse indefinidamente como ocurre con los procesos de la naturaleza. La estrategia de la vida, que ha perdurado durante miles de millones de años, es utilizar repetidamente, solo en cantidades fijas, las sustancias esenciales presentes en el planeta solo en cantidades fijas, que se reciclan una y otra vez y que están íntimamente asociadas con las acciones de los organismos vivos. Los humanos no podemos alterar la cantidad de estas sustancias esenciales presentes en el planeta; solo podemos aprender a colaborar para que su reciclaje sea eficiente (Callenbach, 1999: 35-36).

Lamentablemente, esta comprensión y colaboración sociedad-naturaleza, acción humana-uso del recurso hídrico, no ha existido durante los siglos de la era industrial. Por el contrario, el modelo neoliberal de estrategia económica ha sobreexigido y sobreutilizado el recurso hídrico, incluso, en determinadas regiones —caso de Chile y otros países latinoamericanos—, ha sobrepasado sus capacidades de reproducción, conforme a su ciclo vital. En efecto, el modelo económico neoliberal primarioexportador, demanda enormes y crecientes cantidades de agua, en contradicción con múltiples usos:

consumo humano, actividad agrícola, productiva, etcétera. Existen, al respecto, muchos ejemplos.

Por ello es indispensable repensar el agua como principio de vida, derecho humano y también como derecho de la naturaleza.

Respecto del uso y derechos del agua, se pidió a los encuestados que indicaran todas las alternativas que consideraran verdaderas en el contexto del Chile actual. Al respecto, más del 67% de los encuestados opina, sin grandes diferencias, que el agua sería un derecho humano, productivo y medioambiental. Sin embargo, otorgan una mayor importancia al agua como un derecho humano, como puede leerse en el gráfico 2.

GRÁFICO 2. GRADO DE ACUERDO / DESACUERDO SOBRE EL TRATAMIENTO JURÍDICO DEL AGUA EN CHILE

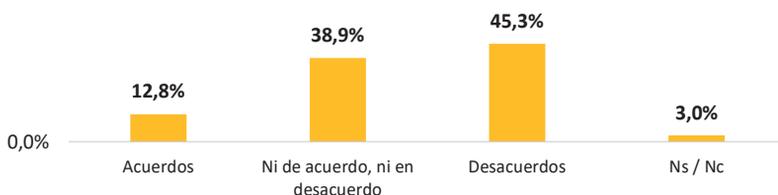


GRÁFICO 3. ALTERNATIVAS QUE CONSIDERA VERDADERA EN CHILE HOY



Fuente: elaboración propia

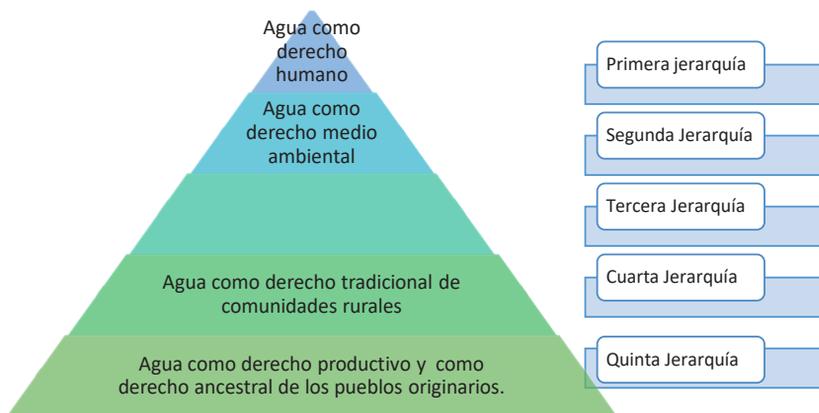
En el ámbito jurídico, la mayoría de los encuestados (45%) no está de acuerdo con el tratamiento jurídico o legal que se le da al agua en Chile, mientras que cerca del 40% se muestra indiferente. Los resultados son un reflejo del sistema de gestión imperante, que no es capaz de regular ni priorizar los derechos vinculados al agua y la ausencia de lineamientos claros y categóricos por parte de las instituciones que deberían hacerse cargo de los temas vinculados al agua.

El agua ha sido tradicionalmente considerada como un bien público común. Sin embargo, este bien público puede ser objeto de abuso y acceso al agua perdida de parte de sectores con poder político y económico. Esta realidad es analizada por autores como Kumar y Singh (2005), quienes lo enmarcan bajo la competencia. Al respecto, ellos plantean varias situaciones que grafican en el actual escenario hídrico: así, por ejemplo, los usuarios aguas arriba pueden tanto disminuir como contaminar el agua que llega a los usuarios intermedios y bajos. Incluso las desigualdades sociales existentes, los conflictos civiles, también físicos, pueden llegar a ser el resultado de la competencia socialmente asimétrica por el agua, como de hecho ocurre en muchas localidades. Desde luego, en localidades donde no existe un marco legal regulatorio establecido, o, cuando este es violado, puede dar lugar a conflictos dentro de las regiones o incluso entre las naciones; especialmente en los casos en que un sector social, empresa o institución pública o privada, extrae el agua en detrimento de los derechos de un tercero. De allí que, precisamente para evitar conflictos, algunos sistemas legales de países establecen prioridades en los derechos de uso de agua, a menudo dando al uso doméstico y urbano una prioridad más alta que el uso industrial o agrícola (FAO, 2010).

Respecto de esta relevante temática, cabe destacar que los encuestados jerarquizaron los derechos sobre el agua que debería reconocerse en Chile en una futura constitución. Se obtuvo el siguiente resultado: el 76% de los encuestados piensa que el agua debe ser considerada como un derecho humano; el 43% de los encuestados creen que el agua debe ser considerada como un derecho medioambiental;

aproximadamente el 32% de los encuestados opina que el agua debe ser considerada como un derecho ancestral de los pueblos originarios y como un derecho tradicional de comunidades rurales y el 36% de los encuestados cree que el agua debe ser considerada como un derecho productivo, en quinto y último lugar en la jerarquía.

FIGURA 1. JERARQUIZACIÓN DE DERECHOS SOBRE EL AGUA



Fuente: elaboración propia

La discusión sobre la jerarquización de los derechos sobre el agua se inscribe y realiza en el contexto de la crisis ecológica que vivimos como planeta, que también se expresa en una crisis hídrica. De ahí la importancia de declarar al agua como un derecho humano. Probablemente las precipitaciones sean uno de los indicadores más importantes que nos permitan comprender este fenómeno ecológico.

Por lo mismo, resulta paradójal que en la actualidad se discuta y no se decida con la debida urgencia sobre el derecho al agua como un derecho humano. La crisis ecológica que vivimos como planeta, que se expresa también en una crisis hídrica, hace emerger la necesidad de declarar el agua como un derecho humano. Sin agua no hay vida humana ni natural. Probablemente, el derecho humano al agua es el último derecho que nos queda para sobrevivir a los desastres y al colapso planetario. Es precisamente el derecho común que puede salvar el planeta y la vida.

ESCASEZ CRECIENTE DEL AGUA DULCE: CRISIS HÍDRICA

En el pasado el agua era considerada un recurso «abundante», ilimitado y disponible gratuitamente en la naturaleza. Ahora bien, las antiguas prácticas pasivas, inconscientes e irresponsables serán —se espera— reemplazadas por nuevas prácticas sociales, más sustentables y responsables, sobre el valor y uso del agua. Los conflictos y los eventos extremos que acompañan al cambio climático (sequías y las precipitaciones violentas, que producen desastres), podrán trastocar reflexivamente la conciencia de las personas y comunidades de usuarios del recurso agua, ya se trate de ciudadanos o empresarios.

En efecto, los fenómenos socioecológicos están haciendo cambiar la percepción —y, eventualmente, las prácticas ciudadanas— sobre el valor del agua, esta vez enraizada en el mundo de la vida, clarificando sus limitaciones y sus funciones ecosistémicas. En este sentido, puede sostenerse que se avanza hacia una sociedad más ecológica y autorreflexiva que puede cambiar el paradigma sobre el valor y los usos del agua. Una nueva conciencia y cultura sobre este primordial recurso natural es indispensable para enfrentar los nuevos desafíos que necesariamente presentarán, a las estrategias y políticas públicas de desarrollo económico y social, los escenarios futuros de escasez del agua. Sin embargo, aún falta mucho para que los ciudadanos tomen plena conciencia sobre la situación de escasez en que se encuentra el recurso hídrico y las amenazas ambientales y climáticas que se ciernen para su sustentabilidad en el futuro.

El agua dulce es un recurso vital escaso a nivel planetario, relativamente renovable en tiempos de cambio climático, irreversiblemente en marcha. En el caso de Chile, el IPCC (2014) y fuentes nacionales diagnostican para el país una disminución importante —cerca de un 25% de reducción de norte a sur— del recurso hídrico en las décadas venideras, con los consiguientes impactos sociales y económicos.

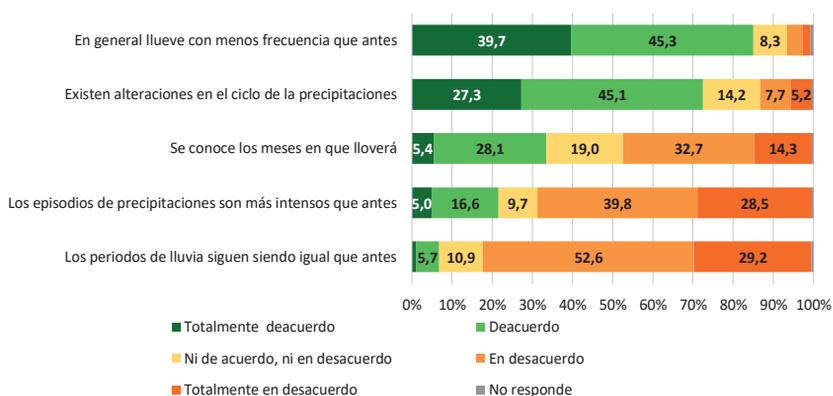
En efecto, el cambio climático global afectará considerablemente la disponibilidad del recurso hídrico a nivel global, afectando a regiones y especialmente a diversos países, también a Chile, como lo consigna el V Informe del IPCC de 2014. Esta situación, según

el referido Informe, agravará las situaciones de estrés hídrico en el transcurso del presente siglo XXI, obligando a definir complejas estrategias y políticas públicas de adaptación a los nuevos escenarios. Todo lo anterior podría estar generando un cambio de percepción y conciencia de los ciudadanos respecto de la importancia, valor y significado del agua en sus vidas.

ALTERACIONES DEL CICLO DE LAS PRECIPITACIONES

La percepción ciudadana respecto de los cambios que ha experimentado el ciclo de precipitaciones —fenómeno fuertemente condicionado por los efectos del cambio climático—, muestra claramente señales conscientes de las alteraciones que efectivamente han ocurrido. En efecto, los encuestados, al ser consultados por sus niveles de acuerdo con relación a una serie de afirmaciones referidas a las precipitaciones, perciben una alteración en las precipitaciones respecto a la frecuencia, intensidad y cantidad de las precipitaciones, como puede observarse en el gráfico siguiente (4).

GRÁFICO 4. PORCENTAJES DE GRADOS DE ACUERDO / DESACUERDO DE AFIRMACIONES SOBRE LAS PRECIPITACIONES.



Fuente: elaboración propia.

Se puede observar en el gráfico 5, que un porcentaje muy minoritario de los encuestados cree que los períodos de lluvia siguen siendo igual que antes (5,7%), mientras que la inmensa mayoría (el 81,8%) piensa que ha sufrido alteraciones significativas y a un 10,9% le resulta indiferente. Por otra parte, el 21,6% de los encuestados cree que los episodios de precipitaciones son más intensos que antes; el 68,3% piensa lo contrario y al 9,7% le es indiferente. El 47% de los encuestados asegura no conocer *a priori* los meses en que lloverá, el 33,5% señala que conoce los meses en que lloverá y al 19% le es indiferente. El 72,4% de los encuestados cree que existen alteraciones importantes en el ciclo de las precipitaciones, el 12,9% piensa lo contrario y el 14,2% se muestra indiferente. En resumen, el 85% de los encuestados cree que la frecuencia de la lluvia es menor a la de antes.

Profundizando las respuestas sobre las alteraciones en el ciclo de las precipitaciones, se podría sintetizar lo siguiente:

Cantidad: existe la percepción de que está lloviendo menos que antes. El 45% de los encuestados indica que ha percibido un cambio en la cantidad de precipitaciones; 7% acusa ausencia de lluvias, un 37% declara que la cantidad de aguas lluvias percibidas es menor que en años anteriores y solo un 1% de los encuestados piensa que la cantidad de precipitaciones es mayor que años anteriores.

Predicción: existe la percepción de que las aguas lluvias son impredecibles, no se puede saber con exactitud cuándo lloverá. El 15% de los encuestados señalan que no se pueden predecir las precipitaciones, solo 0,1% opina lo contrario.

Intensidad: existe la percepción de que la intensidad de la lluvia es mayor. El 11% de los encuestados señala que ha notado un cambio en la intensidad de las precipitaciones. Un 3% indica que la intensidad es menor y un 8% de los encuestados cree que la intensidad de las precipitaciones es mayor que la de años anteriores.

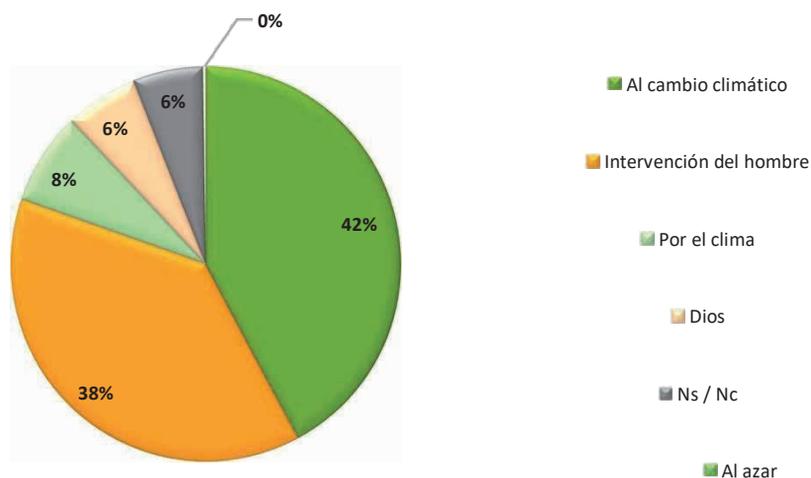
Duración: existe la percepción de que los períodos de lluvia son más cortos que años anteriores. Un 9% de los encuestados piensa que los períodos de lluvia son más cortos que años anteriores y solo

un 0,1% cree que los períodos de lluvia son más largos que años anteriores.

En el inicio de la temporada: existe la percepción de que el inicio de la temporada de lluvias es tardío. Un 4% de los encuestados indica que el inicio de la temporada de lluvias se está atrasando respecto a los inicios de temporadas de lluvias de los años anteriores, solo un 0,1% opina lo contrario.

Ahora bien, a las personas que percibían alteraciones importantes en el ciclo de las precipitaciones (72% de los encuestados), se les pidió que indicaran aquella alternativa que, a su juicio, explica las alteraciones en el ciclo de las precipitaciones. El 42% de los encuestados indicó que la alteración en el ciclo de las precipitaciones se debía al cambio climático; un 38% cree que las alteraciones se deben a intervenciones del hombre; un 8% piensa que las alteraciones se deben al clima, un 6% piensa que Dios es el causante de dicha alteración, un 6% no sabe y solo un 0% cree que las alteraciones se debe al azar.

GRÁFICO 5. ALTERACIONES DEL CICLO DE LAS PRECIPITACIONES SE DEBEN A...



Fuente: elaboración propia

Esta percepción ciudadana es coincidente con datos de evidencias físicas proporcionados por investigaciones como, por ejemplo, la investigación realizada por Maisa Rojas (2012: 35-49) de la Universidad de Chile; el informe del IPCC 2014 y el informe de la Política Nacional para los Recursos Hídricos 2015 (Ministerio del Interior y Seguridad Pública, 2015), entre otros. Los estudios señalan que cada vez lloverá más intensamente y por períodos más cortos de tiempo. Así también, los registros de la Dirección Meteorológica de Chile indican que las precipitaciones tienden a disminuir en la zona central del país.

Para Rojas (2012), la variación en la temperatura será uno de los efectos cruciales en Chile, en una situación proyectada hasta finales del presente siglo. Estos datos se sumarán a otras condiciones, como variaciones considerables en los ciclos de las precipitaciones, que afectarán a gran parte del país y que se manifestarán en una constante disminución de las lluvias, a excepción de zonas como Magallanes, donde, de acuerdo con los estudios, se observa un aumento en las lluvias para la mitad de este siglo.

Otro indicador importante relacionado con la crisis hídrica lo constituyen las fuentes de agua como ríos y embalses, por ello es muy importante considerar también la percepción de los ciudadanos sobre estos cuerpos de agua.

RÍOS, LAGUNAS Y EMBALSES

La gran mayoría de los encuestados (90%) percibe que la sequía afecta gravemente a ríos y lagunas. Alrededor de un 80% percibe y opina que en invierno los ríos llevan menos agua que antes. Percepción que es coherente con la información de la red hídrica y de los acuíferos brindados por la DGA (2016).

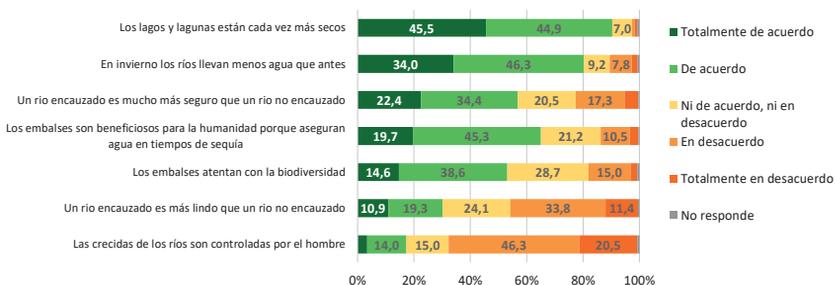
Con relación a los ríos encauzados —aquellos cuyos cauces son intervenidos—, la mayoría (56%) de los encuestados opina que «un río encauzado es mucho más seguro que un río no encauzado». Sin embargo, más del 60%, contradictoriamente, sostiene que «las crecidas de los ríos no son controladas por el hombre». En efecto,

con cierta frecuencia se producen crecidas amenazantes de ríos que invaden localidades residentes.

Por otra parte, respecto de los embalses, más del 50% de los encuestados opina que «los embalses atentan contra la biodiversidad». En este sentido, Rodríguez (2010) señala que cualquier cambio sobre el sistema fluvial, especialmente en lo referente al caudal, altera su estabilidad y comienza un proceso de restablecimiento natural. Ante alteraciones morfológicas, el río se ve obligado a cambiar su estado de equilibrio, con consecuencias e impactos en sitios alejados del área donde sucedió el cambio. Cualquier obra construida en el cauce de un río, en su llanura de inundación, afecta su equilibrio general.

Al mismo tiempo, cerca del 65% de los encuestados opina que «los embalses son beneficiosos para la humanidad porque aseguran agua en los tiempos de sequía». Al respecto, y de acuerdo con la información disponible en la DGA (2010), a nivel nacional existen 62 embalses de acumulación destinados, en su mayoría, a riego y agua potable, los que alcanzan una superficie embalsada de 114 km². Las cuencas de los ríos Limarí, Maipo y Maule, concentran el 75% de la superficie embalsada para riego y agua potable del país.

GRÁFICO 6. GRADO DE ACUERDO Y DESACUERDO SOBRE LA PERCEPCIÓN DE RIESGO Y DE ALTERACIONES DEL CICLO DEL AGUA EN RÍOS Y LAGUNAS



Fuente: elaboración propia

Es resumen, las personas encuestadas están conscientes de las alteraciones profundas que ocurren en el ciclo de precipitaciones,

también de que la sequía está afectando a nuestros ríos, lagunas y embalses, cuestión que trae aparejadas una serie de consecuencias, tales como la disminución del agua disponible para su uso en diversas actividades, tanto productivas como domésticas. Sobre esta temática, en especial, el cuestionario contempló distintas preguntas referidas a los multiusos del agua en el Chile actual, su uso en la agricultura, minería y energía.

MULTIUSOS DEL AGUA: AGRICULTURA, MINERÍA Y ENERGÍA

Respecto a los distintos usos que puede tener el agua, se pidió a los encuestados que jerarquizaran de mayor a menor, aquellas actividades que utilizan más agua.

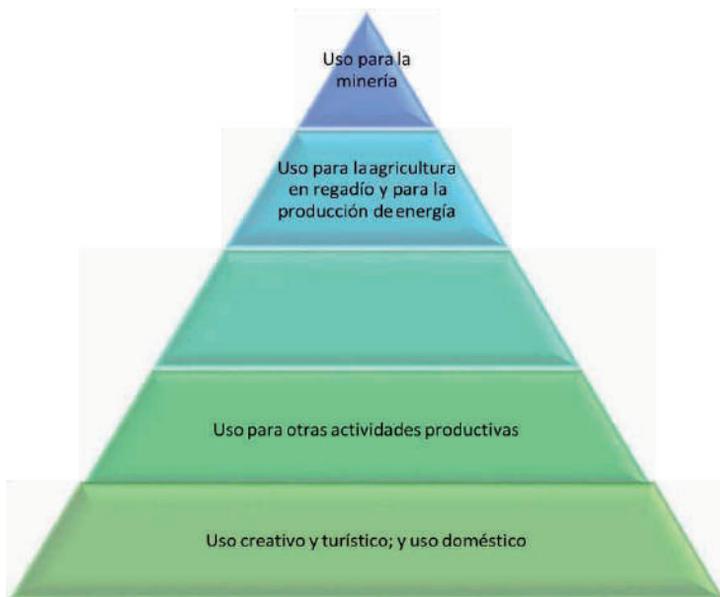
TABLA 2. PORCENTAJES DE JERARQUIZACIÓN DE USOS DE AGUAS

USOS DEL AGUA	1	2	3	4	5	6
Uso para la minería	38,2	18,2	10,2	12,3	10,9	9,3
Uso para la agricultura de regadío	19,2	29,6	24,6	14,5	8,2	3,3
Uso para la producción de energía	19,8	27,5	22,1	13,4	11,4	4,8
Uso para otras actividades productivas	2,5	6,4	18,6	27,7	24,1	19,9
Uso recreativo y turístico	2,0	5,0	8,9	15,4	26,6	41,2
Uso doméstico (agua potable y alcantarillado)	19,5	12,4	14,2	15,8	17,3	20,3

Fuente: elaboración propia

Como resultado se obtuvo que:

FIGURA 2. JERARQUIZACIÓN DE USOS DEL AGUA



Fuente: elaboración propia

El 38% de los encuestados cree que la minería es la actividad que utiliza más agua, posicionándola en el primer lugar de la jerarquía. Aproximadamente un 28% de los encuestados cree que la agricultura y producción de energía son las segundas actividades que utilizan más agua, ubicándolas en el segundo escalón de la jerarquía. El 27% de los encuestados piensan que el uso del agua en otras actividades productivas se posiciona en el cuarto lugar de la jerarquía. Por último, un 41 y 20,3% de los encuestados creen que el agua usada en el sector turístico y el agua para el uso doméstico, respectivamente, son las que menos agua utilizan.

Por su parte, según el informe del Ministerio de Obras Públicas (MOP), «Chile cuida su agua, estrategia nacional del recurso hídrico 2012-2025», el sector agrícola es el principal usuario de agua, con extracciones de alrededor de un 73%, mientras la minería y los usos industriales comparten un 21%. La hidroelectricidad efectúa el mayor uso no consuntivo del recurso hídrico. El nivel de competencia entre estos usos varía a lo largo del país y es particularmente

agudo en las áreas norte y central, donde, desde mediados del siglo XX, toda el agua superficial ya fue asignada.

Respecto a las actividades que usan agua, se quiso saber si existe una percepción de incremento en la utilización del recurso hídrico, es decir, si la cantidad de agua utilizada es o ha sido constante en el último tiempo. Para ello se les preguntó: «Si cree que ha habido un incremento en el uso del agua, ¿en qué actividad se ha notado más?». Un 7% de los encuestados cree que no ha habido aumento en el uso de agua por alguna de las actividades (minería, agricultura, producción de energía, otras actividades productivas, recreación y turismo, uso doméstico). En cambio, aproximadamente un 86% aprecia que el uso del agua ha aumentado, percibiendo a la minería y al sector domésticos como las actividades que más han incrementado la tasa de utilización del recurso hídrico, seguidos por la agricultura, actividades productivas, producción de energía y turismo.

La percepción de los entrevistados es que el uso del agua ha aumentado, ello es coherente con información entregada por la DGA en 2004, que señala que efectivamente el consumo de agua en los distintos sectores productivos ha experimentado un crecimiento importante, cercano al 100% entre 1990 y 1999, y al 160% entre 1990 y 2002.

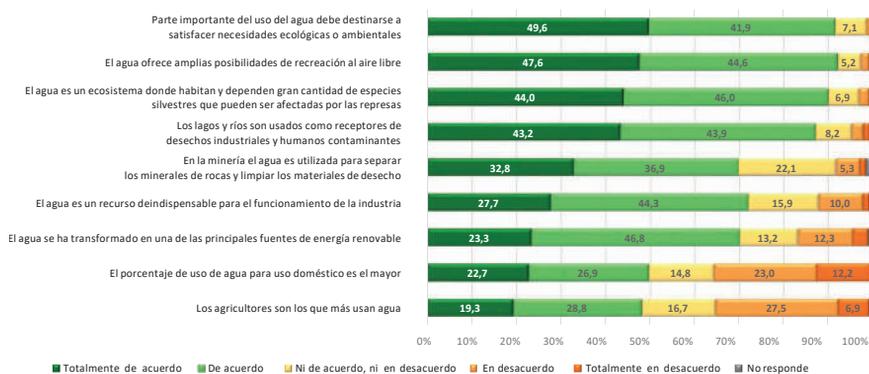
TABLA 3. ACTIVIDADES EN LAS QUE SE PERCIBE UN INCREMENTO EN EL USO DEL AGUA

	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Domésticos	278	25,0
Minería	274	24,7
Agricultura	140	12,6
Actividades productivas	105	9,5
Energía	99	8,9
No ha habido cambios	73	6,6
No sabe	56	5,0
Recreativo y turismo	36	3,2
Otros	21	1,9

Fuente: elaboración propia

Respecto a los multiusos de agua, se expuso a los entrevistados las siguientes afirmaciones.

GRÁFICO 7. GRADO DE ACUERDO / DESACUERDO FRENTE A AFIRMACIONES DE USOS DE AGUAS



Fuente: elaboración propia

CONFLICTOS SOCIOAMBIENTALES EN TORNO AL AGUA

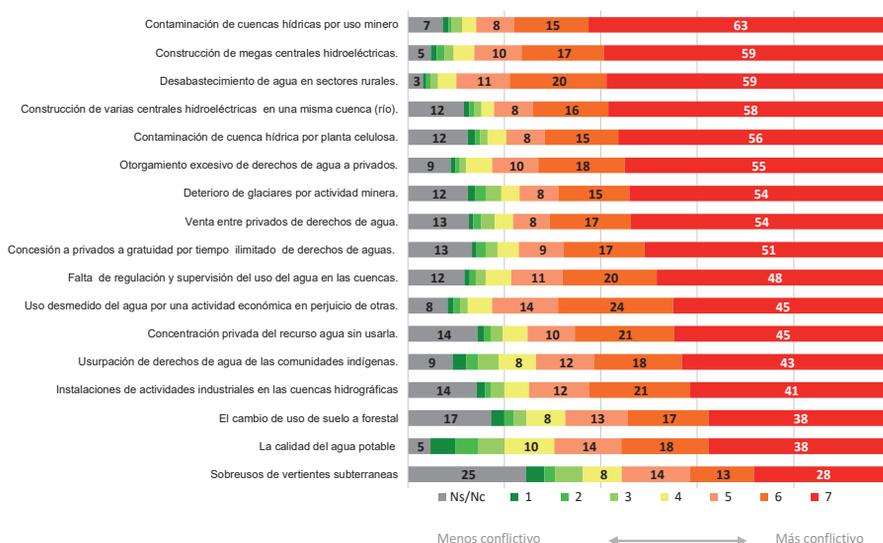
La escasez del agua conlleva necesariamente el surgimiento de conflictos por los derechos, usos y prácticas económicas y sociales. Estos conflictos, al no ser debidamente regulados, pueden derivar en otros más violentos, con el peligro desestabilizador de la vida política y social que ello conlleva.

Hoy existe en Chile una cantidad significativa de conflictos por el agua, importantes megaconflictos de norte a sur, todos vinculados a megaproyectos económicos que requieren de agua en sus procesos productivos. En el norte, los conflictos se concentran básicamente entre actividades mineras y las comunidades locales. En el centro y el sur responden a actividades agroindustriales e hidroeléctricas y, en menor medida, mineras. Muchos de estos conflictos no presentan alternativas de solución y, por lo mismo, terminan judicializándose.

Movimientos ciudadanos y localidades encabezan las protestas, otorgándole clara visibilidad al conflicto, a su naturaleza diversa. Estos movimientos ambientales, presentes en todo el país, constituyen

expresiones vivas y testimoniales del proceso de toma de conciencia ciudadana sobre la necesidad de proteger el recurso hídrico, especialmente de introducir regulaciones que permitan su distribución equitativa. Los encuestados valoraron entre 1 (nada conflictivo) y 7 (muy conflictivo) distintas situaciones conflictivas. Las tres evaluadas como más conflictivas son: la contaminación de cuencas hídricas por uso minero, la construcción de varias centrales hidroeléctricas en una misma cuenca y el desabastecimiento de agua en sectores rurales.

GRÁFICO 8. PERCEPCIÓN SOBRE EL NIVEL DE CONFLICTIVIDAD FRENTE A ALGUNAS SITUACIONES QUE SE VIVEN EN CHILE



Fuente: elaboración propia

Lo anterior remite a problemas asociados a la minería, al sector hidroeléctrico y a la agricultura. Si observamos las medias obtenidas de las evaluaciones realizadas por los encuestados sobre los niveles de conflictividad, el valor máximo es igual a 6,36, correspondiente a la problemática «Contaminación de cuencas hídricas por uso minero»; mientras que el valor mínimo es igual a 5,38, correspondiente a la problemática «Sobreusos de vertientes subterráneas». De este

modo, todas las situaciones han sido percibidas por los encuestados con niveles altos de conflictividad. Ello podría ser un indicador de sensibilidad frente a temas relacionados con el agua, una forma de expresar su desacuerdo frente a la gestión del recurso hídrico que ha tenido y tiene Chile hoy.

Ahora bien, para profundizar en los problemas en torno al agua se preguntó a los encuestados: «¿Qué problemas ha tenido o tiene usted en torno al agua?». Más de un 60% de los encuestados ha tenido o tienen problemas en torno al agua, mientras que un 37% de los encuestados declara que no ha tenido problemas en torno al agua. Aproximadamente un 20% de los encuestados señala que tiene el problema de la calidad del agua potable, un 12% tiene problemas de suministro de agua (cortes de agua inesperados, falta de presión de agua, agua barrosa posreparaciones), un 10% se ve afectado por el alza de precio del agua y un 10% tiene problemas con la falta de agua (sequía, disminución en caudal de ríos, no agua suficiente para el regadío). El problema más recurrente en torno al agua, que han tenido o tienen los encuestados, es la calidad del agua potable.

En general, los resultados indican la diversidad y profundidad del nivel de los conflictos existentes entre usuarios y administradores del suministro de este vital recurso. Expresa también el nivel de conciencia ciudadana sobre el tema y la urgente necesidad de regular el uso del recurso hídrico para evitar futuros conflictos y superar los actualmente existentes. Además, los conflictos por multiusos y sobreexplotación del recurso hídrico se agravan como consecuencia del impacto del cambio climático, debido a la disminución del agua.

CAMBIO CLIMÁTICO Y DISPONIBILIDAD DE AGUA

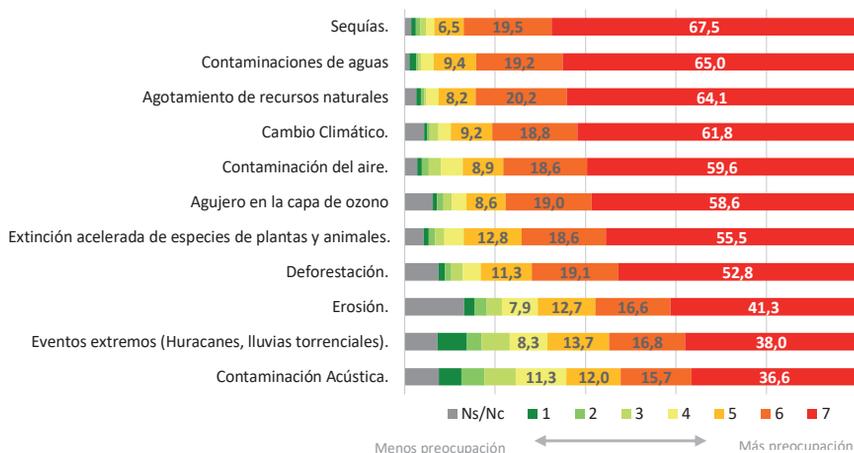
El cambio climático se ve reflejado directamente en los efectos que este produce sobre el agua (Montalva, 2013). Varios países ya sufren una alta reducción y escasez del recurso hídrico, o se encuentran bordeando los límites de las reservas existentes. De acuerdo con el Programa Mundial de Evaluación de Recursos Hídricos de las Naciones Unidas (United Nations World Water assesment

Programme [UN-WWAP], 2014), la situación actual se agravará aún más en las décadas siguientes. Esta disminución de los recursos hídricos tiene una serie de impactos económicos y sociales. En verdad, la escasez hídrica se presenta como uno de los principales retos para la sustentabilidad de los sistemas agrícolas y agroalimentarios, principalmente en las regiones áridas y semiáridas del planeta (Maleksaeidi & Karami, 2013).

En la actualidad existe un amplio consenso científico en el sentido de que el fenómeno del cambio climático es un hecho inequívoco, causado principalmente por la acción del hombre. «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).

Los encuestados no se encuentran al margen de esta realidad. Es así que, entre los problemas ambientales analizados, la muestra expresa mucha preocupación por sequías, agotamiento de los recursos naturales, contaminación de aguas, agujero en la capa de ozono e impactos del cambio climático. Le sigue, en orden de importancia, la contaminación del aire, la extinción acelerada de especies de plantas y animales y la deforestación. Por último, otorgan también importancia a problemas como erosión, eventos extremos y contaminación acústica.

GRÁFICO 9. EVALUACIÓN DE PROBLEMAS AMBIENTALES



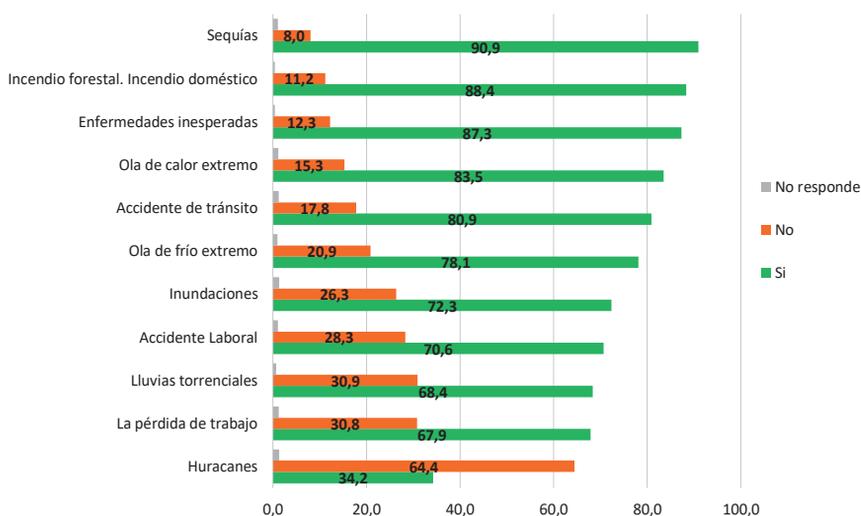
Fuente: elaboración propia

Los encuestados consideran muy preocupantes todos los problemas ambientales derivados del cambio climático que se les presenta. Es decir, estamos frente a una población que se muestra muy sensible frente a los diferentes tipos de riesgos que afectan a la sociedad, cuestión que, sin duda, se interrelaciona y entiende en el contexto de riesgos y catástrofes al que Chile ha estado sometido en su historia republicana, particularmente en las últimas décadas.

A continuación, se presentó a los encuestados un listado de eventos extremos y se les pidió que indicaran si estos pueden, o no, afectar su futuro cercano. Al respecto se puede observar (gráfico 10) que el nivel de riesgo percibido sobre los problemas es alto. Así, por ejemplo, más del 65% de los encuestados cree y teme que podría ser afectado en su futuro cercano por 10 de 11 de los problemas señalados en la encuesta. Esta percepción es coherente con los fenómenos proyectados para Chile por el documento «Plan nacional de aportación al cambio climático», elaborado por la Oficina de Cambio Climático del Ministerio del Medio Ambiente (2014). En efecto, en este documento se describen los impactos en la temperatura, las precipitaciones, eventos extremos e impactos a nivel sectorial, todos fenómenos climáticos que ponen en peligro componentes del medio

ambiente en que habita una comunidad y que representa también un impacto sobre su tejido socioeconómico, redes de relaciones interpersonales y vida social, en general.

GRÁFICO 10. RIESGOS PARA LA VIDA DEL ENCUESTADO QUE PODRÍAN AFECTAR EN EL FUTURO CERCANO



Fuente: elaboración propia

La escasez hídrica conlleva necesariamente el surgimiento de conflictos por derechos, usos y prácticas económicas y sociales. Estos conflictos, al no ser debidamente regulados, pueden derivar en problemas en torno a la legislación. Por lo mismo, es urgente conocer la percepción sobre la actual legislación chilena, que debería regular las presiones que enfrenta el recurso hídrico en el país.

(DES)REGULACIÓN DEL AGUA EN LA LEGISLACIÓN CHILENA: SISTEMA NACIONAL Y REGIONAL DE GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

El tema de la regulación o desregulación de la gestión del recurso hídrico presenta su complejidad. No se debe solamente a la existencia de diferentes y contradictorios cuerpos legales e instituciones

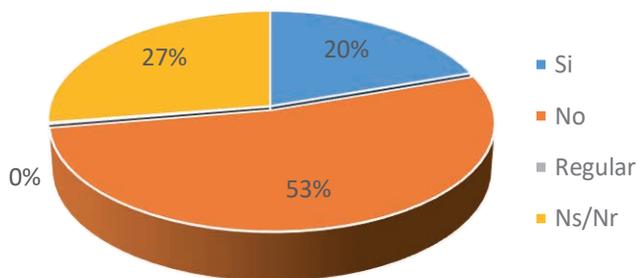
relacionadas con este importante recurso, sino también a una cierta distancia o «indiferencia» ciudadana frente a la realidad legal e institucional del agua, como queda demostrado en las respuestas expresadas por los encuestados.

En el gráfico 11 se puede apreciar lo expresado anteriormente: solo el 20% de los encuestados está de acuerdo con el sistema actual de regulación del agua en la legislación chilena. La mayoría de este segmento no justifica su respuesta y solo unos pocos sostienen que nunca le ha afectado ni ha tenido algún problema, por ello supone que la legislación chilena en temas de la regulación del agua estaría bien. Un porcentaje menor piensa que el sistema actual de regulación del agua en la legislación chilena está bien, pero, al mismo tiempo, sostiene que podría mejorarse.

Por otra parte, el 53% de los encuestados afirma no estar de acuerdo con el sistema actual de regulación del agua en la legislación chilena. Dentro de este porcentaje se observa que la gran mayoría, a pesar de exponer su desacuerdo con la legislación chilena en temas de regulación de agua, no justifica su respuesta. Un porcentaje menor expresa no estar de acuerdo porque existe una desigualdad sobre los derechos del agua, en manos de privados, en desmedro de personas naturales. El dinero es el actual factor regulador del agua, ya que solo con dinero se accede a ella. El Estado no cumple con las funciones de regulación, de ahí que es necesaria y urgente la creación de organismos reguladores.

Resulta también sorprendente que el 27% de los encuestados no contesta o no responde a la pregunta, sumado al alto porcentaje que expresa una postura, pero no es capaz de justificar su respuesta, podría ser un indicador de que existiría falta de información por parte de los usuarios de agua, lo que conlleva una pérdida de influencia sobre decisiones que se han tomado, o se pueden tomar, respecto a lo concerniente al agua.

GRÁFICO 11. ¿CONSIDERA ADECUADA LA ACTUAL INSTITUCIONALIDAD DE GESTIÓN DEL AGUA?



Fuente: elaboración propia

Existe en Chile una contradicción entre el Código de Aguas de 1981, que reconoce a las aguas como un «bien público» —«Las aguas son bienes nacionales de uso público y se otorga a los particulares el derecho de aprovechamiento de ellas, en conformidad a las disposiciones del presente código» (artículo 5°, Código de Aguas, 1981)— y la prerrogativa del Estado, a través de la Dirección General de Aguas, que concede derechos de aprovechamiento de aguas con carácter gratuito y a perpetuidad a privados, amparado por la Constitución Política —dictada por la dictadura militar, privatizadora de los recursos— que consagra la propiedad privada del agua: «Los derechos de los particulares sobre las aguas, reconocidos o constituidos en conformidad a la ley, otorgarán a sus titulares la propiedad sobre ellos» (artículo 19, número 24, Constitución Política 1980).

La escasez creciente de agua y los conflictos sociales que esta realidad conlleva obligan al Estado chileno, y su gobierno, a considerar seriamente la opinión de la ciudadanía para definir políticas públicas acordes con criterios de sustentabilidad antes de tomar una decisión que involucre el uso del recurso. De no mediar soluciones que armonicen las necesidades y percepciones humanas sobre los derechos y el uso del agua, estos conflictos pueden, según consigna el V Informe de IPCC (2014), evolucionar hacia eventos violentos de impredecible desarrollo y consecuencias sociales y políticas. Por lo mismo, resulta imprescindible realizar estudios de percepción sobre el

valor que la población asigna al agua, sobre el diagnóstico que hacen de su realidad actual, las prioritizaciones de su uso y las proyecciones futuras de su disponibilidad real. La percepción será contrastada en el estudio con las prácticas cotidianas tanto de los ciudadanos como de los empresarios del rubro de la agricultura y minería.

En el transcurso de tiempo desde que se tramita la reforma al Código de Aguas hasta la fecha, la situación hídrica del país ha acrecentado su gravedad, y en cada vez más lugares la situación se ha vuelto extrema. De acuerdo al Atlas del Agua de la Dirección General de Aguas, en el país hay 101 cuencas hidrográficas, en 75 de las cuales, entre el 2008 y 2015, se han dictado decretos de escasez hídrica. De hecho, hay cuencas del país, como Petorca o La Ligua, donde se viola de forma permanente el derecho humano al agua, tal como lo consignan el Informe de Derechos Humanos de la Universidad Diego Portales del año 2013 y el Informe de la Misión de Observación del INDH del año 2014.

Según el Reporte del Estado del Medioambiente 2015, del Ministerio de Medioambiente, la demanda de agua excede a la oferta disponible entre las regiones de Arica y Metropolitana; vale decir, la presión sobre las aguas en más de la mitad del país es sumamente alta. De hecho, en regiones del sur del país, como La Araucanía o Los Ríos, la situación hídrica asociada a la presión del monocultivo forestal ha generado déficits hídricos crecientes, afectando la pequeña agricultura y el consumo humano. Asimismo, según el Informe de Desempeño ambiental de Chile 2016, elaborado por la OCDE, los crecientes estados de emergencia hídrica y agrícola para diversas comunas del país acarrearán un creciente gasto para los municipios afectados.

Por su parte, según lo que consignan las proyecciones de la Política de Recursos Hídricos 2015, la demanda hídrica crecerá entre un 35% y 60% al año 2025, lo que permite avizorar un crecimiento exponencial de la presión sobre las aguas del país (Mondaca & Faúndez, 2016)

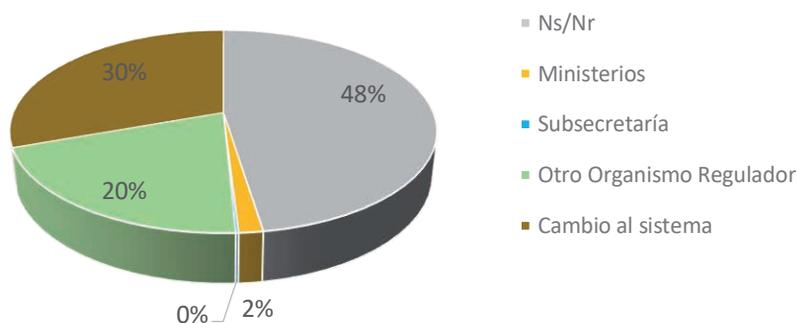
Se requiere urgente una nueva legislación que se haga cargo de las presiones que enfrenta el recurso hídrico en el país, para avanzar hacia una regulación sustentable del recurso, antes de que sea demasiado tarde y se agudice la crisis hídrica.

DESINFORMACIÓN SOBRE GESTIÓN INSTITUCIONAL

Para ampliar el tema institucional se requirió respuestas específicas a los encuestados, que declararon no estar de acuerdo con el sistema actual de regulación del agua. Se les preguntó: ¿Cuál sería la mejor alternativa de una adecuada institucionalidad del agua?

Las respuestas a esta interrogante reflejan nuevamente la desinformación en que se encuentran los usuarios. En efecto, solo el 20% de los encuestados cree que es necesario crear otro organismo que se preocupe de regular el uso del agua, promoviendo la igualdad sobre el acceso al recurso hídrico, que garantice los intereses y derechos de los habitantes y de los más desabastecidos. Un 30% no ve la necesidad de una nueva alternativa de institucionalidad del agua; sin embargo, plantea la necesidad de introducir cambios al sistema mediante una reforma al código de aguas o cambios en la legislación, así como que exista una mayor fiscalización.

GRÁFICO 12. ¿CUÁL SERÍA LA MEJOR ALTERNATIVA DE UNA ADECUADA INSTITUCIONALIDAD DEL AGUA?



Fuente: elaboración propia

Definir una nueva alternativa de institucionalidad parece, en la percepción de los encuestados, un trabajo difícil, sobre todo cuando estamos frente a una población que carece de información y de herramientas técnicas. Esta incapacidad de plantear una nueva alternativa de institucionalidad expresa la falta de socialización sobre temas

en torno al agua. Sin embargo, se aprecia una disconformidad que exige que «algo» se ocupe de racionalizar y coordinar las múltiples competencias de organismos estatales y que asegure la planificación del recurso, la asignación, protección, fiscalización y resolución de conflictos. Todo esto con asesoría técnica y que responda a las necesidades de la población.

Los encuestados exigen la definición de una estrategia nacional del recurso hídrico, que perfeccione el marco institucional existente y desarrolle instrumentos legales y administrativos de gestión sustentable.

La institucionalidad vinculada con la gestión de las aguas en Chile es amplia y compleja e involucra a organismos muy diversos, de distintos sectores, públicos y privados, del país.

¿NUEVA INSTITUCIONALIDAD HÍDRICA?

A pesar de las opiniones registradas anteriormente, que reflejan desinformación y desorientación, las mismas personas encuestadas expresan otras respuestas ante una pregunta más directa, que las coloca frente a alternativas de afirmaciones (acuerdo o desacuerdo), referidas a la gestión del recurso hídrico. Ello se desprende del gráfico 13.

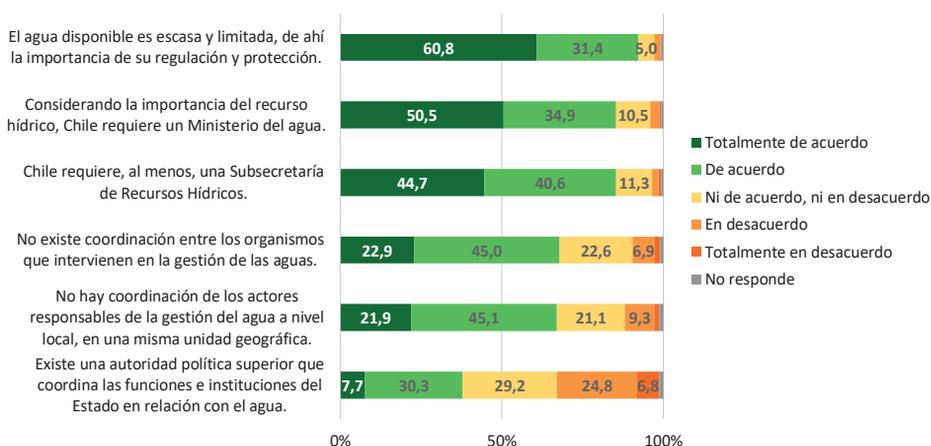
El 92,2% de los encuestados expresa su conformidad con la afirmación: «el agua disponible es escasa y limitada, de ahí la importancia de su gestión y protección». En la actualidad, es conocido que las funciones de gestión del recurso hídrico en Chile son ejercidas por la DGA y por 43 organismos involucrados, lo que sin duda dificulta cumplir con la función pública de protección.

El 85,4% de los encuestados, considerando la importancia del recurso hídrico, opina que Chile requeriría de un «Ministerio del Agua» y un 85,3% de los encuestados señala que «Chile requiere, al menos una Subsecretaría de Recursos Hídricos». Ambas respuestas confirman la idea sobre una falta de institucionalidad adecuada, moderna, de gestión del agua. Si observamos en las respuestas de la pregunta anterior (¿Cuál sería la mejor alternativa de una adecuada

institucional del agua?), no le dieron nombre a esta nueva institucionalidad exigida, pero cuando se les pone frente a las alternativas de Ministerio del Agua o Subsecretaría de Recursos Hídricos, no dudan en estar de acuerdo con ellas como nuevas alternativas de institucionalidad.

Esta aparente contradicción es el reflejo de la falta de información y reflexión sobre el tema.

GRÁFICO 13. GRADOS DE ACUERDO Y DESACUERDO SOBRE AFIRMACIONES DE GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO



Fuente: elaboración propia

Resulta interesante la respuesta respecto de los niveles de (des) coordinación de las instituciones relacionadas con la gestión del recurso hídrico. En efecto, el 85,3% de los encuestados expresan que «No existe coordinación entre los organismos que intervienen en la gestión del agua» y, el 67%, que «No hay coordinación de los actores responsables de la gestión del agua a nivel local, en una misma unidad geográfica». Esta percepción de falta de coordinación institucional podría tener una directa relación con la necesidad de exigir una nueva institucionalidad.

En el contexto de esta compleja realidad hídrica, se discute actualmente en el terreno político la posibilidad de introducir cambios en la legislación del agua. El Gobierno propone crear una Subsecretaría del Agua y una limitación a 30 años de la concesión de derechos de uso. Lo que no está claro es si esta limitación se refiere solo a los derechos no concedidos y o si se extiende a los ya concedidos, que, por cierto, constituyen un porcentaje muy alto del recurso de agua existente (cerca de un 90%). En otras palabras, lo que restaría por regular sería tan solo el 10% del recurso aún no asignado.

Organizaciones de la sociedad civil, movimientos socioambientales, ONG y algunos parlamentarios luchan y proclaman la necesidad de cambiar la Constitución y definir el agua como un bien público jerarquizando su uso, colocando al consumo humano como el más prioritario. Esta decisión es de gran importancia para asegurar el consumo humano, la producción de alimentos y la preservación de los ecosistemas, que también requieren de agua para reproducirse.

El agua es principio de vida. El agua como un derecho humano basado en el bien común.

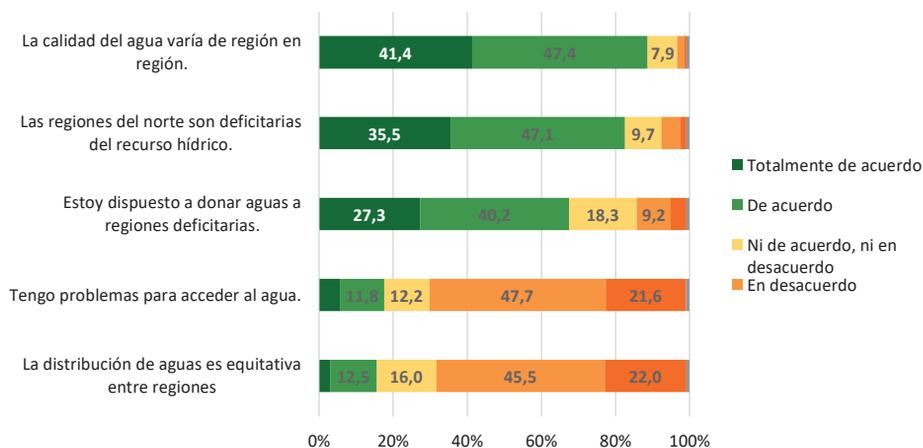
CALIDAD DEL AGUA: DISTRIBUCIÓN ASIMÉTRICA

Junto con la gestión del recurso hídrico, fue necesario saber si los encuestados percibían una desigual distribución de calidad y acceso del recurso hídrico, en las diferentes zonas geográficas encuestadas. Se buscaba también saber si las personas encuestadas estaban dispuestas a transferir agua a regiones deficitarias.

Al respecto, los resultados fueron categóricos: existe conciencia de que la calidad del agua no se distribuye de la misma forma en todo Chile. Se percibe que la cantidad y calidad del agua depende de la geografía. Solo un 18% de los encuestados ha tenido algún problema para acceder al agua. Ahora bien, en relación a la posibilidad de transferencia hídrica hacia otros territorios, un 68% está dispuesto a donar agua a regiones deficitarias, lo que expresa un alto nivel de generosidad y solidaridad hídrica hacia regiones que sufren de estrés hídrico. Estas opiniones resultan interesantes en el

contexto de las asimetrías regionales en cuanto a disponibilidad de agua que existe en el país.

GRÁFICO 14. GRADOS DE ACUERDO Y DESACUERDO SOBRE ACCESO Y DISTRIBUCIÓN DEL RECURSO HÍDRICO



Fuente: elaboración propia

La percepción de los encuestados sobre la inequidad del recurso hídrico a lo largo de nuestro país expresa un nivel de conciencia social que, a su vez, significa que la solución frente a problemas de inequidad hídrica debe pasar por la voluntad del conjunto de la sociedad y no solo por el sistema nacional y regional de gestión del recurso hídrico. En este sentido, los encuestados consideran la «donación» como una alternativa plausible. Actualmente, el Código de Aguas no hace referencia a esta posibilidad de transferencia de agua de una región a otra, pero existen intenciones y proyectos privados de transferencia, como la llamada «carretera hídrica».

Del estudio se desprende la necesidad de orientar la gestión del recurso hídrico hacia un sistema o modelo sustentable.

¿HACIA UN NUEVO SISTEMA DE GESTIÓN SUSTENTABLE?

Al consultar a los encuestados sobre propuestas o alternativas para hacer más sustentable la gestión del agua, nos encontramos con dos modalidades principales de respuestas. La primera modalidad corresponde a las propuestas de mitigación y adaptación como una responsabilidad de aplicación por otros o terceros, correspondiente al 42,8% de los encuestados. En otras palabras, se externaliza la responsabilidad. La segunda modalidad concentra proposiciones que apuntan a que las mismas personas gestionen de forma sustentable los usos del agua, correspondiente a un 23,9% de los encuestados. Es decir, se apela a la autorresponsabilidad de la comunidad.

Respecto de las propuestas de mitigación y adaptación, bajo la responsabilidad de ser aplicada por agentes externos, encontramos que un 16,8% propone que se entregue información a la población con el objeto de educar sobre la gestión sustentable del agua, ya sea por medio de campañas o bien a través de la formación escolar. Un 21,4% solicita una mayor presencia del Estado, señalando que debe existir un mayor control y fiscalización público sobre la gestión del agua y modificar leyes, de manera que se regule sustentablemente la gestión del recurso hídrico.

Ahora bien, en el marco de las propuestas de mitigación y adaptación con responsabilidad de ser aplicada por personas, solo un 14,6% de los encuestados señala que se debe extremar el cuidado del agua en las distintas actividades del quehacer diario; lo que implica reducir el consumo diario por persona. Un 9,3% de los encuestados propone el desarrollo e implementación de tecnologías tales como: promover el uso mecánico de detención de aguas (pozo profundo), mejorar los sistemas de regadíos, tratamientos de aguas servidas, etcétera. También medidas más innovadoras como implementar un sistema de reciclaje del agua lluvia, que fluye por las calles y se pierde, sin posibilidad de ser utilizada por la comunidad.

CONCLUSIONES

El agua es un elemento de gran importancia para la vida natural y humana. Sin este recurso no se puede vivir. Es, por lo tanto, vital. Al conceptualizar el agua nos encontramos con una definición clara e inequívoca: es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida. Definición que, por cierto, carece de una explicación física (H_2O) y se refiere básicamente al reconocimiento de sus cualidades medioambientales, humanas y paisajísticas. Se encuentra asociada a la percepción y a un reclamo social que trasciende la mirada y el tratamiento meramente jurídico, pues supera la actual regulación del agua en la legislación chilena, el sistema de administración y la gestión del recurso hídrico vigente. Los encuestados exigen que el agua sea accesible para todos y administrada por una entidad nacional mediante un sistema de gobernanza democrática del agua.

El estudio constata la existencia de un malestar en la sociedad sobre el uso y gestión del agua, sobre todo cuando los ciudadanos perciben y sufren los efectos de eventos extremos que acompañan al cambio climático, tales como sequías prolongadas, alteraciones importantes en el ciclo de las precipitaciones, inundaciones, precipitaciones violentas, desastres, mala calidad del agua de ríos y lagunas. A ello se suma el incremento considerable y desregulado del uso del agua en distintas actividades, la falta de información y el fracaso de la implementación de políticas públicas sustentables. Todo ello produce situaciones conflictivas, en todo el territorio, lo que, a su vez, conmueve reflexivamente la conciencia de las personas y comunidades de usuarios en torno al recurso hídrico.

Estos fenómenos socioecológicos están haciendo cambiar la percepción y, eventualmente, las prácticas ciudadanas sobre el valor y uso del agua enraizada en el mundo de la vida, sus limitaciones y funciones ecosistémicas. Se avanza progresivamente hacia una sociedad más ecológica, responsable y autorreflexiva, que puede cambiar el paradigma sobre el valor y los usos del agua. Una nueva conciencia y cultura hídrica sobre este primordial recurso natural es indispensable para enfrentar los nuevos desafíos que necesariamente

presentarán, a las estrategias y políticas públicas de desarrollo económico y social, los escenarios futuros de escasez del agua.

BIBLIOGRAFÍA

- Callenbach, E. (1999) *La ecología*. Editorial Siglo XXI. Madrid, España.
- DGA (2010) *Balance de gestión integral año 2010*. Ministerio de Obras Públicas. Santiago, Chile.
- DGA (2016) *Atlas del agua*. Ministerio de Obras Públicas. Santiago, Chile.
- FAO (2010) *Aquastat: Water Use*. Disponible en: www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/index6.stm
- IPCC (2014) *Cambio climático 2013*. Ginebra, Suiza.
- IPCC (2014) *Cambio climático 2014: Informe de síntesis*. Contribución de los grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo. Ginebra, Suiza.
- IPCC (2014) *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad*. Resumen para responsables de políticas. Ginebra, Suiza.
- IPCC (2014) *El quinto reporte de evaluación del IPCC. ¿Qué implica para Latinoamérica?* Alianza Clima y Desarrollo.
- Kumar, M.; Singh, O. (2005) Virtual water in global food and water policy marking: is there a need for rethinking. *Water Resources Management*. No. 19, pp. 759-789.
- Maleksaeidi, H.; Karami, E. (2013) Social-Ecological Resilience and Sustainable Agriculture Under Water Scarcity. *Agroecology and Sustainable Food Systems*. Vol. 3, No. 37, pp. 262-290.
- Ministerio del Interior y Seguridad Pública (2015). *Política Nacional para los Recursos Hídricos 2015*. Ministerio del Interior y Seguridad Pública. Santiago, Chile.
- Ministerio del Medio Ambiente (2014) *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático*. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile.
- Ministerio del Medio Ambiente de Chile (2015) *Informe Sectorial*. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile.
- Mondaca, R.; Faúndez, R. (2016) ¿Qué se juega con la Reforma al Código de Aguas? *El Mostrador*, 22 de noviembre de 2016. Disponible en: www.elmostrador.cl/noticias/opinion/2016/11/22/que-se-juega-con-la-reforma-al-codigo-de-aguas/
- Naciones Unidas (2003) *Agua para todos. Agua para la vida. Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo*. Unesco. París, Francia.
- Rodríguez, H. (2010) *Hidráulica fluvial: fundamentos y aplicaciones. Socavación*. Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá, Colombia.

- Rojas, M.; Montecinos, A. (2012) Modelación climática regional. En: *Impactos Sociales y Ambientales del Cambio Climático Global en la Región del Biobío*. Universidad de Concepción. Pp. 18-27. Concepción, Chile.
- UN-WWAP (2014) *The United Nations World Water Development Report 2014: Water and energy*. United Nations World Water assesement Programme, Unesco. París, Francia.

SEGUNDA PARTE

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

LA SOCIO-HIDROLOGÍA, UNA INTERDISCIPLINA PARA LA SEGURIDAD HÍDRICA

*Oscar Link Lazo**

RESUMEN

La Seguridad Hídrica incluye el riesgo de daño por inundaciones, entre los aspectos centrales de su definición. El riesgo de inundación, causado por el desborde de ríos durante crecidas, ha sido definido tradicionalmente desde una perspectiva centrada en el río, entendiéndolo como una amenaza y obviando los efectos que tienen los atributos de las comunidades locales sobre el riesgo que el desborde del río provoca. Operativamente, esto se ha reflejado en el uso de mapas de peligrosidad de crecidas —alcance, velocidad y profundidad— que tendrá un determinado caudal sobre el territorio, como instrumento de planificación territorial y gestión del riesgo. En ese contexto, en la última década surgió la socio-hidrología, como una nueva interdisciplina que estudia la coevolución de los ríos y las comunidades ribereñas, rescatando la percepción del riesgo, la conciencia del riesgo, la preparación y resiliencia de individuos y comunidades y la forma en que los gobiernos locales gestionan el riesgo para enfrentar las inundaciones causadas por desbordamientos de ríos. La socio-hidrología desarrolla el uso coordinado e integrado de planes de comunicación, planificación territorial, gestión del riesgo y materialización de infraestructura que conserve la necesaria variabilidad hidrológica del sistema natural pero, a la vez, disminuya el riesgo de daño. El presente capítulo reflexiona en torno a preguntas como: ¿son apropiadas las defensas fluviales para reducir el riesgo por crecidas?, ¿cómo influ-

* Dr. Oscar Link Lazo, ingeniero civil. Doctor en Ingeniería, TU-Darmstadt, Darmstadt, Alemania. Profesor del Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Contacto: olink@udec.cl

ye la experiencia en nuestra vulnerabilidad frente a crecidas?, ¿a quiénes dirigir la preparación, dentro de una comunidad, para enfrentar y recuperarse de una crecida? y ¿es Chile un Estado robusto o frágil en términos de (In)Seguridad Hídrica?

PALABRAS CLAVE: seguridad hídrica, socio-hidrología, riesgo de desastres naturales, inundaciones.

SEGURIDAD HÍDRICA E INUNDACIONES

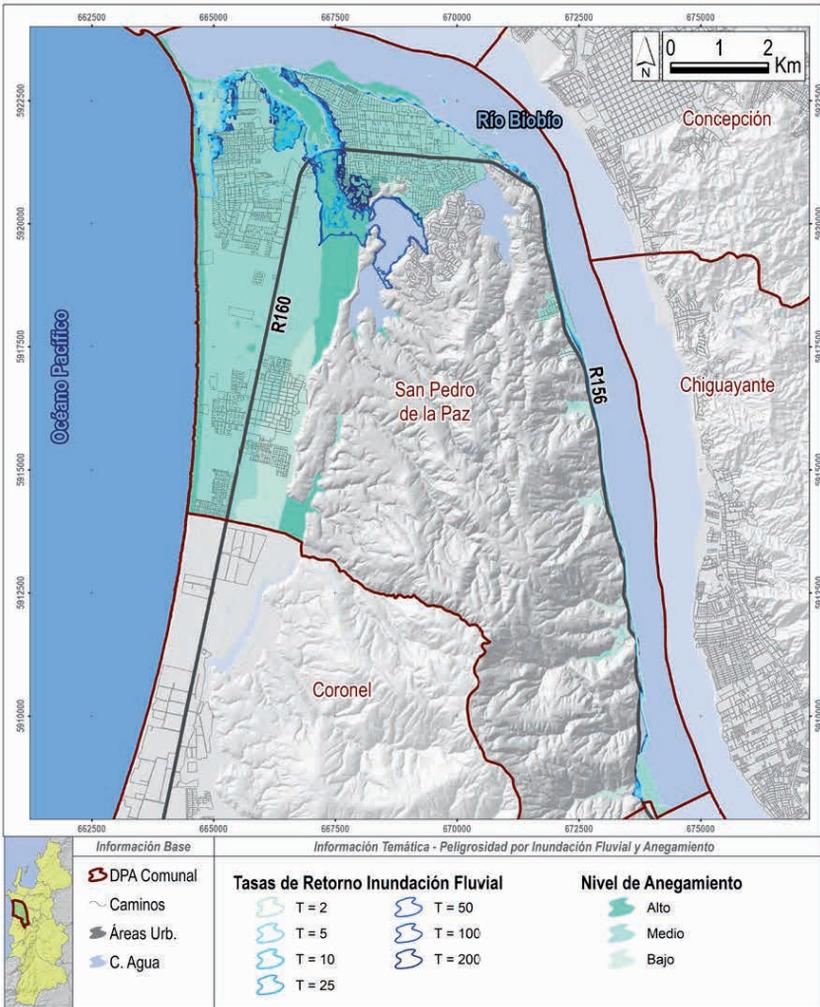
La Seguridad Hídrica puede entenderse como el cumplimiento de los objetivos de la Gestión de Recursos Hídricos, los que se agrupan en dos categorías: (1) gestión del agua para aprovechar sus beneficios productivos, promover el bienestar humano, medios de vida y desarrollo socioeconómico, y (2) gestión del agua para proteger sociedades, economías y ecosistemas de sus impactos destructivos, tales como enfermedades, inundaciones y sequías (Bakker, 2012; Grey *et al.*, 2013; Sadoff *et al.*, 2017).

Las definiciones de Seguridad Hídrica, en general, reconocen la importancia de la gestión de riesgos asociados al recurso hídrico, junto con la preocupación por la disponibilidad del recurso. Por ejemplo, las Naciones Unidas define Seguridad Hídrica como «la capacidad de una población para salvaguardar el acceso sostenible a cantidades adecuadas de agua de calidad aceptable para el sostenimiento de los medios de vida, el bienestar humano y el desarrollo socioeconómico, para garantizar la protección contra la contaminación transmitida por el agua y los desastres relacionados con el agua, y para la conservación de los ecosistemas en un clima de paz y estabilidad política» (UN-Water, 2013). Las inundaciones representan aproximadamente un tercio de las amenazas naturales a nivel global y afectan a más personas que otras amenazas (Adhikari *et al.*, 2010). Solo por concepto de daños en construcciones, las inundaciones cuestan al mundo unos 120 mil millones de dólares por año (Sadoff *et al.*, 2015).

El riesgo de inundación causado por el desborde de ríos durante crecidas ha sido definido tradicionalmente desde una perspectiva

centrada en el río, entendiéndolo como el producto de la amenaza, vulnerabilidad, exposición y valor (Kron, 2005) y obviando los efectos que tienen los atributos de las comunidades locales sobre el riesgo que el desborde del río provoca. El riesgo se evalúa para distintos escenarios climáticos (caudales) y condiciones socioeconómicas. Medidas de gestión tales como la materialización de defensas fluviales se tratan como forzantes externas, por lo que los métodos tradicionales no consideran explícitamente la interacción continua y dinámica entre sistemas acuáticos y humanos y, por lo tanto, no pueden capturar las dinámicas que emergen de los efectos mutuos entre ambos, tales como el aprendizaje, la adaptación y el olvido (Di Baldassarre, 2017). Operativamente, lo anterior se ha visto reflejado en el uso de mapas de peligrosidad de crecidas —alcance, velocidad y profundidad— que tendrá un determinado caudal sobre el territorio, como instrumento de planificación territorial y gestión del riesgo como el mostrado en la figura 1, para el caso de la comuna de San Pedro de la Paz, elaborado por Rojas & Link (2018).

FIGURA 1. MAPA DE PELIGROSIDAD POR INUNDACIÓN FLUVIAL Y ANEGAMIENTO DE SAN PEDRO DE LA PAZ (ROJAS & LINK, 2018)

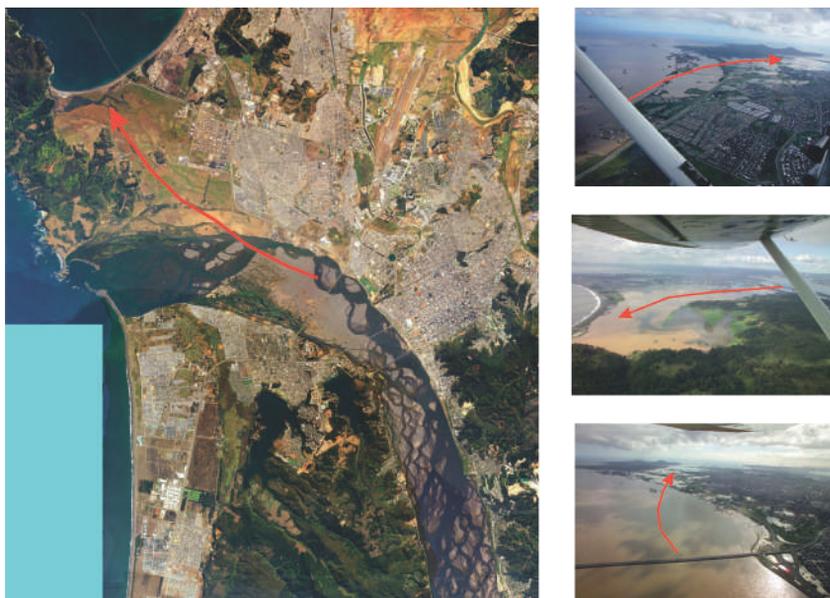


Mapas como el de la figura 1 han mostrado ser insuficientes para la adecuada gestión territorial. Entre las deficiencias más recurrentes se tienen la ocupación indeseada y muchas veces ilegal de terrenos inundables, la materialización de rellenos y diques para asegurar la urbanización, que aumentan el riesgo de desastres debido a que la infraestructura también puede fallar y a que aumenta la población

expuesta al riesgo, pero también el hecho de no diferenciar la vulnerabilidad de quienes están expuestos a la amenaza.

Recientemente, Link *et al.* (2019) propusieron un análisis de riesgo de inundaciones que combina resultados de simulaciones numéricas avanzadas, para determinar la peligrosidad de las crecidas, con análisis de paleocrecidas para determinar las zonas más propensas a ser inundadas y con análisis del desarrollo histórico de la expansión urbana, para determinar la exposición de la población a la amenaza, concluyendo que 108 km² del área metropolitana de Concepción se emplazan en zonas de alta peligrosidad y que un 5% de la ciudad se encuentra en alto riesgo de ser afectado por inundaciones fluviales. La figura 2 muestra la inundación ocurrida el año 2006, vista desde el tramo inferior del río Biobío hacia bahía Lenga.

FIGURA 2. RÍO BIOBÍO EL AÑO 2015 (IZQ.). INUNDACIÓN DEL AÑO 2006 QUE ACTIVÓ EL PALEOCAUCE INDICADO CON LAS FLECHAS ROJAS (FOTOGRAFÍAS: CORTESÍA DE JOSÉ LÉNIZ)



Durante la crecida centenaria, el río reactivó un paleocauce inundando parte importante de Hualpén y poniendo en riesgo a

personas, viviendas e instalaciones industriales, evidenciando la necesidad de detener la ocupación de zonas inundables y de generar infraestructura que favorezca la evacuación de caudal durante crecidas extraordinarias, para reducir el desborde del río aguas arriba.

LAS INUNDACIONES CAUSADAS POR CRECIDAS FLUVIALES EN CHILE

Entre los desastres relacionados con el agua, los daños causados por inundaciones, producto del desborde de ríos durante crecidas extremas, se cuentan entre los más dañinos (Santos, Tavares & Andrade, 2011) especialmente en Latinoamérica (Alcántara-Ayala, 2002; Filizola *et al.*, 2014) y particularmente en Chile, donde el 71% de las inundaciones ocurridas entre 1574 y 2012 fueron causadas por lluvias extremas (Rojas, Mardones, Arumí & Aguayo, 2014). Además, en el último tiempo, las crecidas se han visto incrementadas en frecuencia y magnitud producto de la variabilidad y el cambio climático.

Entre las crecidas fluviales se distinguen aquellas causadas por lluvias, aluviones, rompimiento de barreras naturales como los *jökulhlaups* o *glacial lake outburst floods* (GLOFS) y artificiales como represas, así como Seyches.

En las últimas dos décadas se ha documentado en Chile la ocurrencia de las llamadas *tormentas cálidas de invierno* (Garreaud, 2013) que, pese a no ser necesariamente lluvias de magnitud extraordinaria, ocurren con temperaturas mucho más altas que las habituales, especialmente en los sectores altos de las cuencas donde habitualmente nieva en vez de llover. Se habla de una mayor altitud de la isoterma 0°. Las tormentas cálidas de invierno se caracterizan por precipitaciones líquidas que ocurren sobre una superficie extraordinariamente mayor a la habitual, lo que provoca, en los ríos, caudales extraordinarios. En julio del año 2006 ocurrió un sistema frontal que generó inundaciones extraordinarias entre las cuencas de los ríos Maipo (Garreaud, 2013) y Biobío (Link *et al.*, 2019), que dejó 51.206 damnificados, 22 fallecidos, dos desaparecidos y un costo monetario en labores de emergencia —alimentos,

colchonetas, frazadas, viviendas de emergencia— de 730 millones de pesos (ONEMI, 2006; Van Heemst *et al.*, 2013).

Adicionalmente, en Chile ha aumentado la frecuencia de aluviones que corresponden a masas de suelo que se deslizan por una ladera hasta llegar al río. Se trata de flujos de barro y flujos hiperconcentrados de sedimentos (es decir, mezclas de agua y suelo con concentraciones de sedimentos mayores al 50%), con un alto poder destructivo pues, después de inundar, el barro se seca, enterrando e inutilizando la infraestructura que difícilmente puede ser reparada. En junio de 1991, Antofagasta fue afectada severamente por seis aluviones. Noventa y dos personas fallecieron y 16 desaparecieron (Sepúlveda *et al.*, 2006). Este evento motivó la construcción de presas de retención o *check dams* en varios valles. Wilcox *et al.* (2016) documentaron una tormenta ocurrida en marzo de 2015 que causó 18 aluviones, afectando, aproximadamente, 80.000 km² del desierto de Atacama: 31 personas fallecieron, 16 desaparecieron, 30.000 personas fueron desplazadas y 164.000 personas fueron afectadas. Casas, puentes, caminos y líneas ferroviarias resultaron destruidas (ONEMI, 2015). En febrero de 2017, una tormenta sobre las regiones Metropolitana y de O'Higgins causó aluviones en las cuencas de los ríos Maipo y Tinguiririca: cuatro personas fallecieron, tres desaparecieron y más de 1.000 personas quedaron aisladas por varios días (SERNAGEOMIN, 2017). Costosa infraestructura para el aprovechamiento de la energía hidroeléctrica resultó con daños severos. En mayo de 2017, un aluvión dividió, literalmente, a la ciudad de Chañaral en dos; en diciembre de 2017, uno de los flujos de barro más masivos de los que se han registrado en Chile destruyó la Villa Santa Lucía en Patagonia norte, cobrando la vida de 19 personas y obligando a desplazar a 79 habitantes.

A partir de registros fluviométricos en la estación Baker en confluencia con río Colonia, administrada por la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas de Chile, ha sido posible reconocer recientemente la ocurrencia de GLOFS en el sistema Lago Cachet II-río Colonia-río Baker. Estas inundaciones tienen su origen en el vaciamiento explosivo de un lago glacial, el Cachet II, que

genera una onda de crecida que se propaga por los ríos Colonia y Baker, desbordando sus riberas en muchos tramos (Dusaillant *et al.*, 2008; Jacquet *et al.*, 2017).

En el año 2007, Chile fue testigo de inundaciones causadas por un Seyche: un deslizamiento de tierra —en este caso, de la isla Margarita— que impactó fuertemente las aguas del fiordo de Aysén, generando una onda de crecida que se propagó por el río e inundó gran parte de la ciudad de Puerto Aysén, ubicada 12 km más arriba que la desembocadura del río en el fiordo (Sepúlveda y Serey, 2009; Sepúlveda *et al.*, 2010).

Desde la Antigüedad, las primeras civilizaciones buscaron las orillas de los ríos para su emplazamiento. Naturalmente buscaban el acceso al agua como fuente de vida: agua para bebida humana y animal, riego, vertido de aguas servidas y navegación. Las sociedades han coevolucionado con los ríos y los humanos han alterado significativamente la frecuencia, magnitud y distribución espacial de las crecidas. Esta alteración ha sido deliberada o accidental. Presas y embalses son ejemplos de medidas para la gestión del recurso que alteran deliberadamente la variabilidad hidrológica y afectan significativamente la severidad de las crecidas. Asimismo, defensas fluviales, como diques ribereños, alteran la frecuencia, magnitud y distribución espacial de las crecidas (Blöschl, Nester, Komma, Parajka & Perdigo, 2013; Di Baldassarre, 2017). Pero estas también son afectadas por otras actividades humanas, tales como cambios en el uso del suelo, incluyendo la deforestación, urbanización, drenaje de humedales y terrenos para la agricultura. Mientras que las sociedades moldean las características de los eventos de crecida, los eventos hidrológicos extremos moldean las sociedades en términos de sus instituciones, gobernanza y demografía. Después de los efectos de una crecida, los sistemas humanos responden y se adaptan a los eventos extremos mediante una combinación de procesos espontáneos y estrategias deliberadas, que producen cambios en la vulnerabilidad social. Respuestas de adaptación pueden ocurrir a distintos niveles: individual, comunitario e institucional. Junto a los procesos de adaptación informales, tales como la migración temporal

o permanente, las crecidas extremas pueden gatillar cambios en las políticas de gestión del riesgo, impactando también la vulnerabilidad social (Pahl-Wohl *et al.*, 2013). Sistemas de alerta de crecidas, programas de concientización del riesgo y cambios en la planificación territorial son ejemplos de respuestas adaptativas que típicamente ocurren en el nivel local o gubernamental después de eventos extremos. Más aún, medidas estructurales para disminuir el riesgo, tales como embalses para el control de crecidas o diques ribereños, se proyectan, materializan o revisan después de la ocurrencia de una crecida extrema, lo que nuevamente cambia la frecuencia, magnitud y distribución espacial de crecidas futuras (Di Baldassarre, 2017).

En Chile, la triste realidad es que las ciudades y asentamientos han ido dando la espalda a los ríos, entendiéndolos como basureros y focos de delincuencia que no quieren ser vistos. Son pocos los casos en que el río se ha integrado a la ciudad, como en Valdivia o la costanera norte del río Biobío, esta última, lamentablemente, sin una mínima consideración paisajística ni de funcionalidad urbana.

Eventos improbables que, de acuerdo con Taleb (2007), hemos llamado *black swans*, encienden una alerta respecto de la importancia de reducir los impactos negativos de crecidas extraordinarias, reduciendo la vulnerabilidad (y aumentando la resiliencia) de las sociedades humanas, lo que puede resultar más robusto que bajar la probabilidad de ocurrencia de eventos extremos mediante medidas estructurales. En este sentido, el desarrollo de planes de evacuación y contingencia no requiere realizar estimaciones precisas y certeras de las inundaciones ni de sus probabilidades de ocurrencia, pero puede mejorar significativamente la capacidad de recuperación de la sociedad después de un desastre natural.

SOCIO-HIDROLOGÍA DE INUNDACIONES

Como resultado del acoplamiento de los sistemas acuáticos y humanos surgió, en la última década, la Socio-hidrología, una nueva interdisciplina que busca entender las dinámicas y la coevolución de los sistemas acuáticos y humanos (Sivapalan *et al.*, 2012). Las líneas

de desarrollo de la socio-hidrología son tres: la socio-hidrología histórica, que busca comprender las dinámicas sobre la base de reconstrucciones; la socio-hidrología comparativa, que busca comprender las dinámicas sobre la base de las semejanzas y diferencias entre distintos sistemas, y la Socio-hidrología basada en procesos, que busca estudiar en detalle un número reducido de sistemas para encontrar relaciones causales.

La investigación en Socio-hidrología ha empezado a entregar resultados sobre la compleja dinámica del riesgo que resulta de la interacción (de respuestas e influencias) entre inundaciones y personas, lo que sirve para orientar las políticas de gestión de manera más eficiente hacia una situación deseada en que se reducen los impactos negativos de las inundaciones —víctimas fatales y pérdidas económicas—, pero se conservan los beneficios de la variabilidad hidrológica (Di Baldassare, 2017).

En particular, existe evidencia empírica de dos tipos de dinámica del riesgo producto de la retroalimentación e interacciones entre los sistemas acuáticos y humanos: a) aprendizaje y adaptación, y b) olvido o efecto dique. El efecto de aprendizaje y adaptación se relaciona con observaciones que muestran que la vulnerabilidad disminuye ante la ocurrencia frecuente de inundaciones (e.g.: IPCC, 2012; Di Baldassarre *et al.*, 2015). El efecto dique, por su parte, se relaciona con evidencia que muestra que la ocurrencia infrecuente de inundaciones (por ejemplo, a causa de la construcción de diques ribereños) conlleva paradójicamente un aumento de la vulnerabilidad y, por consiguiente, del riesgo (Ludy & Kondolf, 2012). Desde luego, la frecuencia de inundaciones no solo puede verse reducida por la materialización de medidas estructurales, sino también como producto de la variabilidad climática y del cambio climático. Así, debido al olvido, poblaciones que ocupan planicies de inundación de ríos en los que se proyecta una disminución de los caudales podrían ver aumentado su riesgo frente a crecidas.

¿SON APROPIADAS LAS DEFENSAS FLUVIALES PARA REDUCIR EL RIESGO POR CRECIDAS?

Intuitivamente, quizás la imagen de un dique a lo largo de la ribera que podría desbordar el río sea la medida que parece más segura. Sin embargo, existe evidencia de que la materialización de diques ribereños aumenta el riesgo de daño por crecidas. ¿Cómo? La percepción equivocada parece radicar en el hecho de que el dique aparece como una estructura infalible. No obstante, si bien la falla de un dique es más rara y, por ende, menos frecuente que el desborde del río, cuando el dique falla se produce una inundación típicamente catastrófica. ¿Por qué? El evento de falla del dique es catastrófico porque, dada la percepción de más seguridad que otorga, aumenta el valor de los terrenos y bienes raíces, crece la población que ocupa la planicie de inundación y, por consiguiente, aumentan el valor y la exposición de bienes y personas que pueden verse afectados por la inundación. Ejemplos bien documentados del aumento del riesgo de daño por la materialización de diques son el caso del delta de los ríos Sacramento-San Joaquín en California (Ludy y Konodolf, 2012) y el del río Elba en Baja Sajonia, Alemania (Horlacher *et al.*, 2005, Heyer, 2016), entre muchos otros.

En un enfoque moderno, se trata de potenciar la resiliencia de las comunidades y del ecosistema mediante un manejo adecuado del río y sus caudales, evitando, en lo posible, la materialización de grandes obras de infraestructura. Por un lado, pues estas son extremadamente costosas; por otro, porque entregan una sensación falsa de seguridad total. En cambio, se busca complementar las obras con planes preventivos, sistemas de alerta de crecidas y preparación de la población y de sus bienes. Entre las obras de infraestructura que contribuyen a una mayor seguridad frente a crecidas se cuentan la recuperación de paleocauces abandonados, de manera que estos se mantienen despejados para que puedan activarse durante crecidas extraordinarias, disminuyendo así el nivel del agua en el cauce principal y la conservación de la planicie de inundación de los ríos, para que pueda ser ocupada durante crecidas extraordinarias, por

ejemplo, habilitando parques inundables como en el caso del río Besos, en Barcelona (figura 3).

FIGURA 3. PARQUE FLUVIAL DEL RÍO BESOS EN BARCELONA



Es claro que en Chile faltan definiciones acordes con el estado actual del conocimiento científico y las tecnologías disponibles. Se siguen canalizando ríos y materializando defensas fluviales como si el río fuera una simple alcantarilla por la cual se requiere evacuar un caudal extraordinario. Se ignora el régimen sedimentológico y la morfodinámica fluvial, se destruye el hábitat físico, alterando la ecología y, lo peor de todo: la solución no funciona a menos de que se realicen costosas faenas de mantención y limpieza estacionales. Tal es el caso de los ríos Mapocho y Andalién. Particularmente, la ruralidad nacional ofrece una oportunidad hermosa para aprender de soluciones simples que en el pasado se implementaron, tales como el uso de árboles y arbustos en el control de la erosión ribereña y para la defensa fluvial o la construcción de viviendas sobre pilotes.

¿CÓMO INFLUYE LA EXPERIENCIA EN NUESTRA VULNERABILIDAD FRENTE A CRECIDAS?

Nuestra vulnerabilidad depende en gran medida de nuestra experiencia. La capacidad humana de clasificar la experiencia, codificar simbólicamente dichas clasificaciones y comunicar y enseñar estas abstracciones a otros, posibilita un enfoque psicométrico del riesgo (Slovic, 1987; Birkholz *et al.*, 2014). Douglas (1978) distingue entre el *bias cultural*, producto de las creencias y valores, de las *relaciones sociales* definidas en términos de patrones de relaciones interpersonales, y define la *forma de vivir* como una combinación de ambos aspectos. Posteriormente, Douglas y Wildavsky (1982) definieron cuatro categorías de *formas de vivir* que, en general, describen actitudes y acciones individuales frente al riesgo. Ellas son: individualista, equitativa, jerárquica y fatalista. La experiencia de vida individual y colectiva juega un rol importante a la hora de reaccionar frente a una nueva crecida extraordinaria.

La frecuencia de exposición al riesgo parece ser uno de los factores que influye con más claridad en la vulnerabilidad frente a crecidas: personas que han vivido repetidamente inundaciones, han tenido la oportunidad de conocer la amenaza y han aprendido a sobrellevarla, a estar mejor preparados si es que vuelve a ocurrir una crecida, y a tener una actitud resiliente en caso de catástrofe (Scolobig *et al.*, 2012). Es lo que en Socio-hidrología de inundaciones se denominó *efecto aprendizaje*. Por el contrario, personas que rara vez se han visto expuestas a una inundación muestran menos conciencia del riesgo, menos preparación y mayor vulnerabilidad. Esto es lo que en socio-hidrología de inundaciones se denominó *efecto dique*.

Crecidas catastróficas que corresponderían a eventos tipo *black swan* (Taleb, 2007) son, para muchas comunidades, insuperables, por lo que gatillan la migración involuntaria masiva. En la actualidad, aproximadamente 26,4 millones de personas migran cada año debido a problemas relacionados con el clima. La Organización Internacional de las Migraciones estima que, al año 2050, serán cerca de 200 millones las personas catalogadas como migrantes ambientales.

¿A QUIÉNES DIRIGIR LA PREPARACIÓN DENTRO DE UNA COMUNIDAD PARA ENFRENTAR Y RECUPERARSE DE UNA CRECIDA?

El objetivo de preparar a las personas para enfrentar y recuperarse de una crecida es reducir el daño que puede causar una inundación. Para ello se distinguen al menos tres niveles de acción: individual, comunitario y gubernamental. Estos tres niveles deben estar integrados en todas las medidas estructurales y de gestión, y muy coordinados entre sí para maximizar la eficacia de la preparación.

Especialmente, a nivel individual es necesaria la concientización del riesgo a través de la comunicación y la educación, que divulguen los factores que componen el riesgo —amenaza, vulnerabilidad, exposición, valor— en la localidad específica, ya que es esperable que, personas conscientes del riesgo al que se exponen, se preparen psicológica (saber qué hacer, a quién recurrir, etcétera) y físicamente (por ejemplo, implementar protecciones en sus casas). Algunos estudios han reportado casos en que personas que han sido adecuadamente informadas, no reaccionan tomando medidas de protección y, por ende, no se preparan para enfrentar el riesgo. Dicha actitud se atribuye a la falta de confianza en las autoridades y científicos que proveen la información (Bronfman *et al.*, 2016). También se ha observado que personas que han experimentado una o varias inundaciones, en general, exhiben una mayor conciencia del riesgo y una mejor preparación que aquellos que solo han recibido la información (Scolobig *et al.*, 2012).

Los sistemas de alerta de crecidas incluyen el monitoreo continuo y redundante de variables meteorológicas —lluvia, temperatura ambiente, viento— y fluviales —caudal, profundidad—, que sirvan como datos de entrada, contraste para verificación y, eventualmente, corrección de modelos de simulación y pronóstico de crecidas e inundaciones. Dichos modelos deben incluir la capacidad de simular el paso de la crecida a lo largo del río, con alta resolución de las zonas donde el río desborda e inunda objetos de valor expuestos. Los resultados de simulación de casos particulares permiten, sobre la base de las condiciones actuales, anticipar en algunas horas la

ocurrencia de un desastre y, alcanzadas ciertas condiciones umbrales como, por ejemplo, un nivel predeterminado de aguas en el río, generar alertas que gatillen diferentes acciones preventivas dentro de un plan de contingencia. Tal es el caso de la movilización coordinada de la guardia civil, el ejército, la ciudadanía y otros, para proteger del agua a las riberas más bajas y expuestas mediante la instalación de sacos de arena o pantallas impermeables.

A nivel gubernamental se requiere introducir la gestión del riesgo en la planificación territorial de largo plazo, reservando las planicies de inundación para que el río las ocupe con cierta frecuencia natural, evitando desbordes en zonas pobladas y permitiendo que el sistema fluvial funcione como tal, completando los procesos hidrobiológicos y sirviendo como lugar de recreación, por ejemplo, con el desarrollo de parque inundable.

En este esquema, las obras de infraestructura deben entenderse como complemento a la gestión del riesgo. Deben ser, como es de suponer, ambientalmente sustentables y socialmente aceptadas.

¿ES CHILE UN ESTADO ROBUSTO O FRÁGIL EN TÉRMINOS DE (IN) SEGURIDAD HÍDRICA?

El Banco Mundial define como región o Estado frágil al que tiene capacidades débiles para llevar a cabo funciones básicas de gobernanza y carece de capacidad de desarrollar relaciones mutuamente constructivas con la sociedad. Las regiones o Estados frágiles también son más vulnerables a *shocks* internos o externos, como crisis económicas o desastres naturales. Los indicadores de fragilidad y vulnerabilidad ayudan a categorizarlos: *indicadores políticos* que incluyen la deslegitimización del Estado, deterioro progresivo del servicio público, amplias violaciones de derechos humanos, aparatos de seguridad que son un «Estado dentro del Estado», la emergencia de elites agrupadas en facciones y la intervención de otros Estados o factores externos; *Indicadores sociales* que contienen presiones demográficas, movimiento masivo de refugiados y pueblos internamente desplazados, legado de enfrentamiento entre grupos que buscan venganza, fuga humana sostenida y crónica, bienestar

y calidad de vida; *Indicadores económicos* que cubren desarrollo económico inequitativo, afectando fracciones de la población; *Indicadores ambientales* que reflejan el riesgo de desastres generados por fuerzas naturales o la interacción entre la dimensión ambiental y las actividades humanas.

De acuerdo a The World Economic Forum's 2016 annual survey, los riesgos de mayor preocupación a nivel global para los próximos 18 meses están relacionados con la fragilidad: migración involuntaria de gran escala, colapso del aparato estatal o crisis del Estado, conflictos interestatales, bajo empleo o desempleo y falla de la gobernanza nacional; mientras que para los próximos 10 años están relacionados con el agua: desabastecimiento, incapacidad de adaptación y mitigación de efectos del cambio climático, eventos meteorológicos extremos como crecidas y sequías, crisis alimentaria y profunda inestabilidad social (Sadoff *et al.*, 2017).

Si bien es cierto que Chile está dentro del selecto grupo de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), la desigualdad económica y el pobre desempeño estatal desafían la Seguridad Hídrica. Los desastres naturales recientes han sido catastróficos. El país comienza a acostumbrarse a que los eventos extraordinarios siempre cobran varias vidas humanas y destruyen poblados e infraestructura caminera. Gracias a la economía desarrollada, ha sido posible, hasta ahora, organizar y financiar rápidamente la ayuda solidaria, los campamentos de emergencia, la reconstrucción y la indemnización monetaria de afectados injustamente. Sin embargo, Chile está lejos de contar con sistemas de alerta de crecidas, planes de concientización del riesgo, planes educativos adaptados a las realidades comunitarias locales, planes de contingencia organizados e integrados sobre la estructura social y planes de gestión del territorio consistentes con las amenazas naturales. Y es un país expuesto a múltiples amenazas naturales. Las inundaciones son frecuentes en todo el territorio y amenazan ciudades, infraestructura —especialmente caminera—, actividades agrícola y minera, hasta el emplazamiento de plantas de energía solar y eólica.

Finalmente, el centralismo acentuado a su máxima expresión está gestando conflictos interregionales, incluso intragubernamentales.

Cabe citar aquí la reciente frase del ministro del Interior, don Andrés Chadwick, al intendente de la Región del Biobío, don Jorge Ulloa, despachada en cámara durante una conferencia de prensa producto de la emergencia vivida a causa de incendios: «No me *digai* lo que tengo que hacer, huevón» (*Diario Concepción*, 13 de febrero de 2019). Pero también descoordinaciones mayores y más dramáticas, como la indicación de volver a sus casas ya que no habría tsunami, dada por la propia presidenta de la República, doña Michelle Bachelet, a las personas que después del terremoto 8.8 MW ocurrido el 27 de febrero de 2010, habían buscado protección en lugares altos, lejos de sus casas. El tsunami del 27 de febrero ocurrió minutos más tarde y cobró la vida de más de 700 personas (BBC). Más allá de hechos ejemplificadores, es claro que el país requiere con urgencia una reestructura de la organización del gobierno que permita a las regiones gestionar una mayor cantidad de sus recursos, planificar su desarrollo desde las realidades locales y recuperar la confianza de su población en la información y gestión promovida por el Estado.

BIBLIOGRAFÍA

- Adhikari, P.; Hong, Y.; Douglas, K.R.; Kirschbaum, D.B.; Gourley, J.; Adler, R.; Brakenridge, G.R. (2010) A digitized global flood inventory (1998-2008): compilation and preliminary results. *Natural Hazards*. Vol. 55, No. 2, pp.405-422.
- Bronfman, N.C.; Cisternas, P.C.; López-Vázquez, E.; Cifuentes, L.A. (2016) Trust and risk perception of natural hazards: implications for risk preparedness in Chile. *Natural Hazards*. Vol. 81, No. 1, pp.307-327.
- Di Baldassarre, G.; Viglione, A.; Carr, G.; Kuil, L.; Yan, K.; Brandimarte, L.; Blöschl, G. (2015) Debates—Perspectives on socio-hydrology: Capturing feedbacks between physical and social processes. *Water Resources Research*. Vol. 51, No. 6, pp. 4770-4781.
- Di Baldassarre, G. (2017) *Socio-Hydrology of Floods*. Oxford Research Encyclopedia of Natural Hazard Science. Disponible en: oxfordre.com/naturalhazardscience/view/10.1093/acrefore/9780199389407.001.0001/acrefore-9780199389407-e-264
- Dussaillant, A.; Benito, G.; Buytaert, W.; Carling, P.; Meier, C.; Espinoza, F. (2010) Repeated glacial-lake outburst floods in Patagonia: an increasing hazard? *Natural Hazards*. Vol. 54, No. 2, pp.469-481.

- Filizola, N.; Latrubesse, E.; Fraizyc, P.; Souzad, R.; Guimarãese, V.; Guyotc, J.L. (2014) Was the 2009 flood the most hazardous or the largest ever recorded in the Amazon? *Geomorphology*. Vol. 215, No. 15, pp.99-105.
- Garreaud, R. (2013) Warm winter storms in Central Chile. *Journal of Hydrometeorology*. Vol. 14, No. 5, pp.1515-1534.
- Heyer, T. (2016) Reliability assessment of levees based on failure investigations. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. Vol. 58, No. 3, pp.28-33.
- Horlacher, H-B.; Heyer, T.; Bielagk, U. (2005) *Analyse der Deichbrüche an Elbe und Mulde während des Hochwassers 2002 im Bereich Sachsen*. Institut für Wasserbau und Technische Hydromechanik, Technische Universität Dresden.
- Jacquet, J.; McCoy, S.W.; McGrath, D.; Nimick, D.A.; Fahey, M.; O'kuinghttons, J.; Leidich, J. (2017) Hydrologic and geomorphic changes resulting from episodic glacial lake outburst floods: Rio Colonia, Patagonia, Chile. *Geophysical Research Letters*. Vol. 44, No. 2, pp. 854-864.
- Kron, W. (2005) Flood risk= hazard• values• vulnerability. *Water International*. Vol. 30, No. 1, pp.58-68.
- Link, O.; Brox-Escudero, L.M.; González, J.; Aguayo. M.; Torrejón, F.; Montalva, G.; Eguibar-Galán, M.A. (2019) A paleo-hydro-geomorphological perspective on urban flood risk assessment. *Hydrological Processes*. DOI: 10.1002/hyp.13590.
- Ludy, J.; Kondolf, G.M. (2012) Flood risk perception in lands «protected» by 100-year levees. *Natural Hazards*. Vol. 61, No. 2, pp. 829-842.
- ONEMI (2006) *Informe sistema frontal 10 al 13 de julio 2006*. Departamento de Protección Civil. Septiembre de 2006. Disponible en: repositoriodigitalonemi.cl/web/bitstream/handle/2012/391/CONSOLIDADO%202006%20definitivo_.pdf?sequence=1
- ONEMI (2015) *Análisis multisectorial eventos 2015: evento hidrometeorológico marzo terremoto/tsunami septiembre*. Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior. Santiago, Chile.
- Pahl-Wostl, C.; Becker, G.; Knieper, C.; Sendzimir, J. (2013) How multi-level societal learning processes facilitate transformative change: a comparative case study analysis on flood management. *Ecology and Society*. Vol. 18, No. 4, 58.
- Rojas, O.; Link, O. (2018) Inundaciones fluviales y anegamientos en la comuna de San Pedro de la Paz. En: *Atlas de Riesgos Naturales y Antrópicos Comuna de San Pedro de la Paz*. Editorial Universidad de Concepción. ISBN 978-956-227-444-9. Concepción, Chile.
- Sadoff, C.W.; Hall, J.W.; Grey, D.; Aerts, J.C.J.H.; Ait-Kadi, M.; Brown, C.; Cox, A.; Dadson, S.; Garrick, D.; Kelman, J.; McCornick, P.; Ringler,

- C.; Rosegrant, M.; Whittington, D.; Wiberg, D. (2015) *Securing Water, Sustaining Growth: Report of the GWP/OECD Task Force on Water Security and Sustainable Growth*. University of Oxford.
- Scolobig, A.; De Marchi, B.; Borga, M. (2012) The missing link between flood risk awareness and preparedness: findings from case studies in an Alpine Region. *Natural Hazards*. Vol. 63, No. 2, pp. 499-520.
- Sepúlveda, S.; Rebolledo, S.; Vargas, G. (2006) Recent catastrophic debris flows in Chile: Geological hazard, climatic relationships and human response. *Quaternary International*. Vol. 158, No. 1, pp. 83-95.
- Sepúlveda, S.A.; Serey, A. (2009) Tsunamigenic, earthquake-triggered rock slope failures during the April 21, 2007 Aisén earthquake, southern Chile (45.5 S). *Andean Geology*. Vol. 36, No. 1, pp.
- Sepúlveda, S.A.; Serey, A.; Lara, M.; Pavez, A.; Rebolledo, S. (2010). Landslides induced by the April 2007 Aysén fjord earthquake, Chilean Patagonia. *Landslides*. Vol. 7, No. 4, pp. 483-492.
- SERNAGEOMIN (2015) *Efectos geológicos del evento meteorológico de marzo 2015: descargas de flujos aluviales durante la tormenta del 24 al 26 de marzo de 2015*. Servicio Nacional de Geología y Minería. Santiago, Chile.
- SERNAGEOMIN (2017) *Principales desastres ocurridos desde 1980 en Chile*. Servicio Nacional de Geología y Minería. Santiago, Chile.
- Sivapalan, M.; Savenije, H.H.; Blöschl, G. (2012) Socio-hydrology: A new science of people and water. *Hydrological Processes*. Vol. 26, No. 8, pp. 1270-1276.
- UN-Water (United Nations Water). (2013) *Water Security and the Global Water Agenda*. Analytical Brief, United Nations University, Institute for Water, Environment, and Health. Ontario, Canadá.
- Van Heemst, C.; Willems, J.; Weller, A.; Van Verseveld, H.; Caamaño, D.; Aránguiz R. (2013) Flood defence alternatives for the lower Bío Bío River, Chile. *Obras y Proyectos*. Vol. 14, pp. 22-23.
- Vicuña, S.; Gironás, J.; Meza, F.J.; Cruzat, M.L.; Jelinek, M.; Bustos, E.; Bambach, N. (2013) Exploring possible connections between hydrological extreme events and climate change in central south Chile. *Hydrological Sciences Journal*. Vol. 58, No. 8, pp.1598-1619.
- Viglione, A.; Di Baldassarre, G.; Brandimarte, L.; Kuil, L.; Carr, G.; Salinas, J.L.; Blöschl, G. (2014) Insights from socio-hydrology modelling on dealing with flood risk—roles of collective memory, risk-taking attitude and trust. *Journal of Hydrology*. Vol. 518, pp.71-82.
- Wilcox, A.; Escauriaza, C.; Agredano, R.; Mignot, E.; Zuazo, V.; Otárola, S.; Mao, L. (2016) An integrated analysis of the March 2015 Atacama floods. *Geophysical Research Letters*. Vol. 43, No. 15, pp. 8035-8043.

ECOAUDITORÍA DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS: CUENCA DEL BIOBÍO (CHILE)

María Elisa Díaz Burgos^{*} • *Ricardo Figueroa Jara*^{**}
M. Rosario Vidal-Abarca^{***} • *M. Luisa Suárez Alonso*^{****}

RESUMEN

El informe de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EME, 2005) asocia el nivel de provisión de servicios ecosistémicos (SE) con el bienestar humano, asumiendo una postura antropocéntrica en la cual la conservación de la naturaleza conduce a satisfacer las demandas de la sociedad, estableciendo un vínculo directo entre el funcionamiento, la estructura y los beneficios que proporcionan los ecosistemas. En particular, el potencial sustentado por los ecosistemas hídricos contribuye al bienestar humano mediante una serie de funciones derivadas de las conexiones de los flujos de agua, desde las cabeceras a las desembocaduras, entre las riberas y los cauces y entre todos ellos y las aguas subterráneas. Son estas conexiones las que generan los servicios básicos de este tipo de ecosistemas, permitiendo

^{*} Dra. María Elisa Díaz Burgos, bióloga. Doctora en Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Investigadora postdoctoral Centro CRHIAM. Investigadora adjunta Universidad Católica de Temuco, Temuco, Chile. Contacto: mariaelisdiaz@gmail.com

^{**} Dr. Ricardo Figueroa Jara, profesor de Biología. Doctor en Ciencias Biológicas, Universidad de Málaga, Málaga, España. Profesor asociado del Departamento de Sistemas Acuáticos, Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Investigador asociado Centro CRHIAM. Contacto: rfiguero@udec.cl

^{***} Dra. María Rosario Vidal-Abarca, bióloga. Doctora en Ecología, Universidad de Murcia, Murcia, España. Catedrática del Departamento de Ecología e Hidrología del Campus Regional de Excelencia Internacional, Campus Mare Nostrum, Universidad de Murcia, Murcia, España. Contacto: charyvag@um.es

^{****} Dra. María Luisa Suárez Alonso, bióloga. Doctora en Ecología, Universidad de Murcia, Murcia, España. Catedrática del Departamento de Ecología e Hidrología del Campus Regional de Excelencia Internacional, Campus Mare Nostrum, Universidad de Murcia, Murcia, España. Contacto: mlsuarez@um.es

identificar los diferentes usos que el hombre hace, de manera consciente o inconsciente y de manera directa o indirecta. Este estudio analiza la importancia de los SE prestados por el río Biobío y sus áreas ribereñas, evaluando las tendencias del estado de los servicios utilizando 217 indicadores provenientes de datos públicos, privados e investigaciones científicas, e identificando, del mismo modo, los impulsores directos del cambio que alterarán las funciones o la capacidad para proporcionar futuros SE. Se identificaron 16 SE provistos por el río Biobío. Entre los servicios de abastecimiento destacan la provisión de agua dulce, energías renovables, alimentación y acervo genético, siendo de gran importancia, dentro de los servicios de regulación, la regulación climática, hídrica y morfosedimentaria, además de la regulación de las perturbaciones naturales, mientras que los servicios culturales identificados corresponden a paisaje estético, identidad cultural y sentido de pertenencia, conocimiento científico y actividades recreativas, entre otras.

PALABRAS CLAVE: servicios ecosistémicos, río Biobío, indicadores hídricos.

I. INTRODUCCIÓN

El informe del Millenium Ecosystem Assessment (MA, 2005) asocia claramente el nivel de provisión de servicios ecosistémicos (SE) con el bienestar humano, estableciendo un vínculo directo entre biodiversidad, estructura y funcionamiento de los ecosistemas con los beneficios que estos proporcionan (*e.g.* Costanza *et al.*, 1997; Fisher *et al.*, 2009). En las cuencas hidrográficas, ríos y riberas conectan todos los elementos del paisaje a través de los flujos de agua (*e.g.* Ward & Wiens, 2001), de cabecera a desembocadura, y actúan como corredores de dispersión y distribución de organismos, semillas, nutrientes y otros materiales orgánicos e inorgánicos (*e.g.* Peterson *et al.*, 2001). Verticalmente relacionan las aguas superficiales con las subterráneas, favoreciendo el intercambio de materiales entre los distintos compartimentos y el movimiento de organismos; lateralmente conectan el canal con las riberas y llanuras de inundación, capturando nutrientes, facilitando la recarga de agua y limitando los procesos erosivos y la expansión de especies invasoras (*e.g.* Junk *et*

al., 1989; Sabater & Martí, 2000). Así, el agua, además de su importancia *per se*, participa en una serie de procesos que mantienen la funcionalidad ecosistémica de los sistemas acuáticos.

En Chile, así como en muchos lugares del mundo, el agua es un recurso altamente demandado, generando innumerables conflictos socioecológicos (Valdés-Pineda *et al.*, 2014). En este escenario, el capital natural de los ríos y riberas es forzado para aumentar los servicios de provisión, utilizando métodos ineficientes, cuando el recurso es abundante, o tecnológicos cuando escasea, en desmedro de los servicios de regulación y culturales (Vidal-Abarca *et al.*, 2014). En las regiones de mayor concentración de población y desarrollo productivo o industrial compiten la demanda hidroeléctrica, de riego, uso doméstico e industrial, requerimientos forestales, acuicultura, turismo de recreación y dominios territoriales de poblaciones indígenas (Parra *et al.*, 2009). Un buen ejemplo del efecto de estas presiones es la cuenca del río Biobío, emplazada en la zona centro-sur de Chile, cuyo paisaje ha sido fuertemente modificado en las últimas décadas, conformándose un mosaico homogéneo de coberturas y usos de suelo. A la fecha no existe claridad sobre los efectos de este patrón sobre los servicios ecosistémicos brindados por los ríos y zonas ribereñas de esta cuenca. Los estudios que abordan los SE son recientes en Chile, centrados principalmente en el análisis de los servicios de provisión (Oyarzún *et al.*, 2005; Nahuelhual *et al.*, 2007; Lara *et al.*, 2009; Little & Lara, 2010; Delgado *et al.*, 2013; De Juan *et al.*, 2015) y algunos culturales (Benra, 2014) que proporcionan los ecosistemas forestales. Particularmente, para la cuenca del Biobío existen antecedentes que hacen alusión al concepto de servicios ecosistémicos, definiendo a grandes rasgos algunos de ellos (Valdovinos & Parra, 2006; MMA, 2014a). Sin embargo, este trabajo realiza un primer esfuerzo sistemático de recopilación de indicadores y análisis de información existente sobre los SE proporcionados por la cuenca del Biobío. Se describe la importancia de los SE prestados por el río Biobío y sus áreas ribereñas, identificado su estado actual y tendencias, biodiversidad, uso humano y los impulsores directos de cambio que alteran las funciones y la capacidad para proporcionar SE.

2. METODOLOGÍA

2.1 Área de estudio

La cuenca del río Biobío se extiende entre los 36° y 39° Lat S (figura 1), sobre un área de 24.260 km². Es una de las cuencas de mayor superficie y caudal de Chile. A nivel nacional representa un importante centro de desarrollo económico, ligado al sector forestal, agropecuario, industrial (industrias de celulosa y papel, metalúrgicas, químicas y de refinería de petróleo) e hidroeléctrico, constituyendo la principal fuente de suministro de energía eléctrica a nivel nacional (Parra *et al.*, 2013). Posee además un excepcional mosaico de hábitats y diversidad biológica, sustentado en las características ambientales y geográficas que proporciona cada uno de los ríos que tributan a su cauce.

2.2 Servicios ecosistémicos seleccionados e indicadores utilizados

Siguiendo la metodología adoptada en la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EEM, 2005), se llevó a cabo una búsqueda de indicadores para las tres tipologías de SE (provisión, regulación y culturales), en diversas fuentes oficiales (gubernamentales, científicas) y privadas, que proporcionaran datos en una escala espaciotemporal relevante para detectar cambios temporales. Dado que la información no siempre está disponible a la misma escala espacial, la evaluación se ha realizado a escala regional y de cuenca. No obstante, la insuficiencia de datos cuantitativos impidió valorar todos los servicios propuestos en EEM, y parte de la información disponible fue utilizada como herramienta descriptiva.

2.3 Valoración de la importancia, tendencias e impulsores directos del cambio

La importancia relativa de los SE proporcionados por la cuenca del río Biobío y sus zonas ribereñas se valoró mediante la opinión de 15 expertos (investigadores del Centro EULA-Chile y Universidad de Concepción), aplicando una encuesta tipo con los SE identificados para este estudio, en el cual debían categorizar en cuatro niveles de acuerdo a su percepción (alta, media-alta, media-baja y baja) la importancia de cada uno de ellos. La tendencia de los SE y sus indicadores se clasificó en siete clases (tabla 1), teniendo en consideración la pendiente y la dirección de la serie de datos. Asimismo, de acuerdo con EEM (2005) se han evaluado los impulsores directos de cambio que están alterando las funciones y la capacidad de prestación de SE y la biodiversidad. La intensidad de los impulsores se clasificó en cuatro clases, considerando nuestros resultados y lo que documenta la literatura.

3. RESULTADOS

3.1. Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos

En total se seleccionaron 116 indicadores: 44 para evaluar los servicios de provisión, 49 para los de regulación y 23 para los culturales; categorizando cinco servicios de provisión, cuatro de regulación y siete culturales. De ellos se reconoce el abastecimiento de agua dulce para diversos usos: domésticos, energías renovables, recursos genéticos, regulación hídrica y paisaje, como los de mayor importancia relativa (tabla 1). Alrededor del 64,2% de los SE evaluados en la cuenca del Biobío se encuentran con algún grado de deterioro. En este sentido, el 100% de los servicios de provisión evaluados tienden al deterioro, el 50% de los servicios de regulación se mantienen estables y el 57% de los servicios culturales muestran tendencia al aumento.

3.2 Impulsores directos de cambio

Los impulsores directos (ID) son aquellas fuerzas que generan cambios en la disponibilidad de los SE que contribuyen al bienestar. EEM (2005) identifica cinco ID (cambio del uso del suelo, sobreexplotación, especies invasoras, contaminación y cambio climático) que actúan sinérgicamente sobre varios servicios, intensificando la dirección del cambio (EEM, 2005). La tabla 1 muestra el impacto y la intensidad que generan los ID sobre los SE proporcionados por la cuenca del Biobío. Se identifica el cambio de uso del suelo como el principal ID de cambio, con una tendencia en aumento y categorizada como muy alta, afectando a la mayor parte de los SE identificados en la cuenca. Los procesos implicados tienen relación con el aumento de las zonas urbanas (43% entre el 2000-2010 [INE, 2010] (Mardones & Vidal, 2001; Vidal & Romero, 2010), las áreas dedicadas a la agricultura (1 millón 760 mil ha [INE, 1997]) y el continuo desarrollo de la actividad forestal.

El segundo ID en importancia es la sobreexplotación de materias primas. En la cuenca del Biobío se ha evaluado a través de los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas cuya disponibilidad entre los años 1999 y 2012, ha disminuido de 4.000 a 500 l/s (DGA, 2012b), con importantes consecuencias sobre la dinámica fluvial (Arumí *et al.*, 2012).

Por otro lado, la introducción de especies invasoras representa un impacto creciente moderado en la cuenca, lo cual se contextualiza con la realidad del país, donde este tema resulta de interés prioritario. En el año 2014 se contabilizaban 128 especies invasoras con riesgo potencial para la biodiversidad en Chile. No hay un conocimiento exhaustivo de las especies acuáticas introducidas, sin embargo, algunos estudios dan cuenta de la introducción de salmónidos (*e.g.* Arenas, 1978; Habit & Rosenberg, 2004), desconociendo su real efecto sobre la ictiofauna nativa, mientras que durante los últimos años se ha detectado la presencia del alga unicelular *Didymosphenia geminata* (Leone *et al.*, 2014) en algunos sectores del curso principal del río (Alto Biobío) y en algunos de sus principales tributarios, cuyos efectos están en evaluación (Rivera *et al.*, 2013).

La contaminación es el cuarto ID en importancia, donde los principales problemas provienen de la contaminación difusa debida al uso de pesticidas y fertilizantes en la agricultura y silvicultura, afectando tanto a las aguas superficiales como subterráneas. Existe escasa información para evaluar el estado de los contaminantes emergentes (farmacéuticos y hormonas) detectados en los ecosistemas acuáticos (Saavedra, 2015) y sistemas de distribución de agua potable, que no eliminan las plantas de tratamiento y que pueden presentar un riesgo para la salud humana (Henríquez, 2012).

Por último, el cambio climático se ha identificado entre los ID con una intensidad creciente moderada. En Chile se espera que el cambio climático tenga un efecto significativo sobre la diversidad de paisajes. La menor disponibilidad de agua y el avance de las zonas áridas producirán el traslado de los cultivos desde la zona central hacia el sur (mediterrización) y disminuirá la cobertura de bosques (Bates *et al.*, 2008; IPCC, 2014). En la zona cordillerana de la región del Biobío se esperan los mayores cambios (Stehr *et al.*, 2010), que afectarán a la agricultura, industria, generación hidroeléctrica y al bienestar de la población.

TABLA 1. IMPORTANCIA RELATIVA Y TENDENCIA DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS PROPORCIONADOS EN LA CUENCA DEL
 BIOBÍO E IMPACTO DE LOS IMPULSORES DIRECTOS DE ESTOS SERVICIOS (CC: CAMBIO CLIMÁTICO, CO: CONTAMINACIÓN,
 CU: CAMBIO USO SUELO, EI: ESPECIES INVASORAS, SO: SOBREEXPLOTACIÓN).

Servicio ecosistémico	Indicador	Número de Indicadores	Importancia relativa	Tendencia (*)		Impulsores directos de cambio						
				Indicador	Servicio	CU	SO	EI	CO	CC		
PROVISIÓN		44										
Alimentación	Captura de peces	1	+	↑	↓	√	√	√	√			
	Acuicultura	9	+	↔				√	√			
Agua dulce	Uso doméstico	34	++++	↑								
	Uso agrícola			↑	↓	√	√			√	√	√
	Uso industrial			↑								
Materias primas	Grava / arena	2	+++	↗	↘	√	√					
Energías renovables	Energía hidroeléctrica	5	++++	↗	↘	√					√	
Recursos genéticos		3	++++	↘	↘	√	√	√	√	√	√	√
REGULACIÓN		49										
Regulación climática	Calidad de aire	1	+++	↔	↔	√						√
Regulación hídrica	Depuración Sanitarias	11	++++	↑	↑	√	√					√
	Calidad de agua	30	++++			√	√	√	√		√	
Regulación de perturbaciones		9	+++	↔	↔	√						√

Regulación morfose- dimentaria	Bosque nativo	8	+++	↓	↓	↓	√	√	√	√	√	√	
	Plantaciones forestales			↑	↑								
CULTURAL		23											
Paisaje servicio esté- tico		9	++++	↑	↑	↑	√						
Identidad cultural	Evolución de la pobla- ción	6	+++	↓	↓	↓	√	√	√	√	√	√	
Conocimiento cien- tífico	No. publicaciones y tesis	4	+++	±	±	±	√	√	√	√	√	√	√
Disfrute espiritual y religioso		1	++	↗	↗	↗	√	√	√	√	√	√	
Educación ambiental		1	+	↘	↘	↘							
Conocimiento eco- lógico	Edad de la población	1	+++	↘	↘	↘	√	√	√	√	√	√	
Recreación y ecotur- rismo	Visitas a parques y re- servas	1	+++	↑	↑	↑	√						
	TENDENCIA GLOBAL DEL IMPULSOR DIRECTO												
								↗	↗	↗	↔	↗	↗

Continuación tabla

Indicadores

IMPORTANCIA RELATIVA	TENDENCIA		INTENSIDAD DEL IMPULSOR DIRECTO	TENDENCIA GLOBAL DEL IMPULSOR DIRECTO	
	↑	↗		↑	
++++	: Contribución alta	: Mejora		: Muy alto	: Incremento muy rápido del impacto
+++	: Contribución media-alta	: Leve mejora		: Alto	: Impacto creciente
++	: Contribución media-baja	: Mejora y/o deterioro		: Moderado	: Impacto continuo
+	: Contribución baja	: No experimenta cambio		: Bajo	: Disminución del impacto
		: Leve deterioro			: Disminución muy rápida del impacto
		: Deterioro			
		: Desconocido			

la superficie total), distribuyéndose el 14,2% restante en superficie bajo microrriego (3,9%) y mecánico mayor (10,2%) (INE, 2014). A nivel de cuenca no existe suficiente información desagregada, sin embargo, los datos proporcionados por el MOP (2007) indican que, para el mismo año, entre las subcuencas de Biobío Alto, Vergara, Laja y Biobío Bajo se utilizaron $1.630.769.158 \text{ m}^3\text{año}^{-1}$ para riego agrícola y $24.963.013 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$ para riego forestal (*Pinus insigne*, *Eucaliptus globulus* y *Populus* sp.). El riego agrícola se concentra en el valle central de la cuenca (figura 1b), regando cerca de 102 mil ha (INE, 2012), de las cuales 83.000 ha están bajo riego gravitacional, 13.000 bajo riego mecánico y 5.000 bajo microrriego.

El consumo de agua por el sector doméstico en la región, durante el año 2014, fue de $99.717.000 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$ (SISS, 2014), abasteciendo a gran parte de la población de la cuenca (1,2 millones de habitantes). Con relación al uso de aguas subterráneas, no hay información suficiente para conocer en detalle el estado del mapa hidrológico en la zona. Sin embargo, se ha observado un incremento significativo de la demanda, que ha llevado a la sobreexplotación de las napas en muchas comunas de la cuenca. Aun cuando la cobertura de agua en Chile es alta, desde el año 2015 más del 80% de las comunas de la región se están abasteciendo de agua potable mediante camiones aljibe, situación que supone una inversión pública de \$6 mil millones / año.

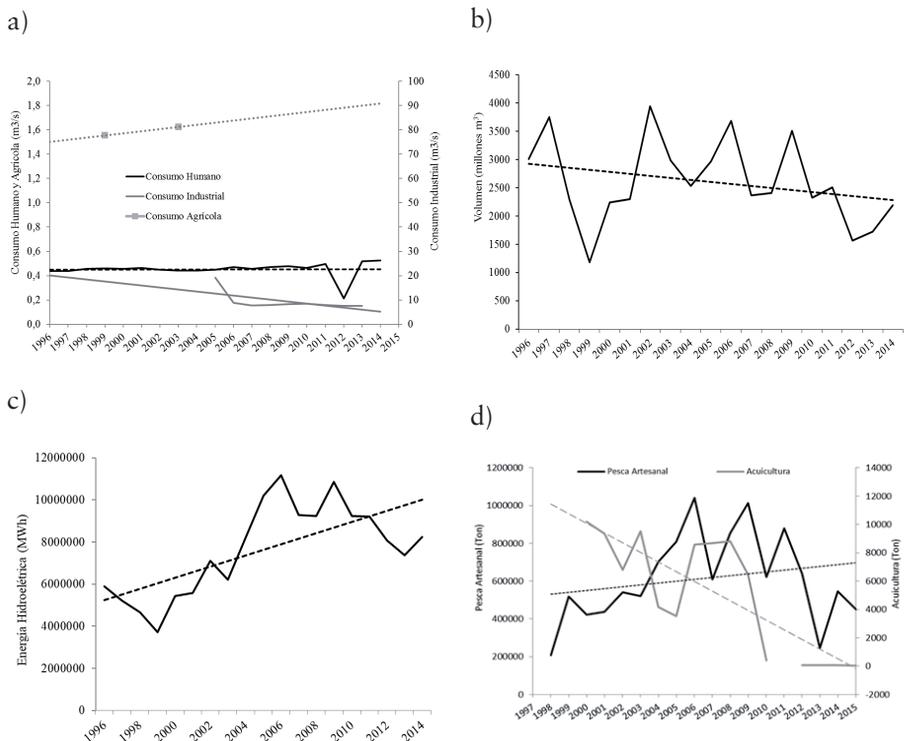
La actividad industrial también realiza una captación importante. En el año 2006 se cuantificaron 30 industrias en la cuenca, concentradas en las zonas media y baja y otras en la franja costera ligadas al sector forestal (figura 1c). Resulta algo complejo cuantificar la captación de agua de cada una pero, para efectos de este análisis, se consideraron los rubros celulosa, alimentario y sanitario, evidenciando que, desde el año 2006 al 2014 ha existido un aumento del ca. 20% en la captación de agua desde el río ($16.054.763 \text{ m}^3\text{mes}^{-1}$).

Las tendencias de los indicadores señalan un aumento en la demanda de agua para la agricultura (figura 2a), especialmente durante los escenarios de sequía que se extienden por períodos multianuales (IPCC, 2014). Estos episodios provocan el desabastecimiento de agua

potable en un número relevante de comunas, en la disponibilidad energética en los sectores altos de la cuenca, en la agricultura de los sectores medios y en la demanda industrial en los sectores bajos. Para hacer frente al déficit existente se implementan y proponen obras de ingeniería e infraestructura (*e.g.* sistema de regadío Laja-Diguillín, centrales de embalse y pasada), como las más recurrentes, además de los subsidios agrícolas.

Sin embargo, el volumen de agua almacenada en los embalses de la cuenca para hidroelectricidad y riego, aunque ha fluctuado con los años, sigue una tendencia a disminuir (figura 2b). La cantidad de agua almacenada está muy por debajo de su capacidad (2.190 millones m³). Este patrón está fuertemente influenciado por el sistema de operación de la empresa hidroeléctrica y no permite atribuir dicho decrecimiento netamente a factores climáticos. Por el contrario, el servicio de provisión de energía hidroeléctrica ha aumentado durante los últimos años (figura 2c), con la aprobación continua de nuevos proyectos hidroeléctricos (MMA, 2016).

FIGURA 2. CONSUMO DE AGUA POR LOS DIFERENTES SECTORES EN LA CUENCA DEL BIOBÍO (A); CANTIDAD DE AGUA ALMACENADA EN LOS EMBALSES (B); ENERGÍA HIDROELÉCTRICA GENERADA EN LA CUENCA (C) Y EVOLUCIÓN DE LA PESCA ARTESANAL Y PRODUCCIÓN EN ACUICULTURA (D).



La provisión de alimento (peces y otras especies dulceacuícolas y marinas) responde a necesidades de consumo propio (microescala) y a pequeña escala industrial. A nivel regional existen 54 centros de acuicultura (Sernapesca, 2016), pero existen datos específicos respecto al sector acuícola localizado en la cuenca reconociendo 10 instalaciones, y aunque estas no se encuentran en el cauce principal, captan aguas desde esteros o tributarios. Se conoce la extracción directa de pesca realizada por los pehuenches como economía de subsistencia. La información más formal se asocia a la zona costera adyacente de la cuenca del Biobío, donde los reportes del Sernapesca (2016) han estimado la producción de pesca artesanal en 450.253

toneladas en el año 2015, mientras que la cosecha en centros de acuicultura se estimó, para el mismo período, en 32 toneladas (INE, 2016). Estos datos dan cuenta de la productividad costera asociada al aporte del río (Della-Croce & Valdovinos, 1994; Ahumada, 1994; Leniz *et al.*, 2012; Iriarte *et al.*, 2012). Para analizar la tendencia del servicio de alimentación se han utilizado indicadores relativos a la pesca artesanal y acuicultura marina, dada la dependencia de las poblaciones piscícolas de las entradas de nutrientes desde los ríos (Santos-Martín *et al.*, 2015). Estos indicadores muestran un aumento en la captura de peces de subsistencia (y recreativa como servicio cultural), mientras que la explotación en acuicultura ha disminuido significativamente (figura 2d).

Respecto a las materias primas de origen mineral, se destaca la extracción de gravas y arenas para la construcción. A diferencia de otros estudios, la importancia de este servicio en la cuenca del río Biobío es «media-alta» (tabla 1). Desde el año 1998 al 2015 se han contabilizado 32 empresas que extraen áridos del lecho de los ríos. El número de empresas asociadas a este rubro ha aumentado durante los últimos tres años, llegando a extraer unos 5.791.633 m³ (SEA, 2015), sin contabilizar las extracciones ilegales.

Los ríos y zonas ribereñas son también fuente de recursos genéticos pero su importancia aún es poco conocida y valorada. Se clasificó este servicio como de «alta» contribución, reconociendo el potencial de la zona centro y sur de Chile como *hot spot* de biodiversidad (Myers *et al.*, 2000; Mittermeier *et al.*, 2011), con un 25% de endemismos (MMA, 2014b). Hasta el año 2013 se habían descrito 30.893 especies (MMA, 2015), pero existe un enorme desconocimiento del estado de conservación, encontrándose 623 especies (61,9%) en alguna categoría de riesgo. Los grupos más amenazados son los peces de aguas continentales (85,1%), seguidos por los invertebrados (79,1%) y las plantas vasculares (68,2%). Los estudios específicos a la cuenca del Biobío son escasos, con trabajos puntuales que no representan la evolución de los estados de conservación (EPAB, 2008; Fuentealba *et al.*, 2010).

3.4 Servicios de regulación

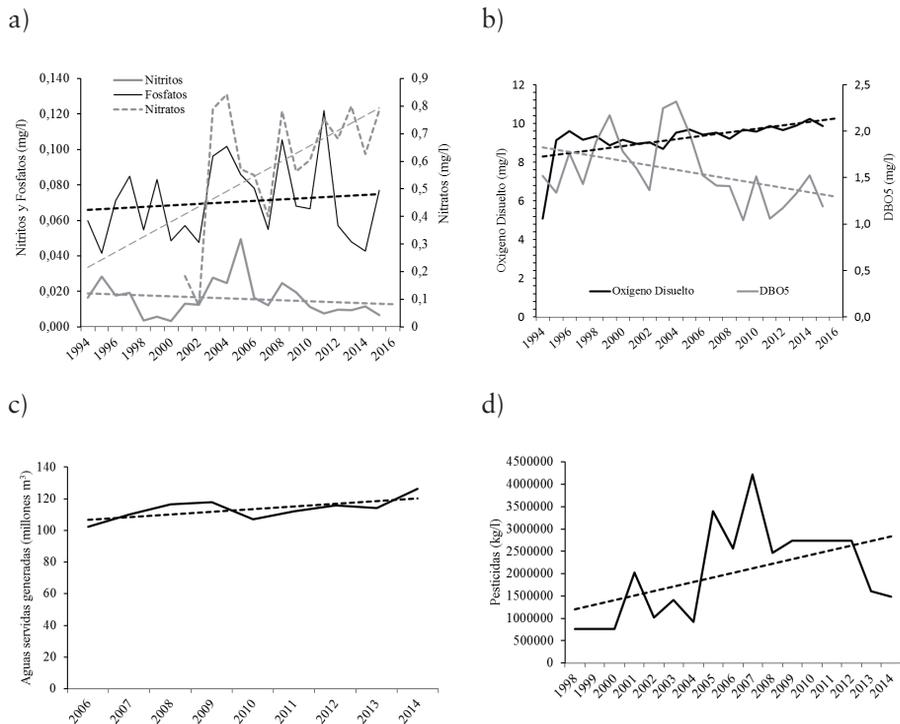
Este tipo de servicios no suelen ser percibidos por la población y son los que más intensa y rápidamente se deterioran (Vidal-Abarca & Suárez, 2013). Sin embargo, la regulación hídrica y de calidad de agua fue evaluada como «muy importante» (tabla 1). La cuenca del Biobío presenta un marcado gradiente altitudinal desde el clima frío de altura por encima de los 1.500 m en la Cordillera de los Andes con nieves perpetuas, hasta el clima templado costero húmedo con precipitaciones medias de $1.330 \text{ mm año}^{-1}$ y un período seco de cuatro meses de duración (MOP, 1987, 2004). De acuerdo con el balance hídrico de 1987, la escorrentía superficial en la parte alta de la cuenca era de $1.409 \text{ mm año}^{-1}$. En el sector norte se alcanzan valores de $1.975 \text{ mm año}^{-1}$, mientras que en la zona centro este valor aumenta a $2.021 \text{ mm año}^{-1}$. Las pérdidas debidas a la evaporación alcanzaron valores medios de $122,2 \text{ mm año}^{-1}$ en Los Ángeles (sector medio de la cuenca). En las partes altas del río Biobío, la evaporación es menor, alcanzando valores de $101,6 \text{ mm año}^{-1}$ (MOP, 1987). Sin embargo, esta condición de base ha sido modificada por los embalses construidos para retener agua y controlar el flujo de los ríos asociados a la generación hidroeléctrica. La región del Biobío cuenta con cuatro embalses (uno natural y tres artificiales) que almacenan alrededor de 1.566 millones de $\text{m}^3 \text{ año}^{-1}$ (DGA, 2012a). Además, en la zona media de la cuenca existen una serie de canales de riego e intervenciones que aumentan la evaporación e infiltración de las aguas (Grantham *et al.*, 2013).

Respecto a la calidad de agua, el río presenta una capacidad autodepuradora identificada como «muy alta» en varios estudios (Vargas, 2000), lo cual concuerda con los datos de calidad del agua, que muestran una tendencia a la disminución de la concentración de nitritos (figura 3a) y DBO_5 , un aumento del oxígeno disuelto (figura 3b), e incremento de nitratos y fosfatos (figura 3a). De acuerdo con el monitoreo realizado por el Centro EULA durante 20 años, la mayoría de los tramos del curso principal y tributarios de esta cuenca presenta aguas de buena calidad, transparentes, oxigenadas, blandas y oligotróficas, disminuyendo su calidad en los tramos bajos

por la actividad agrícola e industrial (Parra *et al.*, 2013). A ello han contribuido las nuevas plantas de tratamiento de aguas servidas (PTAS), que a nivel regional supera el 99,9% de cobertura, depurando alrededor de 160 millones de m³ (SISS, 2012), y a la tecnología implementada por las industrias usuarias de la cuenca (SINIA, 2004). No obstante, el aumento significativo en las concentraciones de nitratos probablemente se deba a la incorporación de las aguas depuradas al río (figura 3c) y a la utilización de fertilizantes y pesticidas en la agricultura (con un incremento de alrededor del 75% durante las últimas décadas) (figura 3d; SAG, 2012). En el año 2013 el consumo de plaguicidas superó 1,6 toneladas, duplicando los valores del año 2000 (766 kg) (INE, 2014). La restauración de las PTAS en la región, tras el terremoto de 2010, y las nuevas necesidades de depuración de otras localidades, han llevado a inversiones cercanas a los US\$56 millones, incrementando las tarifas asociadas a la depuración. Por otro lado, la capacidad de autodepuración de los ríos disminuye con la desviación de flujos de agua utilizados en la agricultura. El MOP (1991) registró 2.212 canales de regadío, mientras que la DGA (2016) estimó 706 derechos de agua concedidos para riego en toda la cuenca, incluyendo fuentes subterráneas y superficiales, con un caudal promedio anual de 118.131 l s⁻¹, denunciando que el uso real de agua para la agricultura está escasamente fiscalizado y actualizado.

Las relaciones entre los indicadores de los SE de regulación son evidentes. Así, la contaminación difusa también se asocia a la pérdida de vegetación de ribera, a los cambios de uso del suelo debido al desarrollo silvícola (figura 4a) y a la erosión de suelos producida por la agricultura. En este sentido, CIREN (2010) señala que la superficie con algún grado de erosión alcanza los 1,18 millones de ha (31,9% de la superficie regional).

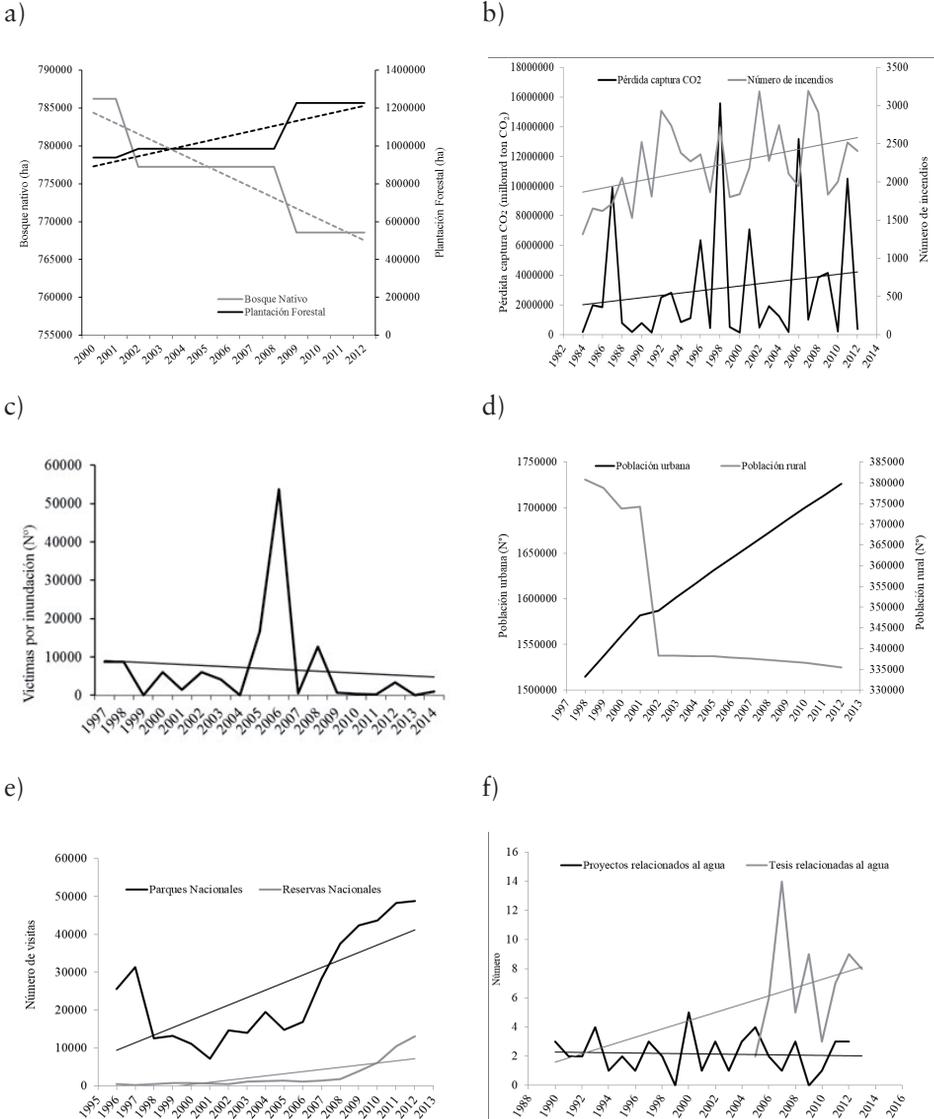
FIGURA 3. CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES (NITRITOS, NITRATOS Y FOSFATOS (A) Y OXÍGENO DISUELTUO Y DBO₅ (B)), MEDIDOS EN ESTACIONES DE LA CUENCA DEL BIOBÍO. GENERACIÓN DE AGUAS SERVIDAS (C) Y USO DE PESTICIDAS (D)



La silvicultura también hace uso de pesticidas y amplía su cobertura en desmedro de los bosques nativos, mostrando una estrecha relación con la ocurrencia de incendios forestales (Díaz *et al.*, 2018) y, en consecuencia, con la pérdida en la capacidad reservoria de CO₂ de la superficie de bosque quemada (figura 4b). Aunque los ecosistemas de agua dulce contribuyen poco a la absorción de carbono, los bosques de ribera sí son considerados sumideros de carbono a escala regional (Aufdenkampe *et al.*, 2011). La ausencia de catastros y el bajo estado de conservación de la vegetación ribereña imposibilitan la obtención de datos concretos del estado actual. El índice de calidad de riberas (ICA), recientemente aplicado

(MMA, 2016), señala que los tramos monitoreados presentan fuertes intervenciones y baja conservación de la vegetación natural, siendo, en algunos sectores, nula o de tipo exótica y distribuida de manera aislada. Con relación a la cuenca, los cálculos realizados por Díaz *et al.* (2018) estiman que las plantaciones forestales son reservorio de carbono entre 90 y 580 t ha⁻¹, dependiendo de la edad de corte y el modelo de explotación. Respecto del bosque nativo, al existir una demanda más controlada de las especies, y dado que alcanzan mayor longevidad, acumulan un mayor *stock* de CO₂ en el tiempo (Mackey *et al.*, 2008). En este sentido, resulta interesante diferenciar la importancia del bosque nativo y las plantaciones forestales en términos de provisión de SE, sobre todo en áreas ribereñas (Little & Lara, 2010), donde su ausencia disminuye la capacidad de infiltración del agua y de mitigación de riesgos naturales. Las inundaciones y sequías son fenómenos naturales recurrentes con un enorme impacto económico-social. Entre 1997 y 2013 murieron 580 personas en la región producto de temporales o inundaciones, mientras que 123 mil personas resultaron damnificadas (INE, 2014). Un ejemplo lo constituye las inundaciones ocurridas en el año 2006, donde la desembocadura del río Biobío alcanzó un caudal de casi 14.000 m³s⁻¹ (DGA, 2010), registrándose 57.733 damnificados y 21 pérdidas humanas (figura 4c) (Onemi, 2011).

FIGURA 4. EVOLUCIÓN DEL BOSQUE NATIVO Y PLANTACIONES FORESTALES EN LA CUENCA DEL BIOBÍO (A); CAPACIDAD RESERVORIA DE CO₂ DE LOS BOSQUES Y SU RELACIÓN CON LOS INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN DEL BIOBÍO (B) Y NÚMERO DE DAMNIFICADOS POR INUNDACIONES (C); VARIACIÓN DE LA POBLACIÓN URBANA Y RURAL (D); REGISTRO DE VISITANTES A PARQUES NACIONALES Y RESERVAS NATURALES EN LA CUENCA DEL BIOBÍO (E) Y GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO SOBRE LOS RECURSOS HÍDRICOS Y LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS DE LA CUENCA DEL BIOBÍO (F)



3.5 Servicios culturales

En la parte alta de la cuenca, la disponibilidad del recurso hídrico es muy relevante, permitiendo el desarrollo de diversas actividades (disfrute del paisaje, actividades recreativas, prácticas ancestrales y ecoturismo). Ello se expresa en una «alta valoración» del servicio estético. Los paisajes con espejos de agua son cada vez más valorados y requeridos por la población, coincidiendo con las áreas protegidas localizadas en la cuenca del Biobío (figura 1d) (Conaf, 2013). En total, las zonas protegidas abarcan una superficie aproximada de 195.000 ha y registran un número de visitas superior a 80.000 personas al año, con un aumento del 120% entre los años 1996 y 2013 (INE, 2014) (figura 4e). Entre otras actividades destacan la pesca deportiva asociada a especies exóticas introducidas (salmón y trucha), autorizada en seis sistemas acuáticos (Sernapesca, 2012); la visita a balnearios en época estival y a centros con aguas termales, durante todo el año.

Los SE asociados a la identidad cultural, sentido de pertenencia, valores espirituales y religiosos, en la cuenca, cuentan con una valoración «alta» y «media alta». El indicador utilizado es la relación edad / población, pues se reconoce en las poblaciones adultas su contribución al traspaso de conocimiento a nuevas generaciones (Cepal & AECI, 2007). En este marco, tienen especial importancia las comunidades indígenas de Alto Biobío, representadas por siete comunidades de etnia mapuche cuya subsistencia depende de los SE, de los cuales se abastecen mediante una gestión sostenible del territorio (Azócar *et al.*, 2002). La cosmovisión mapuche relaciona el ordenamiento del mundo, sus formas de expresión material y simbólica, a ritos y ceremonias. La utilización de plantas medicinales (*e.g.* romero, ruda, laurel y canelo) ha traspasado barreras culturales, siendo incorporado al colectivo popular para beneficio de la salud de la comunidad.

El incremento de diversos proyectos (fundamentalmente urbanísticos) no solo ha impedido gestionar el territorio en su aptitud, sino también respetar la identidad cultural y social de los habitantes de la cuenca. Uno de los más impactantes fue el crecimiento

desordenado de las ciudades ribereñas. En el año 1939, la creación de la Corfo (Corporación de Fomento de la Producción) para potenciar el desarrollo industrial del área metropolitana, trajo consigo el desplazamiento de poblaciones rurales hacia la ciudad, asentándose en espacios naturales (riberas del río Biobío), generando espontáneos barrios no articulados y sin servicios y ocasionando la pérdida del valor paisajístico y estético del área. Recién en la década del noventa se intentó recuperar la ribera para la ciudad (Henríquez *et al.*, 2009), aunque no su funcionalidad ecológica. En la zona media de la cuenca, la industria forestal (celulosa) utiliza terrenos cercanos a las riberas como soporte, el agua como recurso y los cauces como receptores de efluentes. En la parte alta, el desarrollo hidroeléctrico ha provocado el reasentamiento de comunidades rurales locales y la migración de población urbana hacia pequeños poblados. La aplicación de las medidas de mitigación, por los impactos realizados, ha obviado las tradiciones locales y facilitado el acceso a nuevos elementos, como el uso de la agricultura tecnificada y el endeudamiento. En este sentido, la fuerte disminución de la población rural en la región del Biobío (figura 4d) es una de las principales razones por la que los servicios culturales han ido disminuyendo.

En cuanto al conocimiento científico, la cuenca del Biobío es un ejemplo poco común en Chile, dado el aumento significativo en el número de proyectos científicos relacionados con el agua desde 1990 a la fecha (promedio de siete proyectos / año y 36 tesis doctorales [Conicyt, 2015]) (figura 4f). En *SCOPUS data base* se relacionan un total de 322 documentos. Contrariamente, el servicio de educación ambiental ha sido valorado de importancia «media-baja». Existen proyectos de educación, promovidos y financiados por entidades públicas y privadas (*e.g.* universidades, Conicyt, Explora, Fondecyt, Fondef, Conaf, etcétera), pero se denota una escasa sensibilización de la población hacia temas ambientales. En la cuenca del Biobío los proyectos de educación son pocos y se asocian a programas de difusión de la investigación realizada en cuenca.

3.5. Biodiversidad como soporte de los servicios ecosistémicos

La biodiversidad es el elemento clave en la generación de SE (Naiman & Dudgeon, 2011; Cardinale *et al.*, 2012). En Chile, la biodiversidad tiene prioridad mundial de conservación (Myers *et al.*, 2000; Glover & Earl, 2004; Mittermeier *et al.*, 2004), dado su alto endemismo, que la hace única, especialmente en la región del Biobío (Figueroa *et al.*, 2013). Respecto a la fauna dulceacuícola, en la actualidad se reconocen 18 especies de peces nativas (la mayor parte se encuentra en estado vulnerable o en peligro) y cuatro introducidas (Campos *et al.*, 1993a, 1993b; 1998; Ruiz *et al.*, 1993; Ruiz & Berra, 1994; Vila & Habit, 2015). Con relación a los invertebrados acuáticos, el nivel de conocimiento es bajo, sin embargo, se han descrito 116 taxa (MMA, 2016), siendo los Díptera, Trichoptera, Ephemeroptera, Plecoptera y Coleóptera los órdenes dominantes, información que complementa lo descrito por Arenas (1995). En la parte baja del río, fuera de los efectos de los factores antrópicos, el sustrato (arenas móviles) es limitante para la diversificación de esta comunidad, albergando algunos Nereidos y crustáceos descritos por Bertrán *et al.* (2000). Respecto a la flora acuática, se han identificado 252 taxa de fitoplancton y fitobentos, siendo las *Bacillariophyceae* el grupo de mayor riqueza específica, con 115 especies, seguidas de las *Chlorophyceae*, con 104; *Cyanophyceae*, con 22; *Cryptophyceae*, con 4; *Euglenophyceae*, con 4; *Chrysophyceae*, con 2 y *Xantophyceae*, con 1.

4. DISCUSIÓN

Las cuencas hidrográficas constituyen el capital natural que genera un flujo diverso de SE, donde el agua resulta el elemento estructurante del paisaje (Keys *et al.*, 2012; Hernández & Gerald, 2015) y dinamizador hacia la sociedad (Falkenmark, 2003; Mount & Bielak, 2011). En Chile, la disponibilidad de agua es cada vez menor y de menor calidad, debido a los fenómenos de globalización y modelos de mercado que se sustentan en la explotación de materias primas dependientes del recurso hídrico, contrapuestos a la

percepción y la valorización de distintos actores. Por una parte, el Código de Aguas chileno (DFL 1122) considera los recursos como un bien transable, por lo que es el mercado quien decide cómo y dónde usarlos, y, por otra, la visión de las comunidades indígenas y de la sociedad, que extraen de los sistemas naturales, alimentos, hierbas medicinales, utensilios y elementos de subsistencia que asocian a un valor espiritual de profundo agradecimiento (Grünewald *et al.*, 2009; Quilodrán & Torres, 2009; Correa-Araneda *et al.*, 2011), constituyendo un modelo básico de sustentabilidad y conectividad.

En la cuenca del Biobío, el agua dulce constituye un elemento discordante al analizar los servicios de provisión. Aunque el uso prioritario es el abastecimiento humano (OHCHR, 2000), tan solo supone el 4% del total utilizado, a pesar del continuo aumento de la población (13,2% en la última década). Por el contrario, los usos agrícolas (85%) e industrial (11%) siguen en aumento (figura 2a). El extraordinario crecimiento de las plantaciones forestales en la cuenca del Biobío, además de utilizar grandes cantidades de agua y contribuir a problemas de contaminación difusa, ha afectado a las comunidades rurales que viven de los recursos naturales locales, trayéndoles marginalización, aislamiento y pobreza e incentivando su migración hacia las ciudades (Montalba-Navarro & Castro, 2003; Montalba-Navarro, 2004).

Los servicios culturales asociados a la identidad y tradiciones de las poblaciones indígenas también se han enfrentado a grandes proyectos, cuyo resultado ha sido su evidente deterioro en zonas de tradiciones ancestrales profundas. Los reasentamientos y la incorporación del urbanismo como concepto de modernización, y no de integración, junto con la mala gestión del territorio, también han contribuido a una pérdida importante de actividades recreativas. El informe anual emitido por el Ministerio del Medio Ambiente (MMA, 2015) señala que solo el 2,3% de las áreas protegidas de Chile se encuentra en la región del Biobío, denunciando el poco interés por mantener los servicios de regulación y culturales frente a la potenciación de los servicios de provisión. La cuenca del Biobío genera casi el 40% de la energía nacional y parte del agua acumulada para este fin

se encuentra en una reserva nacional. Asimismo, alrededor del 27% de la cuenca corresponde a plantaciones forestales y el 17,6% a uso agrícola (INE, 2007), lo que también explica la tendencia al deterioro de los indicadores de provisión evaluados (tabla 1), de las funciones ecosistémicas (servicios de regulación) y de los servicios culturales.

La cuenca del Biobío ha sido, históricamente, una fuente de recursos y asentamientos humanos, ajustándose a un modelo de inequidad social donde la gestión del territorio está focalizada a proveer uno o pocos servicios de provisión (agricultura, energía hidroeléctrica, explotación forestal). Privilegiar estos usos de agua está jugando en contra del desarrollo regional, cuya consecuencia principal es la conversión de territorios multifuncionales a sistemas homogéneos, que suponen un beneficio económico a corto plazo, pero una pérdida de bienestar humano a largo plazo por la degradación de la biodiversidad, la disminución de un flujo variado de servicios y la pérdida de valores culturales asociados a las comunidades rurales. En este sentido, hay que considerar que los sistemas naturales son dinámicos e impredecibles, por lo que una correcta gestión debería tener en cuenta la variabilidad ambiental, en lugar de buscar la estabilidad y previsibilidad (WWAP, 2012).

Sin embargo, en las políticas chilenas de gestión territorial solo se incorporan aspectos de mitigación y compensación, que tardíamente se traducen en términos económicos y reemplazan la funcionalidad ecológica por la productividad. Modelos errados visualizan los servicios de regulación canalizando ríos, construyendo embalses y represas, en desmedro de la naturalidad, como elemento clave de la sustentabilidad y resiliencia de los ecosistemas. Existen importantes vacíos en temas de inversiones públicas e incentivos privados que resuelvan los problemas de cantidad y calidad de las aguas de los ríos y zonas de ribera. En este sentido, la contaminación de los ríos puede ser controlada mediante buenas prácticas, como la conservación de las llanuras de inundación y la vegetación ribereña asociada (Cummins, 1974, 2002; Gergel *et al.*, 2002; Baudry & Thenail, 2003; Ríos & Bailey, 2006), que contribuyen como zona *buffer* a la

retención de sedimentos, contaminantes y nutrientes provenientes de las áreas adyacentes (Romero *et al.*, 2014).

Estas problemáticas pueden agudizarse en escenarios de cambio climático, que aumentan la incertidumbre sobre la linealidad de los cambios, cuyas consecuencias ambientales y sociales no se conocen (Rojas, 2013). Los nuevos modelos deberían otorgar un valor intrínseco a cada sector de la cuenca, retomando la concepción de los ríos como elementos estructurantes del paisaje, función reconocida, desde hace siglos, por algunas civilizaciones que desarrollaban sus actividades en torno a este recurso (Capellà, 2009). No se debe subestimar el conocimiento generado en las poblaciones locales, que gestionan su territorio de manera sustentable, aportando, con ello, un valor cultural. Conocer y utilizar el marco conceptual de los servicios ecosistémicos, como instrumento de planificación, maximiza su prestación en cada área de interés, identificando y analizando las condiciones biogeofísicas de cada sector de la cuenca (*e.g.* tipo de ecosistema, presencia de especies claves, intervenciones de gestión, ubicación de comunidades humanas, clima y topografía circundante, efectos sinérgicos). Esta aproximación, que no necesariamente va en contra de los intereses económicos, evitaría la sobreexplotación de los recursos naturales, conservando la conectividad necesaria para generar y mantener los SE dentro de los límites naturales de una cuenca. El modelo actual de gestión del agua en Chile descansa en el Código de Aguas (1981), que solo administra derechos de uso, ignorando las verdaderas necesidades: consumo humano, saneamiento, preservación ecosistémica y las mismas funciones productivas.

Desarrollar investigación es básico, como lo es también la disposición ordenada de sus resultados, también de la información histórica, para la cuantificación de los servicios ecosistémicos. Al respecto, la cuenca del Biobío constituye uno de los sistemas más estudiados del país —desde la década del noventa— gracias al desarrollo del proyecto EULA. Sin embargo, la información disponible aún resulta escasa y fragmentada y, en términos de gestión, ignorada. La motivación de estudios como el presente radica en sintetizar y evidenciar la necesidad de generar información de calidad que ayude

a evaluar los beneficios de la conservación de los recursos naturales, con base en la identificación de los impulsores directos de cambio y sus indicadores, aceptando la equidad social como paradigma de sustentabilidad y que promueva, con base científica, un cambio de conducta en la resolución y dirección de las políticas públicas.

Agradecimientos

Este estudio fue financiado por el proyecto CONICYT-FONDAP 15130015 (CRHIAM). Agradezco el apoyo de Becas de Tesis Doctoral de la Comisión Nacional de Investigación, Ciencia y Tecnología (CONICYT).

Fue enviado a la revista *Environmental Management* como: Assessment of ecosystem services in the Biobío river (Chile): a basin-scale review.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahumada, R. (1994) Condiciones oceanográficas del golfo de Arauco y bahías adyacentes. En: *El río Biobío y el mar adyacente como unidad ambiental. Chile Central*. F.R. Nolberto Della-Croce (editor). Instituto de Ciencias del Medio Ambiente Marino. Universidad de Génova. Pp. 5-72. Santa Margherita Ligure, Italia.
- Arenas J. (1978) Análisis de la alimentación de *Salmo gairdneri* Richardson en el lago Riñihue y río San Pedro, Chile. *Medio Ambiente*. Vol. 3, No. 2, pp. 50-58.
- Arenas J.M. (1995) Composición y distribución del macrozoobentos del curso principal del río Biobío, Chile. *Medio Ambiente*. Vol. 12, No. 2, pp. 39-50.
- Arumí J.L.; Rivera, D.; Muñoz, E.; Billib, M. (2012) Interacciones entre el agua superficial y subterránea en la región del Biobío de Chile. *Obras y Proyectos*. No. 12, pp. 4-13.
- Aufdenkampe, A.K.; Mayorga, E.; Raymond, P.A.; Melack, J.M.; Doney, S.C.; Alin, S.R.; Aalto, R.E.; Yoo, K. (2011) Riverine coupling of biogeochemical cycles between land, oceans, and atmosphere. *Frontiers in Ecology and the Environment*. Vol. 9, No. 1, pp. 53-60.
- Azócar, G.; Sanhueza, R.; Aguayo, M.; Valdés, C. (2002) Propiedad y ordenamiento territorial en áreas de desarrollo indígena: el caso del

- Alto Biobío. Capítulo VI: Ordenamiento sustentable del territorio regional. *Revista Ambiente y Desarrollo*. Vol. 18, No. 2-3-4.
- Bates, B.C.; Kundzewicz, Z.W.; Wu, S.; Palutikof, J.P. (2008) *El cambio climático y el agua*. Documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Secretaría del IPCC. Ginebra, Suiza.
- Baudry, J.; Thenail, C. (2003) Interaction between farming systems, riparian zones and landscape patterns: a case study in western France. *Landscape and Urban Planning*. Vol. 67, No. 1-4, pp. 121-129.
- Benra, F. (2014) *Mapeo del valor social de las oportunidades de recreación: un caso de estudio en la comuna de Panguipulli, Región de los Ríos, Chile*. Tesis para optar al título de Ingeniero en Conservación de Recursos Naturales. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- Bertrán, C.; Arenas, J.; Parra, O. (2000) Macrofauna del curso inferior y estuario del río Biobío (Chile): cambios asociados a variabilidad estacional del caudal hídrico. *Revista Chilena de Historia Natural*. Vol. 73, pp. 541-550.
- Campos, H.; Ruiz, V.H.; Gavilán, J.F.; Alay, F. (1993a) *Peces del río Biobío*. Serie Publicaciones de Divulgación EULA, Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Campos, H.; Alay, F.; Ruiz, V.H.; Gavilán, J.F. (1993b) Antecedentes biológicos de la fauna íctica presente en la hoya hidrográfica del río Biobío. En: *Seminario Limnología y Evaluación de Impacto Ambiental*. Parra, O. & Faranda, F. (editores). Ediciones Centro EULA-Chile, Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Capellà, H. (2009) Por los caminos de la identidad y del desarrollo regional. *Atenea*. No. 500, pp. 75-79, ISSN 0716-1840.
- Carrasco-Lagos, P.; Romero, R.A.; Ibarra-Vidal, H.; Tala, C.H. (2012) *Vertebrados en peligro de extinción de la región del Biobío, Chile*. Seremi de Medio Ambiente Región del Biobío. Universidad Santo Tomás y Exp. Ediciones al conocimiento.
- Cardinale, B.J.; Emmett Duffy, J.; Gonzalez, A.; Hooper, D.; Perrongs, Charles, Venail, P.; Narwani, A.; Mace, G.; Tilman, D.; Wardle, D.; Kinzig, P.; Daily, G.; Loreau, M.; Grace, J.; Larigauderie, A.; Srivastava, S.; Naeem, S. (2012) Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*. Vol. 486, pp. 59-67.
- Cepal & AECI (2007) *Cohesión social: inclusión y sentido de pertenencia en América Latina y el Caribe*. Santiago, Chile. Disponible en: file:///C:/Users/Mar%C3%ADaRosario/Downloads/cohesion_socialAL_CEPAL.pdf
- CIREN, Centro de Información de Recursos Naturales (2010) *Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile*. Región del Biobío. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile.

- CR2, Centro de Investigación del Clima y la Resiliencia (2015) *Informe a la Nación: la megasecuía 2010-2015. Una lección para el futuro*. Proyecto Fondap de Conicyt (Proyecto 15110009). Universidad de Chile, Universidad de Concepción y Universidad Austral de Chile. Disponible en: www.cr2.cl/megasecuía
- Conicyt, Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología (2015) *Estadísticas por programa*. Ministerio de Educación. Disponible en: www.conicyt.cl/documentos-y-estadisticas/estadisticas/estadisticas-por-programas/
- Conaf, Corporación Nacional Forestal (2013) *Parques nacionales*. Disponible en: www.conaf.cl/parques-nacionales/
- Correa-Araneda, F.; Urrutia, J.; Figueroa, R. (2011) Estado del conocimiento y principales amenazas de los humedales boscosos de agua dulce de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*. Vol. 84, No. 3, pp. 325-340.
- Costanza, R.; Darge, R.; De Groot, R.; Farber, S.; Grasso, M.; Hannon, B.; Limburg, K.; Naeem, S.; Oneill, R.V.; Paruelo, J.; Raskin, R.G.; Sutton, P.; Van Den Belt, M. (1997) The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*. Vol. 387, pp.253-260.
- Cummins, K.W. (1974) Structure and function of stream ecosystems. *Bioscience*. Vol. 24, pp.31-41.
- Cummins, K.W. (2002) Riparian-stream linkage paradigm. *Verhandlungen der internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*. Vol. 28, pp. 49-58.
- De Juan, S.; Gelcich, S.; Ospina-Álvarez, A.; Pérez-Matus, A.; Fernández, M. (2015) Applying an ecosystem service approach to unravel links between ecosystems and society in the coast of central Chile. *Science of the Total Environment*. Vol. 533, pp. 122-132.
- Delgado, L.E.; Sepúlveda, M.B.; Marín V.H. (2013) Provision of ecosystem services by the Aysén watershed, Chilean Patagonia, to rural households. *Ecosystem Services*. Vol. 5, pp. 102-109.
- Della-Croce, N.; Valdovinos, C. (1994) *Caracterización ambiental del área marina costera bajo la influencia de la cuenca hidrográfica del río Biobío, Chile central (1989-1992)*. Centro EULA, Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Díaz, M.E.; Figueroa, R.; Vidal-Abarca, M.R.; Suárez, M.L.; Climent, M. (2018) Production and forest fires: canceling ecosystem services in the Biobío region, central Chile. *Gayana Botánica*. Vol. 75 (1), pp. 482-493.
- DGA, Dirección General de Aguas (2010) *Ley 20.304 «Sobre operación de embalses frente a alertas de emergencias de crecidas y otras medidas que indica. Definición de Embalse Ralco como Embalse de Control»*. División de Estudios y Planificación. Disponible en: documentos.dga.cl/EMB5224.pdf

- DGA, Dirección General de Aguas (2012a) *Información pluviométrica, fluviométrica, estado de embalses y aguas subterráneas*. Boletín No. 407.
- DGA, Dirección General de Aguas (2012b) *Estudio hidrogeológico cuenca Biobío*. Tomo I. Informe final y Planos Aqwatera Ingenieros Limitada.
- DGA, Dirección General de Aguas (2016) *Derechos de aguas*. Disponible en: www.dga.cl/sitioDerechos/Paginas/default.aspx
- ENERGÍA ABIERTA (2015) *Comisión Nacional de Energía*. Disponible en: energiaabierta.cne.cl/
- EPAB, Estrategia y Plan de Acción para la Región del Biobío (2008) *Comisión Nacional de Medio Ambiente*. Amenazas, Basado en «A Biodiversity Vision for the Valdivian Temperate Forest Ecoregion of Chile and Argentina» (WWF, 2002).
- Falkenmark, M. (2003) Freshwater as shared between society and ecosystems: from divided approaches to integrated challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. Vol. 358, pp. 2037-2049.
- Figueroa, R.; Bonada, N.; Guevara, M.; Pedreros, P.; Correa-Araneda, F.; Díaz, M.E.; Ruiz, V.H. (2013) Freshwater biodiversity and conservation in Mediterranean climate streams of Chile. *Hydrobiologia*. Vol. 719, pp. 269-289.
- Fisher, B.; Turner, R.K.; Morling, P. (2009) Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics*. Vol. 68, pp. 643-653.
- Fuentealba, C.; Figueroa, R.; Morrone, J. (2010) Análisis de endemismo de moluscos dulceacuícolas de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*. Vol. 83, pp. 289-298.
- Gergel, S.E.; Turner, M.G.; Miller, J.R.; Melack, J.M.; Stanley, E.H. (2002) Landscape indicators of human impacts to riverine systems. *Aquatic Sciences*. Vol. 64, pp.118-128.
- Glover, L.; Earl, S. (2004) *Defying ocean's end: An agenda for action*. Island Press. Washington, Estados Unidos.
- González Parra, C.; Simon, J.; Villegas, K. (2009) Identidad étnica y la reproducción cultural-social: un juego dialéctico en el caso de la comunidad indígena mapuche-lafkenche Trauco Pitra Cui, Chile. *Contracorriente*. Vol. 6, No. 3, pp. 61-89.
- Grantham, T.; Figueroa, R.; Prat, N. (2013) Water management in Mediterranean river basins: a comparison of management frameworks, physical impacts, and ecological responses. *Hydrobiologia*. Vol. 719, pp. 51-82.
- Grünewald, V.; Figueroa, R.; Parra, O. (2009) Recursos hídricos asociados a la actividad minera en territorio aymará. En: *Gobernanza del agua en Latinoamérica y Europa: actores sociales, conflictos y*

- territorialidad*. Jacobi, P.R. & De Almeida Sinisgalli, P.R. (editores), Volumen III. Annablume editorial. Sao Paulo, Brasil.
- Habit, E.; Rosenberger, A. (2004) Introduced species in Chile's freshwaters- the need for research. *Newsletter of the Introduced Fish Section American Fisheries Society*. Vol. 21, No. 1, pp. 3-4.
- Henríquez, C.; Villarouco, F.; Figueroa, R.; Bava, S.; Orrego, R.; Hamdani, S.; Ramírez, M.; Moura, M.; Pedrero, P.; Soto, R.; Baudel, E. (2000) Ordenamiento del territorio, estudio de caso: programa de recuperación urbana ribera norte río Biobío, Concepción, VIII región, Chile. *Anales de la Sociedad Geografía de Chile*. Pp. 49-56.
- Henríquez, D. (2012). *Presencia de contaminantes emergentes en aguas y su impacto en el ecosistema. Estudio de caso: Productos farmacéuticos en la cuenca del río Biobío, Región del Biobío, Chile*. Tesis para optar al grado de magíster en Ciencias de la Ingeniería mención Recursos y Medio Ambiente Hídrico. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Hernández, J.; Gérald, A. (2015). *Antropoceno y hábitat: un survey para la discusión ante la capitalización de la naturaleza*. Memorias Congreso Internacional de Investigación Científica Multidisciplinaria. Instituto Tecnológico de Monterrey. Monterrey, México.
- INE, Instituto Nacional de Estadística (1997) *VI Censo Nacional Agropecuario y Forestal*. Santiago, Chile.
- INE, Instituto Nacional de Estadística (2007) *VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal*. Disponible en: www.ine.cl/canales/chile_estadistico/censos_agropecuarios/censo_agropecuario_07_comunas.php
- INE, Instituto Nacional de Estadística (2010) *Informe Anual 2010*. Disponible en: www.ine.cl/canales/menu/publicaciones/compendio_estadistico/compendio_estadistico2010.php
- INE, Instituto Nacional de Estadísticas (2012) *Compendio estadístico año 2012*. Disponible en: www.ine.cl/canales/menu/publicaciones/compendio_estadistico/compendio_estadistico2012.php
- INE, Instituto Nacional de Estadística (2014) *Informe Anual 2014*. Disponible en: www.ine.cl/canales/chile_estadistico/estadisticas_medio_ambiente/2014/informe-medio-ambiente2014.pdf
- INE, Instituto Nacional de Estadística (2016) *Informe Anual 2016*.
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (2014) *Cambio climático 2014: impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resumen para responsables de políticas*. Contribución del Grupo de Trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Organización Meteorológica Mundial. Ginebra, Suiza.
- Iriarte, J.L.; Vargas, C.A.; Bermúdez, R.; Urrutia, R.E.; Tapia, F.J. (2012) Primary production and plankton carbon biomass in a river-influenced

- upwelling area off Concepción, Chile. *Progress in Oceanography*. Vol. 92, No. 1, pp. 97-109.
- Junk, W.J.; Bayley, P.B.; Sparks, R.E. (1989) The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*. Vol. 106, pp. 110-127.
- Keys, P.; Barron, J.; Lannerstad, M. (2012) *Releasing the pressure: water resource efficiencies and gains for ecosystem services*. United Nations Environment Programme. Stockholm Environment Institute. Estocolmo, Suecia.
- Lara, A.; Little, C.; Urrutia, R.; Mcphee, J.; Álvarez-Garretón, C.A.; Oyarzún, C.; Soto, D.; Donoso, P.; Nahuelhual, L.; Pino, M.; Arismendi, I. (2009) Assessment of ecosystem services as an opportunity for the conservation and management of native forests in Chile. *Forest Ecology and Management*. Vol. 258, pp. 415-424.
- Leniz, B.; Vargas, C.; Ahumada, R. (2012) Characterization and comparison of microphytoplankton biomass in the lower reaches of the Biobío River and the adjacent coastal area off Central Chile during autumn-winter conditions. *Latin American Journal of Aquatic Research*. Vol. 40, No. 4, pp.
- Leone, B.; Cerda, J.; Sala, S.; Reid, B. (2014) Mink (Neovison vison) as a natural vector in the dispersal of the diatom *Didymosphenia geminata*. *Diatom Research*. Vol. 29, No. 3, pp. 259-266.
- Little, C.; Lara, A. (2010) Restauración ecológica para aumentar la provisión de agua como un servicio ecosistémico en cuencas forestales del centro-sur de Chile. *Bosque* (Valdivia). Vol. 31, No. 3, pp. 175-178.
- Mackey, B.; Keith, H.; Berry, S.; Lindenmayer, D. (2008) *Green carbon: the role of natural forests in carbon storage*. Parte 1: A green carbon account of Australia's South-Eastern Eucalypt Forest and Policy Implications. ANU E. Press. The Australian National University. Canberra, Australia.
- Mardones, M.; Vidal, C. (2001) La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo geomorfológico: un instrumento para la planificación urbana en la ciudad de Concepción. *Revista EURE*. Vol. 27, No. 81, pp. 97-122.
- EEM, Millennium Ecosystem Assessment (2005) *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Island Press. Washington, Estados Unidos.
- MMA, Ministerio de Medio Ambiente (2014a) *Análisis general del impacto económico y social de las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de la cuenca del río Biobío*. Departamento de Economía Ambiental. Disponible en: planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2015/proyectos/Folio_11131136_AGIES_NSCA_Biobio.pdf

- MMA, Ministerio de Medio Ambiente (2014b) *Quinto informe nacional de biodiversidad de Chile ante el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD)*. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile.
- MMA, Ministerio de Medio Ambiente (2015) *Las áreas protegidas de Chile*. Ciudad, Chile.
- MMA, Ministerio de Medio Ambiente (2016) *Monitoreo para la vigilancia de la norma secundaria de calidad de aguas de la cuenca del río Biobío*. Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile. Concepción, Chile.
- ME, Ministerio de Energía (2015) *Energía 2015. Política energética de Chile*. Disponible en: www.minenergia.cl/archivos_bajar/LIBRO-ENERGIA-2050-WEB.pdf
- Mittermeier, R.; Gil, P.; Hoffmann, M.; Pilgrim, J.; Brooks, T.; Mittermeier, C.G.; Lamoreux, J.; Fonseca, G. (2004) *Hotspots revisited: Earth's biologically wealthiest and most threatened ecosystems*. CEMEX. Ciudad de México, México.
- Mittermeier, C.G.; Turner, W.R.; Larsen, F.W.; Brooks, T.M.; Gascon, C. (2011) Global biodiversity conservation: the critical role of hotspots. En: *Biodiversity Hotspots: Distribution and Protection of Priority Conservation Areas*. Zachos, F.E. & Habel, J.C. (editores). Pp. 3-22. Berlín, Alemania.
- Montalba-Navarro, R.; Carrasco, N. (2003) Modelo forestal chileno y conflicto indígena. ¿Ecologismo cultural mapuche? *Ecología Política*. No. 26. Barcelona, España.
- Montalba-Navarro, R. (2004) Transformación de los agroecosistemas y degradación de los recursos naturales en el territorio mapuche: una aproximación histórico-ecológica. *Cultura, Hombre y Sociedad (CUHSO)*. Vol. 8, No. 1.
- MOP, Ministerio de Obras Públicas (1987) *Dirección General de Aguas. Balance Hídrico de Chile*. Santiago, Chile.
- MOP, Ministerio de Obras Públicas (1991) *Estudio de síntesis de catastros de usuarios de agua e infraestructura de aprovechamiento*. Ricardo Edwards G. Ingenieros Ltda. Departamento de Estudios SIT No. 6.
- MOP, Ministerio de Obras Públicas (2004) *Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad*. Dirección General de Aguas. Santiago, Chile.
- MOP, Ministerio de Obras Públicas (2007) *Estimación de demandas de agua y proyecciones futuras. Zona II. Regiones V a XII y Región Metropolitana. Informe final*. Realizado por Ayala, Cabrera y Asociados Ltda. SIT No. 123.
- Mount, D.C; Bielak, A.T. (2011) *Deep words, shallow words: An initial analysis of water discourse in four decades of UN declarations*. UN-INWEH. Ontario, Canadá.

- Myers, N.; Mittermeier, R.A.; Mittermeier, C.G.; Fonseca, G.; Kent, J. (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*. Vol. 403, pp. 853-858.
- Nahuelhual, L.; Donoso, P.; Lara, A.; Nuñez, D.; Oyarzún, C.; Neira, E. (2007) Valuing ecosystem services of Chilean temperate rainforests. *Environment, Development and Sustainability*. Vol. 9, pp. 481-499.
- Naiman, R.J.; Dungeon, D. (2011) Global alteration of freshwaters: influences on human and environmental well-being. *Ecological Research*. Vol. 26, pp. 865-873.
- OHCHR, Office of the High Commissioner for Human Rights (2000) *El derecho al agua*. Folleto informativo No. 35. Disponible en: www.ohchr.org/Documents/Publications/FactSheet35sp.pdf
- Onemi, Oficina Nacional de Emergencia (2011) *Análisis de impactos por sistemas frontales de magnitud*. Santiago, Chile.
- Oyarzún, C.; Nahuelhual, L.; Nuñez, D. (2005) Los servicios ecosistémicos del bosque templado lluvioso: producción de agua y su valoración económica. *Revista Ambiente y Desarrollo*. Vol. 20, No. 1, pp. 88-95.
- Parra, O.; Faranda, F. (1993) *Evaluación de la calidad del agua y ecología del sistema limnético y fluvial del río Biobío*. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Parra, O.; Chuecas, L.; Campos, H.; Vichi, M.; Vismara, R. (1993) *Caracterización física y química y evaluación de la calidad para uso múltiple del agua del río Biobío (Chile Central)*. Publicaciones EULA-Chile. Serie Monografías Científicas. Vol. 12, pp. 15-159.
- Parra, O.; Figueroa, R.; Valdovinos, C.; Habit, E.; Díaz, M.E. (2013) *Programa de monitoreo de la calidad del agua del sistema río Biobío (1994-2012): aplicación del anteproyecto de Norma Secundaria de la Calidad Ambiental (NSCA) del río Biobío*. Editorial Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Peterson, B.; Wollheim, W.; Mulholland, P.; Webster, J.R.; Meyer, J.; Tank, J.; Martí, E.; Bowden, W.; Valett, H.; Hershey, A.; McDowell, W.; Dodd, W.; Hamilton, S.; Gregory & Morrall, S. (2001) *Controls of nitrogen export from watersheds by headwater streams*. *Science*. Vol. 292, pp. 86-90.
- Pereira, H.M.; Domingos, T.; Vicente, L.; Proenca, V. (2009) *Ecosistemas e Bem-estar Humano*. Avaliaco para Portugal do Millennium Ecosystem Assessment. Escolae Editora. Lisboa, Portugal.
- Quilodrán, O.; Torres, R. (2009) Consideraciones sobre gobernanza y gestión del agua en la región y cuenca del Biobío, Chile. En: *Gobernanza del agua en Latinoamérica y Europa: actores sociales, conflictos e territorialidad*. Jacobi, P.R. & De Almeida Sinisgalli, P. (editores). Volumen III. Annablume Editorial. Sao Paulo Brasil.

- Ríos, S.L.; Bailey, R.C. (2006) Relationship between riparian vegetation and stream benthic communities at three spatial scales. *Hydrobiologia*. Vol. 553, pp. 153-160.
- Rivera, P.; Basualto, S.; Cruces, F. (2013) Acerca de la diatomea *Didymosphenia geminata* (lyngbye) m. Schmidt: su morfología y distribución en Chile. *Gayana Botánica*. Vol. 70, No. 1, pp. 154-158. Disponible en: [dx.doi.org/10.4067/S0717-66432013000100015](https://doi.org/10.4067/S0717-66432013000100015)
- Romero, F.; Cozano, M.; Gangas, R.; Naulin, P.I. (2014) *Zonas ribereñas: protección, restauración y contexto legal en Chile*. Bosque (Valdivia). Vol. 35, No. 1, pp. 3-12.
- Rojas, J. (2013) *Impactos sociales y ambientales del cambio climático global en la Región del Biobío. Desafíos para la sostenibilidad del siglo XXI*. Editorial Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Ruiz, V.H.; López, M.T.; Morano, H.I.; Marchant, M. (1993) Ictiología del Alto Biobío: aspectos taxonómicos, alimentarios, reproductivos y ecológicos con una discusión sobre la hoya. *Gayana Zoología*. Vol. 57, pp. 77-88.
- Ruiz, V.H.; Berra, T. (1994) Fishes of the high Biobio river of south-central Chile with notes on diet and speculations on the origin of the ichthyofauna. *Ichthyology Exploration Freshwaters*. Vol. 5, pp. 5-18.
- Saavedra, M. (2015) *Evaluación de los efectos de efluentes de plantas de tratamiento de aguas servidas sobre *Oncorhynchus mykiss* mediante el uso de experimentos de laboratorio y terreno en la cuenca del río Biobío*. Tesis doctoral, Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Sabater, F.; Martí, E. (2000) Towards a holistic view of nutrient dynamics in fluvial ecosystems. *Verhandlungen Internationale Vereinigung Limnologie*. Vol. 27, pp. 3111-3116.
- Santos-Martín, F.; Montes, C.; Alcorlo, P.; García-Tiscar, S.; González, B.; Vidal-Abarca, M.R.; Suárez, M.L.; Royo, L.; Ferriz, I.; Barragán, J.; Chica, J.A.; López, C.; Benayas, J. (2015) *La aproximación de los servicios de los ecosistemas aplicada a la gestión pesquera*. Fondo Europeo de Pesca, Fundación Biodiversidad del Ministerio de Medio Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid, España.
- SAG, Servicio Agrícola y Ganadero (2012) *Informe de venta de plaguicidas de uso agrícola en Chile*. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile.
- SEA, Servicio de Evaluación Ambiental (2015) Gobierno de Chile. Disponible en: seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyectoAction.php?nombre=extraccion+de+aridos&presentacion=AMBOS®iones=8&_paginador_refresh=1&_paginador_fila_actual=1
- Sernapesca, Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (2012) *Guía de pesca recreativa*. Región del Biobío. Disponible en: www.sernapesca.cl/

- presentaciones/VIII_Region/Guia_de_Pesca_Recreativa_Region_del_BioBio_201307122.pdf
- Sernapesca, Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (2016) *Anuario estadístico de pesca*. Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. Gobierno de Chile. Disponible en: www.sernapesca.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=1806:anuario-estadistico-de-pesca-2016
- SINIA, Sistema Nacional de Información Ambiental (2004) *Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuencas de los ríos: Aconcagua, Maipo, Rapel, Mataquito, Maule, Itata, Andalién, Biobío, Paicaví, Imperial, Toltén, Valdivia, Bueno, Maullín, Cisnes, Aysén, Las Minas, Serrano y Side*. CADE-IDEPE. Santiago, Chile.
- SISS, Superintendencia de Servicios Sanitarios (2012) *Informe de gestión del sector sanitario*. Gobierno de Chile. Santiago, Chile.
- SISS, Superintendencia de Servicios Sanitarios (2014) *Informe de gestión del sector sanitario*. Gobierno de Chile. Santiago, Chile.
- Stehr, A.; Aguayo, M.; Link, O.; Parra, O.; Romero, F.; Alcayaga, H. (2010) Modelling the hydrologic response of a mesoscale Andean watershed to changes in land use patterns for environmental planning. *Hydrology and Earth System Science Discussion*. Vol. 7, pp. 3073-3107.
- Valdovinos, C.; Parra, O. (2006) *La cuenca del río Biobío: historia natural de un ecosistema de uso múltiple*. Publicaciones Centro EULA. Disponible en: www.eula.cl/images/stories/documentos/3.pdf
- Valdés-Pineda, R.; Pizarro, R.; García-Chevesich, P.; Valdés, J.B.; Olivares, C.; Vera, M.; Balocchi, F.; Pérez, F.; Vallejos, C.; Fuentes, R.; Abarza, A.; Helwig, B. (2014) Water governance in Chile: Availability, management and climate change. *Journal of Hydrology*. Vol. 519, pp. 2538-2567.
- Vargas, J. (2000) *Caracterización de la calidad del agua del río Biobío, entre las confluencias de los ríos Vergara y Laja y antecedentes para su modelación matemática*. Tesis doctoral. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Vila, I.; Habit, E. (2015) Current situation of the fish fauna in the Mediterranean region of Andean river systems in Chile. *FISHMED, Fishes in Mediterranean Environments*. Vol. 2, pp. 1-19.
- Vidal-Abarca, M.R.; Suárez, M.L. (2013) Which are, what is their status and what can we expect from ecosystem services provided by Spanish rivers and riparian areas? *Biodiversity and Conservation*. Vol. 22, pp. 2469-2503.
- Vidal-Abarca, M.R.; Suárez, M.L.; Santos-Martín, F.; Martín-López, B.; Benayas, J.; Montes, C. (2014) Understanding complex links between

- fluvial ecosystems and social indicators in Spain: an ecosystem services approach. *Ecological Complexity*. Vol. 20, pp. 1-10.
- Vidal, C.; Romero, H. (2010) Efectos ambientales de la urbanización de las cuencas de los ríos Biobío y Andalién sobre los riesgos de inundación y anegamiento de la ciudad de Concepción. En: *Concepción metropolitana (AMC). Planes, procesos y proyectos*. Pérez, L. e Hidalgo, R. (editores). Serie GEOLibros, Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
- Ward, J.V; Wiens, J.A. (2001) Ecotones of riverine ecosystems: role and typology, spatio-temporal dynamics, and river regulation. *Ecology & Hydrobiology*. Vol. 1, pp. 25-36.
- WWAP, World Water Assessment Programme (2012) *The United Nations world water development. Report 4: managing water under uncertainty and risk*. Unesco. París, Francia.

SISTEMAS DE VERTIENTES EN EL VALLE DEL RENEGADO: IMPORTANCIA, CARACTERÍSTICAS Y VULNERABILIDAD

José Luis Arumí Ribera • Verónica Delgado Schneider**
Óscar Reicher Salazar****

RESUMEN

Las vertientes son consideradas fuentes de agua seguras tanto en su caudal como en su calidad, sin embargo, esta es una percepción que no se condice con la realidad. En este capítulo se presenta el caso de estudio del valle del estero Renegado, donde existen distintos grupos de vertientes que alimentan a la población establecida en la zona. El valle del Renegado se desarrolla en la ladera este del volcán Chillán. Ahí se ubican las Termas de Chillán, un importante centro turístico, lo que a su vez ha impulsado la construcción de muchas casas de veraneo y centros turísticos. Todo el desarrollo del valle depende del agua que se obtiene de las vertientes, las que, a su vez, captan agua de los embalses subterráneos, cuya recarga se produce bajo los centros turísticos ubicados en las zonas más altas. La falta de regulación en el abastecimiento de agua potable, la disposición de aguas servidas y los residuos sólidos producen una condición de vulnerabilidad de las fuentes de agua que afecta a las perso-

* Dr. José Luis Arumí Ribera, ingeniero civil. Doctor en Ingeniería. Profesor titular del Departamento de Recursos Hídricos, Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad de Concepción, Chillán, Chile. Investigador principal Centro CRHIAM. Contacto: jarumi@udec.cl

** Dra. Verónica Delgado Schneider, abogada. Doctora en Derecho, Universidad de Roma Tor Vergata, Roma, Italia. Profesora asociada de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Investigadora asociada centro CRHIAM. Contacto: vedelgado@udec.cl

*** Oscar Reicher Salazar, abogado. Colaborador académico, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Contacto: oreicher@udec.cl

nas que viven en el valle. Esta condición se repite para todos los valles de montaña donde existen desarrollos turísticos similares. Se propone enfrentar esta situación mediante los planes de ordenamiento territorial.

PALABRAS CLAVE: hidrología de montaña, aguas subterráneas, vertientes, acuífero, rocas fracturadas, volcanes, agua potable, ordenamiento territorial.

INTRODUCCIÓN

Las vertientes son formaciones geológicas donde el agua subterránea aflora en forma natural formando esteros y ríos. Estas formaciones son consideradas fuentes de agua seguras pues, en general, el agua subterránea tiene buena calidad y mantienen una temperatura constante. Además, como se está vaciando un gran depósito de aguas subterráneas, el caudal de las vertientes tiende a ser bastante estable, incluso en años secos. Hay vertientes de aguas frías y de aguas calientes, dependiendo de cómo se recargó el depósito de agua subterránea que se descarga en la vertiente: si es una vertiente de montaña, que se recarga por lluvias o derretimiento de nieves, el agua será fría, pero, si el depósito está en un sistema volcánico, habrá manantiales de aguas calientes.

En la mayoría de los países de habla hispana, a los afloramientos de aguas subterráneas se les llama *manantiales*. Pero, como el castellano es tan variado, también se les llama «ojos de agua», «puquíos», «fuentes» e incluso «alfaguaras», palabra esta última que se remonta a la España árabe, que aportó las tradiciones del manejo del agua sobre las que se basan las organizaciones de usuarios de agua chilenas.

Las vertientes han sido fuentes de agua que la humanidad ha utilizado desde siempre. Si uno se pregunta por qué existe una ciudad como Iquique en el lugar más seco del planeta, donde no llueve en 20 años, la razón es simple: en ese lugar hay vertientes que aseguran el agua a los antiguos pescadores que recorrían el litoral. ¿Y de dónde viene esa agua, si no llueve? Pues de muy lejos y de mucho

antes, pues el agua de las vertientes de Iquique proviene del altiplano y demora unos 8.000 años en llegar a la costa.

Existen muchos lugares así, que forman parte de la historia de la humanidad. En Jordania es posible ver aquella vertiente que abrió Moisés durante el éxodo, para dar de beber a los israelitas, que sigue dando de beber a los viajeros que por ahí pasan. Otra vertiente impresionante es la vertiente de Rhumequelle, en Alemania, donde aflora agua desde un sistema de túneles, produciendo una laguna que tiene una temperatura constante a lo largo del año. Imaginemos un invierno en Alemania hace 6.000 años. Todo está congelado pero queda un lago tibio, desde entonces, considerado un lugar sagrado.

FIGURA 1. A) ALDEA DEL OASIS MOUSA, EN PETRA JORDANIA, DONDE SUPUESTAMENTE SE ENCUENTRA LA VERTIENTE QUE MOISÉS ABRIÓ CON SU BÁCULO; B) PEREGRINOS DE TODAS PARTES DEL MUNDO TOMAN AGUA DESDE LA FUENTE DE MOISÉS; C) UN DÍA DE NEBLINA EN LA VERTIENTE DE RHUMEQUELLE, EN ALEMANIA



Algunos valles cordilleranos de la zona central chilena han experimentado una profunda transformación debido al desarrollo agrícola, de la industria agroalimentaria y del turismo. En efecto, existen muchos sectores rurales, asociados a atractivos turísticos, que han experimentado un enorme crecimiento de viviendas debido a que la población ha podido optar a poseer una casa de vacaciones, también porque ha aumentado el número de personas que ha decidido vivir y emprender en esas zonas. Esta transformación del territorio rural (realizada abusando de las pocas normas existentes en materia de usos de suelo, como se verá) se ha visto limitado en algunas zonas por la escasez de agua, principalmente durante los

meses de estiaje, que llega a ser una seria limitante para las comunidades rurales. En estos valles las vertientes se transforman en la principal fuente de agua, porque los derechos de uso del agua superficial ya están agotados y porque las aguas subterráneas son profundas y difíciles de captar. Por ello, los principales valles donde existen desarrollos turísticos se asocian a fuente termales, como es el caso de las Termas de Chillán.

La gente que vive en el valle del Renegado, donde se ubican las Termas de Chillán, depende de varias vertientes para su abastecimiento de agua, emplazadas entre grandes cantidades de árboles que ocultan el deterioro que crean los cientos de extracciones de agua clandestinas que ahí existen. Por otro lado, estas vertientes están permanentemente amenazadas por basurales clandestinos donde mucha gente arroja restos de podas, construcciones e incluso artefactos.

Este capítulo se enfoca en describir algunas vertientes que existen a lo largo del valle del Renegado, para explicar por qué es importante proteger estas fuentes de agua, vulnerables y amenazadas no solo por el cambio climático, también por el desarrollo inorgánico.

EL VALLE DEL RENEGADO

El estero Renegado corresponde a uno de los tributarios de la parte alta del río Diguillín, ubicado en la Región del Biobío, al sur de Chillán. Drena una superficie de 1.300 km², desde la vertiente occidental de la cordillera de los Andes hasta el valle central. El río Diguillín nace en la ladera sur del volcán Chillán, a una latitud de 36,9 °Sur y se desarrolla hacia el oeste, hasta tributar al río Itata, en las proximidades de la cordillera de la Costa (figura 2).

En la parte baja de la cuenca del río Diguillín los suelos tienen un uso predominantemente agrícola, pero también existen importantes plantaciones forestales al sur de dicho río. La agricultura de riego cubre una superficie de 20.350 hectáreas a través de 32 canales de riego, organizados bajo el alero de la Junta de Vigilancia del Río Diguillín y sus Afluentes (JVRD) que representa a los usuarios de agua de la cuenca. La parte alta del río Diguillín tiene un uso de

suelo predominantemente forestal, pero con una importante actividad turística. En la parte alta de la cuenca, la Dirección General de Aguas ha establecido dos estaciones fluviométricas que definen las dos subcuencas de cabecera del río Diguillín, Estero Renegado en Invernada (RI, 127 km² de superficie de subcuenca) y Río Diguillín en San Lorenzo (DSL, área de 207 km²). Ambos ríos siguen las tendencias características de los ríos de la zona central de Chile que tienen aportes andinos (Nuñez *et al.*, 2010): el período desde mediados de abril a mediados de septiembre corresponde a la estación lluviosa, con abundante escorrentía; desde mediados de septiembre a mediados de enero se produce la temporada de deshielo; y desde mediados de enero hasta mediados de abril el río presenta caudales mínimos producto de la temporada de estiaje, cuando las lluvias son escasas y el caudal corresponde al flujo base del río (figura 3).

FIGURA 2. A) UBICACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO DIGUILLÍN EN EL TERRITORIO NACIONAL Y EN LA REGIÓN DEL BIOBÍO; B) MOSTRANDO LAS CIUDADES PRINCIPALES DE CONCEPCIÓN, CHILLÁN Y LOS ÁNGELES; C) UBICACIÓN DE LAS DOS SUBCUENCAS DEL ESTERO RENEGADO Y ALTO DIGUILLÍN, DEFINIDAS POR LAS ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS RENEGADO EN INVERNADA (RI) Y RÍO DIGUILLÍN EN SAN LORENZO (DSL)

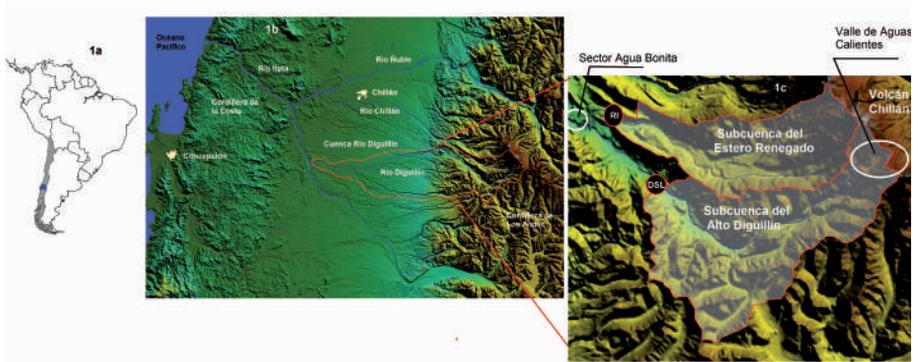
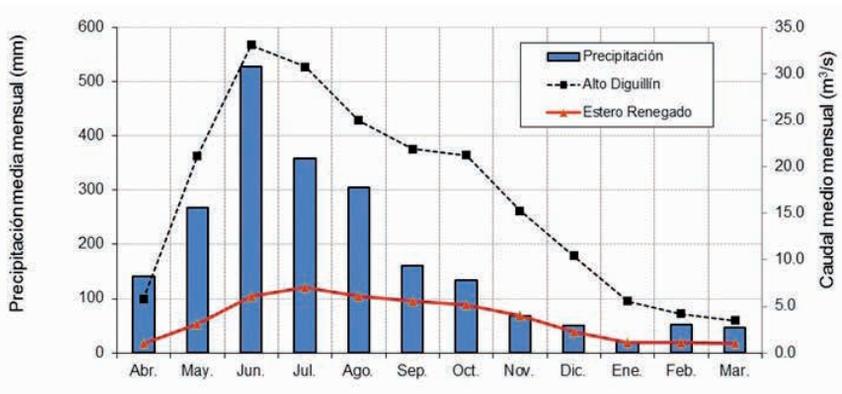


FIGURA 3. VALORES MEDIOS MENSUALES DE CAUDALES MEDIDOS EN LAS CUENCAS DE RENEGADO Y ALTO DIGUILLÍN Y PRECIPITACIÓN REGISTRADA EN LA ESTACIÓN DIGUILLÍN



El estero Renegado, principal tributario del río Diguillín, nace bajo el complejo volcánico Nevados de Chillán en la ladera occidental de la cordillera de los Andes, donde se origina el valle Nevados de Chillán (Zúñiga *et al.*, 2012). El valle del Renegado corresponde a la parte plana de la cuenca del estero del mismo nombre y está formado por una serie de rellenos volcánicos que cubrieron el valle original, permitiendo la existencia de un área relativamente plana que se desarrolla a lo largo del estero y en donde se asienta un importante número de casas distribuidas entre las localidades de Recinto, Los Lleuques, las Trancas y las Termas de Chillán.

La razón por la cual existen estos terrenos, relativamente planos, a lo largo del estero Renegado se debe a la formación del Complejo Volcánico Nevados del Chillán y a la forma como descendieron importantes flujos de lava producidos por este sistema de volcanes (Naranjo *et al.*, 2008). Efectivamente, a lo largo de 600 mil años han ocurrido diferentes flujos de lavas, algunos que debieron enfrentar a los glaciares existentes, lo que les produjo un fracturamiento térmico, como es el caso de las Lavas Pincheira, y otros flujos que se produjeron en la forma de grandes avalanchas de bloques redondeados de rocas volcánicas, como las lavas Atacalco y Democrático. Estos flujos produjeron rellenos de rocas fracturadas y de gran permeabilidad,

sobre la cual se originó una capa de suelo compuesto por arena volcánica muy permeable.

La existencia de rellenos permeables permite que las lluvias se infiltren directamente y recarguen un enorme depósito de aguas subterráneas que se desarrolla en los sistemas de rocas fracturadas que componen el fondo del valle. Como la pendiente del valle es muy pronunciada, a lo largo de esta hay puntos donde las aguas subterráneas afloran a la superficie formando vertientes, que actualmente son las principales fuentes de agua de la comunidad.

FIGURA 4. VISTAS DE DISTINTOS SECTORES DEL VALLE DEL ESTERO RENEGADO



Vista general del área de las Termas de Chillán



Valle de Shangri-La, en el sector de Las Trancas



Vista del valle del Renegado, mirando hacia aguas abajo en el sector del Puente Marchant

FIGURA 5. GEOLOGÍA DE LA PARTE ALTA DE LA CUENCA DEL RÍO DIGUILLÍN, ADAPTADA DIGITALIZANDO LA CARTA DE NARANJO ET AL. (2008) Y SUPERPONIÉNDOLA SOBRE LA PLATAFORMA GOOGLE EARTH. LA LÍNEA ROJA INDICA EL GRUPO DE VERTIENTES EXISTENTES EN EL SECTOR DE AGUA BONITA

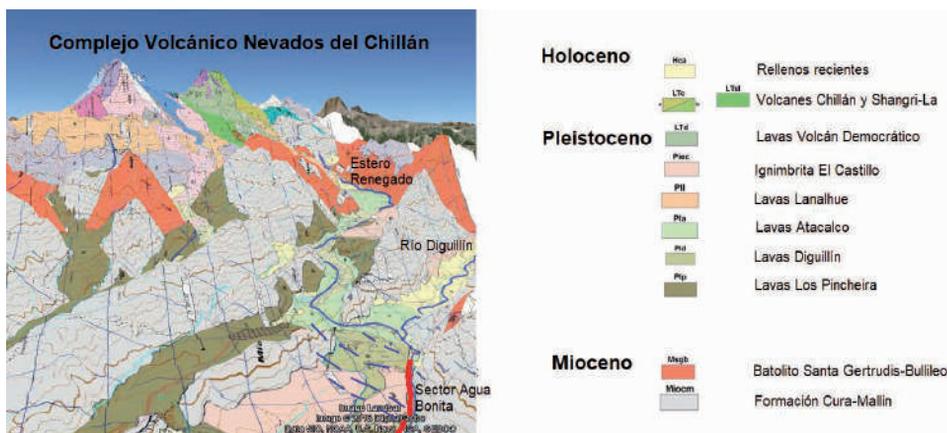


FIGURA 6. CORTES TÍPICOS DE ROCA FRACTURADA OBSERVADOS EN LA CUENCA DEL RENEGADO: A LA IZQUIERDA SE MUESTRA UN SISTEMA DE ROCAS FRACTURADAS FRAGMENTADAS ASOCIADO A LAS LAVAS PINCHEIRA. AL CENTRO E IZQUIERDA, BLOQUES DE LAVA ASOCIADOS A LAS FORMACIONES DEMOCRÁTICO Y ATACALCO, RESPECTIVAMENTE



FIGURA 7. TÍPICOS SUELOS ARENOSOS EXISTENTES
EN EL VALLE DEL RENEGADO



GRUPOS DE VERTIENTES

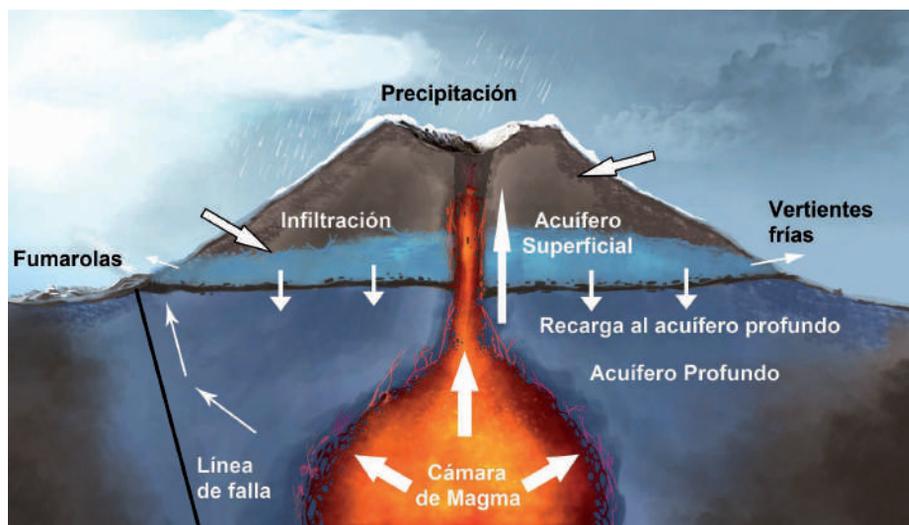
Los antecedentes que se presentan en este capítulo han sido recopilados a lo largo de una serie de proyectos de investigación destinados a entender la disponibilidad de agua en una cuenca andina de la zona central de Chile, y cómo estas fuentes de agua son vulnerables al cambio climático y al cambio de uso de suelo. Estos estudios se han desarrollado a través de diferentes tesis y han contado con las fuentes de financiamiento que se indican en la sección final de este documento. Información detallada sobre esta investigación puede ser encontrada en las siguientes publicaciones: Zuñiga *et al.*, 2012; Arumí *et al.*, 2012; Arumí *et al.*, 2014; Arumí *et al.*, 2016 y Muñoz *et al.*, 2016.

Durante el desarrollo de esta investigación se pudieron identificar distintas agrupaciones de vertientes que se desarrollan a lo largo del valle. Ellas fueron georreferenciadas, fotografiadas y muestreadas para su posterior análisis de agua. Las agrupaciones de vertientes se identifican como: Vertientes de la ladera del volcán, Vertiente grande, Agua fría, el Saltillo y la Agrupación Agua Bonita.

Vertientes de la ladera del volcán

El complejo volcánico Nevados de Chillán posee muchas vertientes frías y termales distribuidas a lo largo de su perímetro, por lo que es plausible suponer que, desde el punto de vista de los recursos hídricos, el complejo se comporta en la forma de un sistema acuífero similar a los descritos por Gmati *et al.* (2011) y Peiffer *et al.* (2011). Es decir, correspondería a un acuífero superficial que recibe recarga por infiltración de aguas lluvias y derretimiento de nieve, que, a su vez, recarga a un acuífero más profundo que está en contacto con la cámara magmática del volcán, lo que calienta el agua produciendo vapor que escapa por fallas geológicas, produciendo las vertientes de agua caliente y las fumarolas (figura 8).

FIGURA 8. ESQUEMA CONCEPTUAL DEL PROBABLE SISTEMA ACUÍFERO EXISTENTE EN EL VOLCÁN CHILLÁN (ADAPTADO DE PEIFFER ET AL., 2011).



Esta condición de descarga asociada a otra falla geológica se acentúa en el valle de Aguas Calientes, formado en torno a una falla geológica que corre en el sentido este-oeste, donde nace el río Diguillín. El valle tiene una superficie de 90 hectáreas y se ubica a una elevación de 2.100 msnm (figura 9).

FIGURA 9. REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL VALLE DE AGUAS CALIENTES: A) VISTA GENERAL DESDE LA ENTRADA EN EL PASO DEL DEDO; B) NACIMIENTO DEL RÍO DIGUILLÍN EN UNA VERTIENTE TERMAL; C) VERTIENTE DE AGUAS CALIENTES EN LA PARTE MEDIA DEL VALLE



Vertiente grande

Corresponde a una vertiente de origen termal que alimenta al estero Renegado y aflora a los pies de la formación Atacalco, aproximadamente a una altura de 1.090 msnm. Esta agrupación de vertientes se desarrolla a lo largo de unos 500 m de la ribera derecha del estero Renegado. El origen termal de las aguas se manifiesta en la temperatura del agua, que se mantiene constante a lo largo del año (15,5 °C). El caudal constante que aflora es una indicación de que el sistema drena un embalse subterráneo con gran capacidad de almacenamiento.

Debido a que el estero Renegado se seca totalmente en el sector de Las Trancas, esta vertiente alimenta el caudal de dicho curso de agua entre el sector del Puente Marchant y La Invernada, abasteciendo tres canales de riego y las captaciones de agua potable de varios centros turísticos.

VERTIENTE DE AGUA FRÍA

Corresponde a una vertiente que drena los depósitos de agua subterránea formados en el valle de Shangri-La, desarrollado en torno a una quebrada ubicada a 1.100 m de altura, en el sector norte del valle del estero Renegado. Este sistema de vertientes presenta

temperaturas de aproximadamente 6 °C. El caudal de estas vertientes se redujo hasta secarse durante esta última temporada, lo que indica que drena un embalse subterráneo de menor tamaño, posiblemente ubicado bajo las arenas del valle de Shangri-La.

Vertiente el Saltillo

El río Renegado se seca totalmente durante la temporada estival a la altura de la localidad de Los Lleuques pero, 500 m más abajo de esa localidad, resurge en un sector llamado el Saltillo, donde existe una vertiente que aporta casi 1.200 l por segundo. Esta vertiente alimenta el caudal que durante el verano mantiene el salto de Las Turbinas.

Vertiente Agua Bonita

Existen importantes aportes de agua subterránea al río Diguillín en el tramo de tres kilómetros ubicado aguas abajo de la confluencia del estero Renegado. Las vertientes pertenecientes a este grupo corresponden a descargas de agua desde unidades de rocas fracturadas distribuidas en la ribera norte del río Diguillín (figura 13), que se ubican en la base de una pared de 100 m de altura. Como es impracticable medir el caudal de cada vertiente, en abril de 2013 se realizó una campaña de aforos en el tramo del río Diguillín aguas arriba y abajo del sector de Agua Bonita. El caudal medido aguas arriba fue de 2,5 m³/s y aguas abajo se midió un caudal de 7,0 m³/s, lo que implica que las vertientes aportan 4,5 m³/s al río.

FIGURA 10. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA VERTIENTE GRANDE: A) VISTA DE UNO DE LOS CINCO CHORROS DE AGUA QUE CONFORMAN LA AGRUPACIÓN; B) BOCATOMA DE AGUA RÚSTICA PARA UN CENTRO VACACIONAL



FIGURA 11. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA VERTIENTE DE AGUA FRÍA: A) VISTA DE UNO DE LOS CHORROS DE AGUA QUE CONFORMAN LA AGRUPACIÓN; B) AGRUPACIÓN DE BOMBAS PARA EXTRAER AGUA HACIA LAS CASAS VECINAS



FIGURA 12. REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL ESTERO RENEGADO: A) SECTOR DE LA PLAYITA, ANTES DE LOS LLEUQUES, DONDE EL CURSO DE AGUA ESTÁ SECO; B) SECTOR DEL SALTILLO, DONDE AFLORA EL CAUDAL QUE ALIMENTA EL SALTO DE LAS TURBINAS (DERECHA)



FIGURA 13. REGISTRO FOTOGRÁFICO SECTOR AGUA BONITA: A) VERTIENTES QUE DESCARGA AL RÍO DIGUILLÍN; B) DESCARGA DESDE ROCAS FRAC-TURADAS; C) LAS VERTIENTES SE CONCENTRAN EN LA BASE DE UN RISCO UBICADO EN LA RIBERA NORTE DEL RÍO DIGUILLÍN



VULNERABILIDAD DE LAS FUENTES DE AGUA

Como se mencionó anteriormente, los suelos predominantes en el valle del estero Renegado son arenosos (figura 7), con altas tasas de infiltración. La existencia de estos suelos sobre un sistema de rocas fracturadas favorece la recarga de aguas subterráneas y explicaría por qué, a lo largo del estero Renegado, existen estos grupos de vertientes que drenan depósitos de aguas subterráneas que, a su vez, se recargan por infiltración de lluvias en los sectores ubicados aguas arriba.

El explosivo aumento de la construcción de casas a lo largo del estero Renegado, junto a la construcción de centros turísticos asociados a las Termas de Chillán, genera un nuevo riesgo para estas fuentes de agua. En el valle del Renegado se han construido cerca de 5.000 casas. Esta expansión de construcciones se ha realizado sin ningún control sobre las captaciones de agua, lo que ha originado un negocio: construir captaciones clandestinas que se conectan a las vertientes mediante toscas tuberías de plástico (figura 15).

Además de lo anterior, las construcciones de la zona no cuentan con un sistema de alcantarillado, sino que poseen una solución sanitaria basada en el uso de fosas sépticas diseñadas para ser usadas en casas ubicadas en el valle central, donde los suelos tienen una permeabilidad menor y donde el agua subterránea se mueve a menor velocidad.

FIGURA 14. ESQUEMA QUE ILUSTRAR LA EXISTENCIA DE ZONAS DE RECARGA Y DESCARGA DE AGUA SUBTERRÁNEA A LO LARGO DEL VALLE DEL RENEGADO

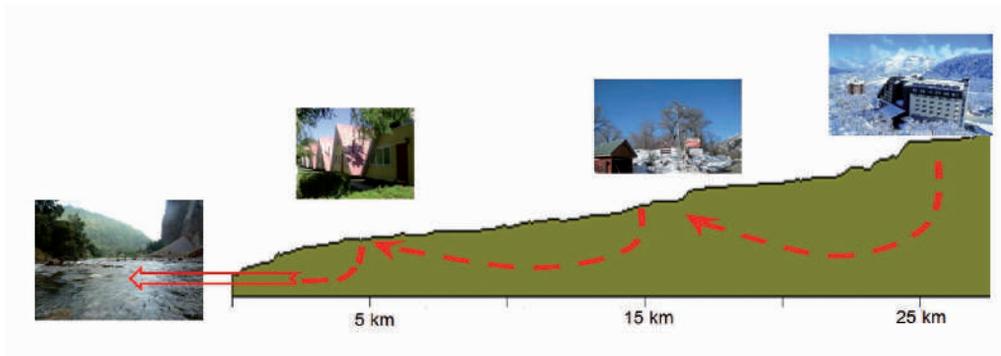


FIGURA 15. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LAS CAPTACIONES DE AGUA CONSTRUIDAS EN LAS VERTIENTES DEL VALLE DEL RENEGADO, DE ARRIBA A LA IZQUIERDA, A ABAJO A LA DERECHA: CAPTACIÓN PARA UN CENTRO TURÍSTICO, TUBERÍAS DE PLÁSTICO CONECTADAS A UN ESTANQUE DE FIERRO, QUE POSTERIORMENTE SE ENCUENTRAN CONTAMINANDO EL PAISAJE DEL VALLE



CONCLUSIONES

Los sistemas de vertientes que existen a lo largo del valle del estero Renegado son vitales para garantizar la disponibilidad de agua a la comunidad y el caudal mínimo del río Diguillín en la precordillera. Sin embargo, como este sistema drena un acuífero fracturado que es recargado en el Valle de las Trancas, resulta ser altamente sensible al cambio de uso de suelo que ocurre en ese sector. Se requiere proteger estos recursos. Para ello es fundamental que existan los mecanismos legales y sociales que permitan protegerlos.

En el caso de los valles cordilleranos, como el valle del Renegado, es necesario contar con soluciones de agua potable y alcantarillado. La calidad y el número de construcciones lo amerita. Hasta la fecha estas zonas, por no encontrarse en los radios formalmente reconocidos como zonas urbanas, quedan sin protección, pero las autoridades deben cumplir con su rol de velar por la población y el medio ambiente. Para ello, como mínimo, debieran aplicar los instrumentos de ordenamiento territorial existentes.

Las municipalidades (y las Direcciones de Obras Municipales, o DOM) deben implementar en estos nuevos «centros poblados» planes reguladores comunales o seccionales que consideren la variable hídrica (en este caso, la protección de las vertientes) como de hecho ocurre con el Plan Seccional Termas de Chillán, que no hace referencia alguna al tema. Por otra parte, el Gobierno Regional debería asumir este desafío en el todavía no vigente Plan Regional de Ordenamiento Territorial de la Región del Biobío. Obviamente, también se requiere de una mayor gestión en las Seremi de Agricultura y de Vivienda y en el SAG, que son los entes obligados por ley a «velar por que no surjan centros poblados al margen de la planificación territorial» (art. 55 de la Ley General de Urbanismo y Construcción), justamente lo que ha ocurrido en el caso aquí descrito. Instancias que, además, no han impedido, hasta ahora, el abuso que se da del DL 3516, sobre subdivisión de predios rústicos, respecto a los loteos de las llamadas «parcelas de agrado» de hasta media hectárea, cuando en realidad la ley solo permite que en suelo rural se construyan viviendas para el agricultor, sus trabajadores y

construcciones relacionadas al giro agrícola, ganadero o forestal. Cualquier otro uso o destino (turístico, habitacional u otro) debe obtener una autorización especial (conocida como «cambio de destino») que considera, obviamente, que el grado de urbanización de lo que se construya cumpla con la normativa vigente. Lo más probable es que dichas construcciones no cuentan con permiso de edificación de la DOM (el cual considera también las soluciones para proveerse de agua para consumo doméstico) y que el ente municipal no fiscaliza ni sanciona las situaciones irregulares aquí descritas.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a CONICYT, por el financiamiento dado a través de los proyectos FONDECYT 1110298 y CONICYT-BMBF PCC11-2031.

BIBLIOGRAFÍA

- Arumí, J.L.; Rivera, D.; Muñoz, E.; Billib, M. (2012) Interacciones entre el agua superficial y subterránea en la Región del Biobío de Chile. *Obras y Proyectos*. Vol. 1, No. 12, pp. 4-13.
- Arumí, J.L.; Maureira, H.; Souvignet, M.; Pérez, C.; Rivera, D.; Oyarzún, R. (2016) Where does the water go? Understanding geohydrological behaviour of Andean catchments in south-central Chile. *Hydrological Sciences Journal*. Vol. 61, No. 5, pp. 844-855. Disponible en: 10.1080/02626667.2014.934250
- Arumí, J.L.; Oyarzún, R.; Muñoz, E.; Rivera, D.; Aguirre, E. (2014) Caracterización de dos grupos de manantiales en el río Diguillín, Chile. *Water Technology and Sciences*. Vol. 5, No. 6, pp. 151-158.
- Gmati, S.; Tase, S.; Tsujimura, M.; Tosaki, Y. (2011) Aquifers Interaction in the outhwestern Foot of Mt. Fuji, Japan, Examined through Hydrochemistry and Statistical Analyses. *Hydrological Research Letters*. No. 5, pp. 58-63.
- Muñoz, E.; Arumí, J.L.; Wagener, T.; Oyarzún, R.; Parra, V. (2016) Unraveling complex hydrogeological processes in Andean basins in south central Chile: An integrated assessment to understand hydrological dissimilarity, *Hydrol. Process*. DOI: 10.1002/hyp.11032
- Naranjo, J.A.; Gilbert, J.; Sparks, R.S. (2008) *Geología del complejo volcánico Nevados de Chillán, Región del Biobío*. Servicio Nacional

- de Geología y Minería. Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica 114:28, p. 1, mapa escala 1:50.000.
- Núñez, J.; Soto, G. (2010) *Recursos hídricos en Chile. Centro del Agua para América Latina y el Caribe*. Pp. 1-41. La Serena, Chile.
- Peiffer, Y.; Taran, A.; Lounejeva, E.; Solís-Pichardo, G.; Rouwet, D.; Bernard-Romero, R.A. (2011) Tracing thermal aquifers of El Chichón volcano-hydrothermal system (México) with $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, Ca/Sr and REE. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. No. 205, Pp. 55-66.
- Zúñiga, R.; Muñoz, E.; Arumí, J.L. (2012) Estudio de los procesos hidrológicos de la cuenca del río Diguillín. *Obras y Proyectos*. No. 11, pp. 69-78.

PLANTACIONES E INCENDIOS FORESTALES: ANTÍTESIS A LA CONSERVACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Ricardo Figueroa Jara^{*} • *María Elisa Díaz Burgos*^{**}
María Rosario Vidal-Abarca^{***}
María Luisa Suárez Alonso^{****}
Verónica Delgado Schneider^{*****}

RESUMEN

El fuego es un fenómeno inherente a los bosques, pero el modelo de gestión y manejo de las plantaciones forestales incrementa su frecuencia e intensidad, convirtiéndose en un importante agente perturbador que genera cambios en la dinámica ecológica que

^{*} Dr. Ricardo Figueroa Jara, profesor de Biología. Doctor en Ciencias Biológicas, Universidad de Málaga, Málaga, España. Profesor asociado del Departamento de Sistemas Acuáticos, Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Investigador asociado Centro CRHIAM. Contacto: rfiguero@udec.cl

^{**} Dra. María Elisa Díaz Burgos, bióloga. Doctora en Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Investigador adjunto Universidad Católica de Temuco, Temuco, Chile. Investigadora postdoctoral Centro CRHIAM. Contacto: mariaelisdiaz@gmail.com

^{***} Dra. María Rosario Vidal-Abarca, bióloga. Doctora en Ecología, Universidad de Murcia, Murcia, España. Catedrática del Departamento de Ecología e Hidrología del Campus Regional de Excelencia Internacional, Campus Mare Nostrum, Universidad de Murcia, Murcia, España. Contacto: charyvag@um.es

^{****} Dra. María Luisa Suárez Alonso, bióloga. Doctora en Ecología, Universidad de Murcia, Murcia, España. Catedrática del Departamento de Ecología e Hidrología del Campus Regional de Excelencia Internacional, Campus Mare Nostrum, Universidad de Murcia, Murcia, España. Contacto: mlsuarez@um.es

^{*****} Dra. Verónica Delgado Schneider, abogada. Doctora en Derecho, Universidad de Roma Tor Vergata, Roma, Italia. Profesora asociada de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Investigadora asociada centro CRHIAM. Contacto: vedelgado@udec.cl

rige el funcionamiento de los ecosistemas y la pérdida o disminución de muchos servicios ecosistémicos. Este estudio realiza una aproximación a las pérdidas sufridas por los incendios con valor de mercado para la Región del Biobío, considerando que los eventos registrados hasta la fecha alcanzan los us \$ 2.200 millones. Estos costos están principalmente relacionados con las emisiones de CO₂, excluyendo otros asociados (por ejemplo, extinción), donde es posible alcanzar cifras superiores a los us \$ 3.000 millones, lo que lleva a replantear la forma en que se aborda este problema. Por lo tanto, se hace necesario crear estrategias preventivas de recuperación o restauración que impidan que la presión del fuego degrade las funciones del ecosistema. Los conceptos relacionados con el fuego deben integrarse en la gestión forestal y territorial, fortaleciendo los vínculos con las comunidades aledañas para fines de prevención, proporcionando incentivos que prioricen la vegetación nativa sobre la comercial, basado en las funciones del bosque nativo, que puede evaluarse en oposición a las pérdidas de los servicios ecosistémicos evaluados en este estudio. Asimismo, si bien están en desarrollo normativas direccionadas a la prevención, extinción de siniestros y recuperación de bosques, aún no hay claridad en materia aplicable de incendios.

PALABRAS CLAVE: fuego, bosque nativo, plantaciones forestales, emisiones CO₂, madera.

I. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas naturales han sufrido una acelerada transformación como resultado de diversas actividades humanas (Costanza *et al.*, 1997). Fenómenos como la deforestación, la minería, la agricultura, el cambio climático, la desertificación y el aumento de las plantaciones e incendios forestales, han puesto en riesgo a diversos ecosistemas y las comunidades biológicas que los sustentan (Vidal *et al.*, 2013), que provocan cambios importantes en la dinámica que rige el funcionamiento de los ecosistemas, actuando como agentes modificadores a escala local y global (Hobbs & Harris, 2001).

En Chile, la superficie de áreas degradadas debido a la deforestación para uso agrícola ha dado paso a las plantaciones forestales con una expansión posterior, inclusive, sobre áreas de bosque

nativo, que ha traído importantes beneficios económicos (González-Cabán, 2008), pero con serias contradicciones ambientales. En el Día Mundial de la Lucha contra la Desertificación y la Sequía, fue plantado, en los jardines del Congreso Nacional, un ejemplar de Toromiro (*Sophora toromiro*), legendaria especie endémica y extinta de Isla de Pascua por lo cual la Corporación Nacional Forestal (CONAF) mantiene un huerto clonal, con el objetivo de controlar la erosión en Rapa Nui. Curiosamente, la pérdida de esta singular especie tiene su origen en los primeros incendios que provocaron la pérdida de suelo y desertificación de la isla, hace más de 50 años (Espejo & Rodríguez, 2013).

Los programas de forestación con vegetación nativa son menos intensos y muchos de ellos se ven continuamente afectados por incendios forestales que se originan en las plantaciones exóticas. Un caso emblemático, durante el verano de 2012, fue el incendio forestal que consumió 32 mil hectáreas en el sector de Quillón y avanzó hacia el cerro Cayumanqui (seis cóndores, en Mapudungún), último patrimonio de bosque nativo autóctono de la Región del Biobío. Este incendio, junto al ocurrido en Concepción el 2014, que avanzó hacia la última reserva costera de bosque caducifolio de Nonguén, dejaron importantes enseñanzas: las plantaciones de especies exóticas se queman muy rápido y distribuyen el fuego como verdaderos corredores de expansión, mientras que los bosques nativos tardan más en quemarse, actuando como cortinas de protección periféricas que ralentizan la penetración del fuego hacia el interior.

Los incendios forman parte de la dinámica de la naturaleza (Mataix-Solera *et al.*, 2007). En este sentido, Flannigan *et al.* (2003) señalan que los incendios de baja intensidad promueven la vegetación herbácea, incrementan la disponibilidad de nutrientes, diversifican el paisaje e influyen positivamente sobre distintos procesos físicos y biológicos. Pero la realidad es que los sistemas naturales ya no están afectados por incendios de pequeño impacto, dado que la mayor parte de la superficie vegetal vecina, o que los rodea, está formada por plantaciones forestales, que acumulan una importante carga de combustible, susceptible de ser afectadas por fuegos catastróficos.

En dichas condiciones, cualquier incendio será de alta intensidad, originándose lo que se conoce como *tormenta de fuego*, que crea su propio ambiente de temperatura, humedad y viento, de características impredecibles, haciendo muy difícil cuantificar sus consecuencias sobre los recursos naturales afectados.

En Chile, la percepción de los bosques como productores de leña y madera ha limitado la valoración real de los bosques nativos en otros aspectos, lo que, unido a las políticas económicas productivistas, ha llevado a favorecer el crecimiento del sector forestal (Lara *et al.*, 2010a). La consecuencia ha sido una creciente degradación y pérdida de extensas superficies de bosque nativo, sustituido por especies de rápido crecimiento, que ha desencadenado impactos sociales y ambientales negativos (Lara *et al.*, 2010b). Muchos proyectos desarrollados para controlar la erosión se sustentan en plantaciones exóticas, sin claridad sobre cómo el cambio de uso del territorio afecta a los servicios ecosistémicos, como la regulación hídrica y captura de CO₂.

Este trabajo revisa la incidencia y las consecuencias de los incendios forestales en Chile, con especial referencia a la Región del Biobío. Busca específicamente: 1) revisar los principales efectos de los incendios en diferentes ecosistemas, 2) comparar los servicios de los ecosistemas proporcionados por las plantaciones forestales y bosques nativos, 3) cuantificar las pérdidas en el mercado de algunos servicios de los ecosistemas, 4) llevar a cabo una primera aproximación a la economía de los daños derivados de la pérdida de los bienes y servicios de estos ecosistemas y, 5) revisar de manera sucinta la normativa aplicable y la que se discute actualmente en el Congreso Nacional en materia de incendios.

2. METODOLOGÍA

2.1 Área de estudio

El área de estudio corresponde a la Macro Región del Biobío - Ñuble, localizada en el límite sur de la zona central de Chile (36°00'-38°30' de latitud sur). Cuenta con una superficie de 37.046,9 km²,

que representan el 4,2% del territorio nacional. Gran parte de la superficie de esta región corresponde a la cuenca del río Biobío, base natural de uno de los más importantes polos de desarrollo económico del país. Los sectores productivos más relevantes y dinámicos corresponden al sector forestal (incluye celulosa y papel), agropecuario, industrial (metalúrgicas, químicas, refinería del petróleo y textiles) e hidroeléctrico, que aporta la principal fuente energética del país. La región se caracteriza por un clima templado de carácter mediterráneo frío, que alberga 2.052.982 ha de bosques. En su extremo norte, permite la existencia de árboles como el espino, asociado con *Peumus boldus* (Mol.) (Boldo), *Cryptocarya alba* (Mol.), *Peumo* y *Quillaja saponaria* (Mol.) (Quillay). Hacia el sur se encuentran restos de bosques esclerófilo, donde los cambios producido por las plantaciones forestales de pinos y por cultivos agrícolas son más evidentes (BCN, 2010).

2.2 Aproximación metodológica

La información sobre incremento de las plantaciones forestales a nivel nacional y regional (Macro Región del Biobío - Ñuble), durante las últimas tres décadas, y su relación con los registros de incendios forestales fue reunida a partir de las bases de datos que posee la Corporación Nacional Forestal (CONAF), Corporación de la Madera (CORMA) e Instituto Forestal (INFOR). Los datos obtenidos fueron correlacionados (Pearson) y graficados mediante el software SigmaPlot v.11.0 (Systat Software, Inc.).

Asimismo, se realizó una identificación comparativa de los servicios ecosistémicos que proporcionan los bosques nativos y las plantaciones forestales mediante una revisión bibliográfica, dado que no existen estudios cuantitativos al respecto. En especial se valoran los servicios de regulación (emisiones de CO₂) y pérdidas del servicio de abastecimiento (suministro de madera y energía), siguiendo a Valero *et al.* (2007), asumiendo que la biomasa disponible para combustión corresponde a la suma de la biomasa aérea y biomasa de raíces (información disponible en informe de la ODEPA, 2010) y

considerando los datos de eficiencia de combustión para estudios en climas mediterráneos (Valero *et al.*, 2007).

2.2.1 Cálculo de pérdida del servicio de regulación: emisiones de CO₂

$$L_{\text{fuego}} = A * MB * G_f * G_{ef} * 10^{-3} [1]$$

Donde:

L_{fuego} : cantidad de emisiones de gas (toneladas de CO₂)

A: área quemada (ha)

MB: masa de combustible disponible para la combustión (tonelada por ha de materia seca). Se incluyen todas las fracciones: biomasa, residuos o madera muerta

G_f : Factor de combustión adimensional (0,45)

G_{ef} : factor de emisión en g/kg de materia seca quemada (1569 g/Kg)

Con la finalidad de dimensionar económicamente las emisiones de CO₂ a la atmósfera, las cifras fueron homologadas a valores monetarios (us \$), de acuerdo con lo establecido por el mercado de emisiones de CO₂, (diciembre de 2016; us \$ 6,35 t CO₂, www.sendeco2.com/es/precio_co2.asp?ssidi=1).

Del mismo modo, asumiendo que una plantación o bosque maduro puede alcanzar una relación entre el O₂ liberado y el CO₂ fijado de 1,2 (Brower *et al.*, 1990), fue posible cuantificar la pérdida de retención de CO₂/ha como consecuencia de los incendios ocurridos durante la temporada 2015-2016 en la Región del Biobío, para cuatro escenarios, siguiendo la clasificación de edades de las plantaciones forestales establecidas en el catastro de CONAF.

También se evaluó la pérdida de la capacidad futura de captación de CO₂ para las áreas afectadas, para lo cual se estimó la cantidad de carbono que se hubiera capturado a nivel nacional por las plantaciones, sin la ocurrencia de incendios forestales. Estos cálculos se sintetizaron utilizando el total de la superficie afectada, multiplicando por el valor de captura de CO₂ de cada especie (*E. globulus* y *P. radiata*) (Gayoso & Guerra, 2005; Gayoso, 2002), lo

que también permitió una valoración económica de acuerdo con los valores fijados por el mercado de emisiones ya indicados.

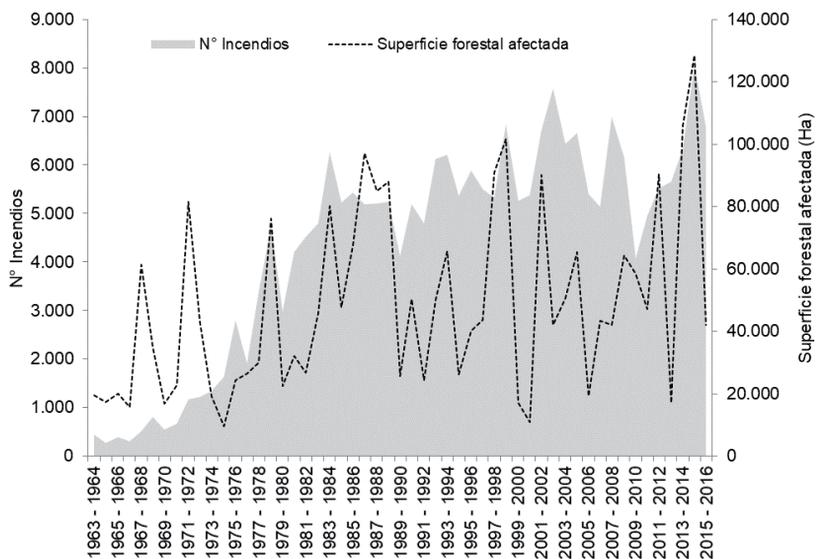
2.2.2 Cálculo de la pérdida en el servicio abastecimiento: materia y energía

Para calcular las pérdidas de biomasa como fuente productora de energía, se utilizaron los datos de superficie afectada por incendios y los datos de biomasa disponible para combustión, siguiendo la metodología propuesta por Valero *et al.* (2007), obteniendo un valor aproximado, puesto que no necesariamente toda la biomasa quemada puede ser extraída para uso energético. A este valor de biomasa se aplicó un factor de corrección, que en ambientes mediterráneos corresponde a 0,17 tep (tonelada equivalente de petróleo) (Nuñez *et al.*, 2004). Finalmente, y de acuerdo con el valor promedio del barril (us \$ 44,05) otorgado por la Agencia Internacional de Energía 2016, se calculó el valor de biomasa quemada.

3. RESULTADOS

Chile posee alrededor de 75 millones de hectáreas de vegetación vulnerable a incendios, entre praderas y matorrales (41.200.948 ha, 59,5%), bosque nativo (14.316.822 ha, 33,2%) y plantaciones (2.369.562 ha, 7,3%), siendo las especies más cultivadas *Pino radiata* (D. Don) (58,4%), *Eucaliptus globulus* (Labill.) (24,1%) y *Eucaliptus nitens* (Maiden) (10,8%) (INFOR, 2016). En promedio, 57 mil ha se queman anualmente en unos 5.767 incendios forestales. Su ocurrencia afecta tanto al bosque natural como a las plantaciones forestales y presenta importantes fluctuaciones a partir de 1964, desde cuando se disponen datos oficiales de CONAF (figura 1). La superficie quemada ha aumentado un 96,4% en la serie analizada, aunque el número de incendios fluctúa considerablemente de un año a otro, obteniéndose los valores máximos en el período 2014-2015 (8.048 incendios) y los mínimos durante los años 1964-1965 (269 incendios).

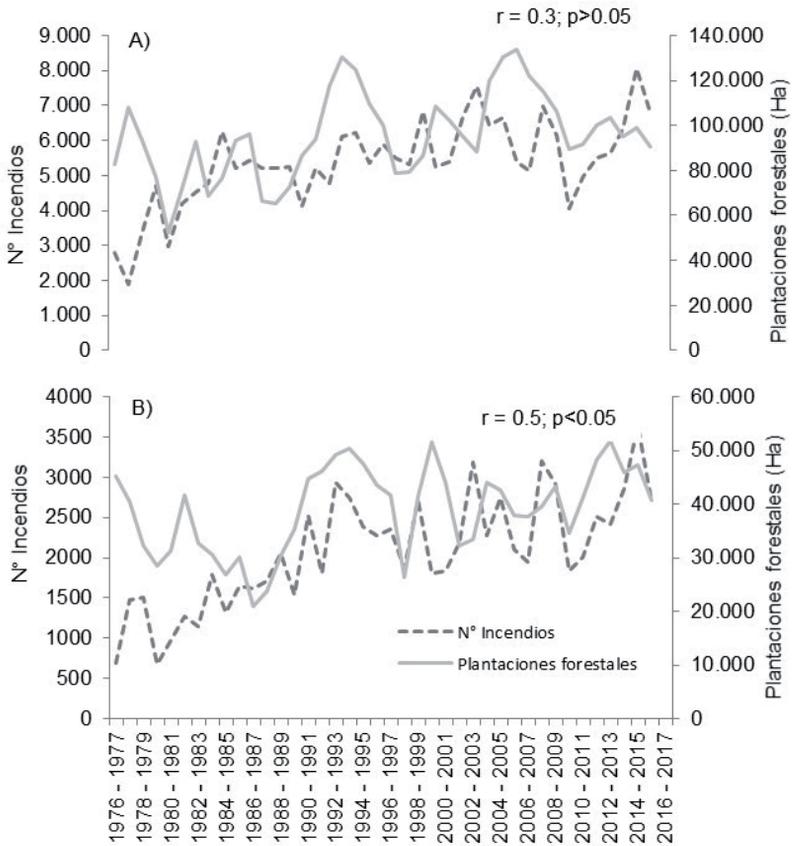
FIGURA 1. NÚMERO DE INCENDIOS Y SUPERFICIE FORESTAL AFECTADA A NIVEL NACIONAL



Fuente: elaboración propia con datos de CONAF, 2016

La figura 2A muestra las diversas fluctuaciones ocurridas a lo largo de los años entre el número de incendios y las plantaciones forestales a nivel nacional. Sin embargo, también se ha observado una relación positiva entre estas dos variables, más significativa en la Región del Biobío ($r=0,5$; $P<0,05$) (figura 2B). Así, dicha región concentra la mayor cantidad de superficie con plantaciones forestales (38%), dominando el monocultivo de *Pinus radiata* (711.358 ha), cuya superficie quemada ascendió, en los últimos cinco años, a 384.067 ha.

FIGURA 2. A) NÚMERO DE INCENDIOS VERSUS NÚMERO DE PLANTACIONES FORESTALES OCURRIDOS A LA FECHA A NIVEL NACIONAL; B) NÚMERO DE INCENDIOS VERSUS NÚMERO DE PLANTACIONES FORESTALES OCURRIDOS EN LA REGIÓN DEL BIOBÍO



Fuente: elaboración propia con datos de CONAF, 2016

3.1 Servicios ecosistémicos: un análisis comparativo

Los bosques nativos son importantes productores de servicios ecosistémicos (Campos *et al.*, 2005; MEA, 2005) expresados en diversos bienes (leña, maderas, frutas, plantas medicinales, animales, etcétera). También cumplen funciones de regulación, menos

conocidas y valoradas, estabilizando suelos, regulando flujos de agua y nutrientes, purificando y filtrando el agua, regulando el clima local, descomponiendo materia orgánica y previniendo peligros naturales (tabla 1). Conforme crecen, absorben el carbono de la atmósfera almacenándolo en sus tejidos y en los suelos, reduciendo la tasa de acumulación de dióxido de carbono en la atmósfera y mitigando el calentamiento global. Además, ayudan a moderar el cambio climático a escala local regulando los patrones de precipitación. Menos estudiados, pero igualmente importantes, son los servicios culturales que ofrecen (caza, observación del paisaje, fauna, caminatas, etcétera), actividades que contribuyen al bienestar humano.

TABLA 1. VALORACIÓN CUALITATIVA DE ALGUNOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS PROPORCIONADOS POR BOSQUES NATIVOS Y PLANTACIONES FORESTALES

TIPO DE SERVICIO	SERVICIO	BOSQUE NATIVO	PLANTACIÓN FORESTAL
Abastecimiento	Alimentos	(+)	
	Madera, combustible y fibra	(++)	(+++)
	Recursos genéticos	(+++)	(+)
	Bioquímicos, medicinas naturales, farmacéuticos	(+++)	(+)
	Agua fresca	(+++)	(+)
Regulación	Regulación de calidad de aire	(+++)	(++)
	Regulación climática	(+++)	(++)
	Regulación del agua (flujos hidrológicos)	(+++)	(+)
	Purificación del agua y tratamiento	(+++)	(+)
	Regulación de la erosión	(+++)	(+)
	Regulación de enfermedades	(+++)	
	Regulación de plagas	(+++)	
Polinización	(+++)		

TIPO DE SERVICIO	SERVICIO	BOSQUE NATIVO	PLANTACIÓN FORESTAL
Regulación	Regulación de desastres naturales	(+++)	(++)
Culturales	Beneficios espirituales, culturales y religiosos	(+++)	(+)
	Belleza escénica y estética	(+++)	(+)
	Recreación y ecoturismo	(+++)	(+)

(+) = baja contribución, (++) contribución intermedia; (+++) = contribución alta

Fuente: Daily, 1997; Campos *et al.*, 2005; MEA 2005

Por el contrario, las plantaciones forestales proporcionan un único servicio ecosistémico de abastecimiento (madera y celulosa), por lo que suelen estar dominados por una o pocas especies de árboles y manipulados para maximizar la producción maderera. Como consecuencia, se produce una homogenización del paisaje, una disminución de la diversidad florística y estructural y una pérdida de su valor como reservorio genético. Mantener este servicio requiere importantes cantidades de agua (Little *et al.*, 2009). No obstante, también son contenedores temporales de carbono (debido al rápido crecimiento de los árboles) y pueden ayudar a mitigar el cambio climático cuando son manejados apropiadamente (Guariguata, 2009).

Equiparar el ecosistema bosque con las plantaciones forestales exclusivamente con relación a sus precios de mercado, ha llevado a tomar decisiones erróneas en la gestión del territorio, con la consecuente pérdida del valor de proveer otros servicios ecosistémicos, que proporcionan los bosques nativos, no percibidos por la mayor parte de la sociedad y muchos de ellos no valorables en términos económicos (Costanza *et al.*, 1997; Nahuelhual *et al.*, 2007).

3.2 Efectos ambientales asociados a los incendios forestales

Dependiendo de la intensidad, duración y frecuencia, el fuego ejerce una gran influencia sobre la disponibilidad de recursos naturales y los ecosistemas (DeBano *et al.*, 1998). Comprender sus efectos

en los distintos compartimentos ambientales es clave para evaluar el costo ambiental, económico y social de las pérdidas que implican los incendios forestales (Mills y Flowers, 1985). En este sentido, la información en Chile —en específico, en la Región del Biobío— es escasa, dispersa y en muchos casos no ha sido evaluada, a pesar de que dicha región es reconocida como un *hot spot* de diversidad a nivel mundial (Myers *et al.*, 2000; Figueroa *et al.*, 2013). De hecho, en el Cuarto Informe de la Estrategia Nacional de Biodiversidad del año 2009 se reconoce que estas áreas no se encuentran aseguradas en la actual regulación; por su parte, en el Quinto Informe, del año 2014, se reconoce que las áreas consideradas como *hot spot* no están representadas en el sistema de áreas protegidas del país. Asimismo, el proyecto que crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Silvestres Protegidas y el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas (Boletín 9404-12/2014) no contempla regulación especial para ellos. Sin embargo, establece como objeto el «asegurar la conservación de la biodiversidad en el territorio nacional, especialmente en aquellos ecosistemas de alto valor ambiental o que, por su condición de amenaza o degradación, requieren de medidas para su conservación», por lo tanto, debería propender al reconocimiento de los *hot spot* como áreas proveedoras de servicios ecosistémicos, que constituye el eje central del proyecto de ley citado.

Por otra parte, las nueve categorías de protección se aplicarán a los ecosistemas según sean los servicios que estos provean. Además, crea figuras especiales de infracciones y daño ambiental, cuando se afecten los servicios ecosistémicos, y permitiría al infractor presentar planes de reparación, asumiendo los costos en que se incurra para su implementación (Delgado, 2014). Algo que, de hecho, ya es una herramienta que utiliza la Superintendencia del Medio Ambiente a través de los planes de cumplimiento.

En lo preventivo, es inquietante que desde la creación del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) en Chile (1998), nunca se hayan evaluado los impactos ambientales y sociales asociados a las plantaciones forestales, ni se han implementado medidas de mitigación, reparación o compensaciones que pudieren asociarse

(como podrían ser bordes de protección), pues en la práctica se elaboran proyectos de dimensiones inferiores a las consideradas en el Reglamento del SEIA como de ingreso obligatorio. Nada ha hecho el Estado para modificar esta situación, más aún cuando solo se requiere un simple cambio por decreto supremo al Reglamento para disminuir los riesgos de incendios.

3.3 Efectos sobre el suelo y sistemas acuáticos

Los cambios que los incendios ocasionan en el suelo y sus componentes han sido ampliamente documentados (Brown, 1972; González-Pérez *et al.*, 2004), aunque escasamente referidos a Chile. Estos trabajos señalan un aumento considerable de la escorrentía superficial, sobre todo durante lluvias intensas, producto de la formación de una costra hidrófuga en el suelo (DeBano, 1971) que aumenta la erosión y la cantidad de materia orgánica disponible, que puede llegar a los cursos de agua afectando, en primera instancia, su química, donde los componentes del humo y la ceniza tienen una influencia sustancial. Clayton (1976) indicó que las concentraciones de calcio, magnesio, potasio, sodio y nitrógeno total que arrastran las precipitaciones tras los incendios, fueron entre 20 y 70 veces mayores que en períodos normales. Igualmente, Spencer y Hauer (1991) vincularon la presencia de amonio en las aguas superficiales con la volatilización del nitrógeno presente en los gases del humo, y asocian la presencia de fósforo al lixiviado de cenizas depositadas directamente en los cursos de agua, tras las precipitaciones.

Asimismo, la entrada de nutrientes y sólidos suspendidos a los cuerpos de agua puede resultar tóxico para muchas especies acuáticas o provocar eutrofización, modificando la dominancia de diversos grupos algales (Holopainen & Huttunen, 1992). La mortandad de organismos acuáticos no es uniforme (Sedell *et al.*, 1990), pues depende de factores como la magnitud e intensidad del fuego, toxicidad química del humo o la ceniza, cambios en la química del agua y el uso de retardantes de llama. Para el caso de los macroinvertebrados bentónicos, se han descrito importantes cambios

en los grupos funcionales (Oliver *et al.*, 2012). Tras el incendio, las temperaturas elevadas del agua por pérdida de vegetación ribereña alteran la abundancia, diversidad, períodos de incubación de huevos y supervivencia de algunas crías (Reeves *et al.*, 1993).

Por otro lado, el calentamiento del suelo produce variaciones en algunas de sus propiedades físicas y químicas (Beschta, 1990). En este sentido, se han documentado aumentos en el pH y conductividad eléctrica debido al aporte de carbonatos, cationes básicos y óxidos procedentes de las cenizas, además de un considerable aporte de iones y nutrientes (Ca, Mg, K, Na, P), responsables del crecimiento de diversas especies rebrotadoras o germinadoras (Kutiel & Naveh, 1987). Así, el fuego, al destruir la cubierta vegetal, afecta negativamente a los servicios de regulación relacionados con la fertilidad del suelo.

3.4 Efectos en la atmósfera (emisiones de CO₂)

Uno de los principales servicios ecosistémicos que proporcionan los bosques naturales es su capacidad de almacenamiento de carbono, la cual contribuye a amortiguar los efectos del cambio climático. Sin embargo, una de las principales consecuencias de los incendios forestales es el aumento de la contaminación del aire y emisiones de CO₂ hacia la atmósfera, contribuyendo al efecto invernadero. Esta contaminación atmosférica se debe a la emisión de gases como NH₃, N₂O, NO y NO_x, hidrocarburos sólidos, líquidos y gaseosos, aldehídos como formaldehído, acroleína, ácido fórmico y otras pequeñas partículas no identificadas en su totalidad (Johnston *et al.*, 2012). Además de partículas de carbón y cenizas, son fuentes naturales de elementos traza liberados y transportados hacia la atmósfera, partículas de tamaño medio (5-10 μ de diámetro) que pueden permanecer suspendidas en la atmósfera hasta ser lavadas por la lluvia; mientras que las menores de 2-3 μ penetran profundamente en los pulmones, afectando a la salud humana.

Las emisiones de CO₂ han sido cuantificadas en distintos incendios del mundo, pero en Chile no existen estudios de esta índole.

Al respecto, los resultados globales a nivel nacional, para todas las edades de las plantaciones forestales afectadas por incendios entre 1984 y 2016 (tabla 2), muestran que se han emitido a la atmósfera más de 37 millones de toneladas (t) de CO₂ (us \$235 millones), de las cuales, el 53% (19.470.966 t) provienen de los incendios ocurridos en la Región del Biobío (us \$121 millones). En relación a los escenarios de edades propuestas (tabla 3), la cuantificación por pérdida de retención de CO₂ evidencia que el escenario más crítico corresponde a las plantaciones de 23 años de pino (E3), que, debido a la mayor frecuencia de incendios, aporta en promedio más CO₂, con un balance negativo de liberación de O₂ (ca.: - 145 Mg ha⁻¹ año).

En términos de las pérdidas de capacidad de captura de CO₂ entre 1985 y 2016 (23 años, tabla 3), los valores a nivel nacional corresponden a 200 millones ton de CO₂ (cálculo sin considerar la quema de bosque nativo), equivalente a us \$1.270 millones en precios de derecho de emisión. Del mismo modo, a nivel regional, la cantidad de emisiones corresponden a 105 millones ton de CO₂, equivalen a us \$667 millones. Respecto de la superficie de bosque nativo quemado, existe escasa información, conociéndose para Chile los estudios realizados por la Universidad Austral en el marco del Global Carbon Project (<http://www.uach.cl/procarbono/documentos.html>), que estima que la cantidad de carbono almacenado, en promedio, durante toda la vida de *Quercus robur* (L.) y *Araucaria araucana* ((Molina) K. Koch.), corresponden a 560 y 680 t de CO₂ por árbol, respectivamente.

TABLA 2. ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE CO₂ DE LAS PLANTACIONES FORESTALES A CAUSA DE INCENDIOS FORESTALES, A PARTIR DEL ESTUDIO DE VALERO ET AL. (2007) Y DATOS DE LA CONAF

	Tipo de plantación	Área quemada (ha)			MB (t ha ⁻¹)			L _{fuego} (t CO ₂)
		0-10 años	1-17 años	>18 años	0-10 años	11-17 años	>18 años	
Nacional	<i>E. globulus</i>	-	106 489	-	-	150	-	11 272 268
	<i>P. radiata</i>	80 019	129 864	78 388	24	162	172	25 729 535
	Total (1984-2016)							37 001 803
Región del Biobío	<i>E. globulus</i>	-	42 856			150		4 536 462
	<i>P. radiata</i>	32 508	87 198	36 322	24	162	172	14 934 504
	Total (1984-2016)							19 470 966

MB: masa de biocombustible disponible, L_{fuego}: cantidad de emisiones de gas

TABLA 3. CANTIDAD DE CO₂ EMITIDO POR SUPERFICIE AFECTADA POR INCENDIOS FORESTALES (TEMPORADA 2015-2016, REGIÓN DEL BIOBÍO) Y PÉRDIDA DE CAPACIDAD DE CAPTURA DE CO₂ PARA LOS PERÍODOS 1984-2016

Escenario	Acumulación de CO ₂ (t ha ⁻¹)	Liberación de O ₂ (t ha ⁻¹)	Superficie afectada (ha)	CO ₂ emitido (t)	CO ₂ emitido (t ha ⁻¹)	O ₂ perdido (t ha ⁻¹) (*)
E1 (<i>P. radiata</i> 7 años)	90.51	108.68	521.51	8 780	16.84	-20.16
E2 (<i>P. radiata</i> 16 años)	614.64	737.57	416.89	47 659	114.32	-137.19
E3 (<i>P. radiata</i> 23 años)	654.06	784.87	324.00	39 415	121.65	-145.98
E4 (<i>E. globulus</i> 11 años)	581.15	697.38	1 127.16	119 313	105.86	-127.08
Pérdida de capacidad de captura de CO ₂	<i>Eucalyptus</i> sp. (t CO ₂)		<i>Pinus radiata</i> (t CO ₂)		Total (t CO ₂)	
Nacional	(1984-2016)		61 886 455		138 334 424	
Regional	(1984-2016)		24 905 861		80 295 117	

(*) La pérdida de O₂ ha⁻¹ corresponde a la cantidad en tonelada (t) de O₂ que no fue fijado por la plantación debido a la quema
Para la pérdida de captura de CO₂ se consideran datos de todos los escenarios entre los años 1984-2016

Fuente: Gayoso y Guerra, 2005; Gayoso, 2002

3.5 Pérdida del servicio de abastecimiento: madera versus energía

Chile es un país que sustenta parte de su economía exportando alrededor del 70% de lo que produce, destacando la celulosa, trozos de madera para aserrar, pulpa y madera aserrada, casi exclusivamente de *P. radiata*. Asimismo, el aprovechamiento de la biomasa como fuente de energía toma cada vez más importancia en la misma industria forestal que la requiere. En este sentido, si consideramos la biomasa quemada a causa de los incendios forestales en la Región del Biobío, y se cuantifica como biomasa productora de energía, obtendríamos un total de 27,6 millones t de materia seca disponible para combustión (valor aproximado, puesto que no necesariamente toda la biomasa puede ser extraída para uso energético) (tabla 4). Aplicando el valor de corrección 0,17 tep (Nuñez *et al.*, 2004), el poder energético de la biomasa total ascendería a 4,6 millones de tep que, de acuerdo con la Agencia Internacional de Energía, implica que el poder calorífico perdido durante la temporada 1984-2016 ascendería a 33 millones de barriles de petróleo. A un valor promedio del barril de US \$ 44,05, la pérdida de biomasa alcanzaría los US \$ 1444 millones.

TABLA 4. ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA EN PLANTACIONES FORESTALES QUEMADAS EN LA REGIÓN DEL BIOBÍO (1984-2016)

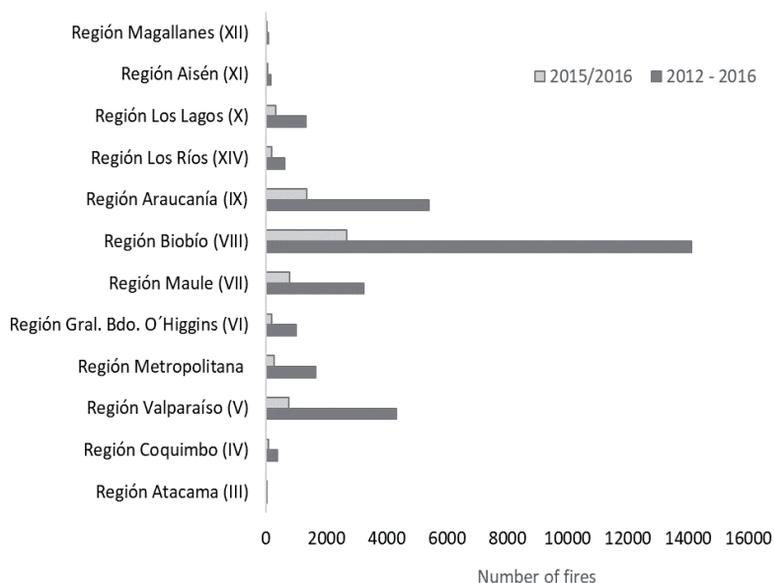
	Superficie afectada (ha)			Biomasa disponible combustión (ton/ha)			Biomasa total (ton/ha)			Total
	0-10 años	11-17 años	>18 años	0-10 años	11-17 años	>18 años	0-10 años	11-17 años	>18 años	
<i>Pinus radiata</i>	32 508	87 197	36 321	24	162	172	775 160	14 118 642	6 258 137	21 151 939
<i>Eucalyptus globulus</i>	-	42 856	-	-	150	-	-	6 425 108	-	6 425 109
									Total	27 577 048

Cálculos realizados según lo propuesto por Valero *et al.* (2007)

4. DISCUSIÓN

La ocurrencia de incendios forestales se concentra principalmente en las zonas de clima mediterráneo, desde la Región de Valparaíso hasta la del Biobío, y aunque la accidentalidad del terreno aumenta su extensión y peligrosidad, también ha estado vinculada a la intencionalidad y a diversos conflictos sociales con comunidades indígenas. Los registros de la CONAF indican que la mayor ocurrencia de incendios forestales se da en las regiones del Biobío y la Araucanía (figura 3), donde el 58% de los bosques son plantaciones forestales (INFOR, 2016). Los incendios en estas regiones son favorecidos por la gran concentración de población cercana, la accesibilidad a las áreas forestadas y por la cantidad de material seco de los desechos derivados del manejo intensivo, generando un fuerte impacto económico, social y ambiental (Peña-Fernández & Valenzuela-Palma, 2004).

FIGURA 3. NÚMERO DE INCENDIOS FORESTALES OCURRIDOS A NIVEL REGIONAL, DURANTE EL ÚLTIMO QUINQUENIO (2012-2016) Y EL ÚLTIMO AÑO



Fuente: elaboración propia con datos de CONAF, 2016

Según el Laboratorio de Incendios Forestales de la Universidad de Chile (julio, 2014), las pérdidas directas asociadas a los incendios forestales en Chile durante el período 1989-2013 ascendieron a 70 millones de dólares. Sin embargo, no existe un registro de los efectos indirectos (impactos sobre la biodiversidad, pérdida de recursos hídricos, procesos de erosión, pérdida de la fertilidad de suelos, impactos sociales y económicos). Al margen de los impactos sobre el medio natural (masa vegetal, fauna) e indirecta (alteración del ciclo hidrológico, pérdida de sitios de recreación), hay que señalar los daños producidos sobre las personas y sus hogares, como quedó demostrado en el incendio de Quillón (enero de 2012), cuyas pérdidas se evaluaron en más de us \$ 3.400 millones, sin considerar vidas humanas y las pérdidas del sector turístico.

En los últimos 30 años, Chile ha reconocido daños que bordean los 100 millones de dólares en pérdidas directas (Urzúa & Cáceres, 2011). Sin embargo, durante el mismo período, el gasto en la extinción de incendios fue del orden de us \$ 660 millones, de los cuales us \$ 150 millones (22,7%) se invirtieron solo en el período 2012-2013 (CONAF, 2014). El 70% de los incendios que extinguieron las brigadas de las ocho grandes forestales presentes en la Región del Biobío (Arauco, Mininco, Masisa, AnChile, Bosques Cautín, Volterra, Tierra Chilena y Río Itata) ocurrieron en áreas fiscales, es decir, fuera de sus respectivos terrenos. En la temporada 2012-2013 en Chile se quemaron 17.109 hectáreas, de las que solo 2.566 (17%) fueron propiedad de las empresas forestales. Las restantes correspondieron a terrenos fiscales y de pequeños propietarios. Esta tendencia se ha mantenido inalterable durante las dos últimas décadas (CONAF, 2014).

El Estado, a través de la CONAF, tiene la obligación legal de combatir los incendios forestales en todo el territorio nacional, cubriendo 15,6 millones de hectáreas entre bosques nativos y plantaciones forestales. Durante el 2016 el presupuesto destinado a ello fue de us \$37,8 millones (us \$32,8 millones correspondientes al programa de manejo de fuego y otros us \$5 millones aportados por el Ministerio del Interior), lo que supone tan solo us \$2,5 por hectárea para

controlar el fuego en todo el territorio nacional. Sin embargo, en los terrenos de las grandes plantaciones forestales estos recursos se complementan con inversión privada, de US \$35 por cada hectárea de su propiedad (CORMA, 2014). Dado que las plantaciones totales de las ocho grandes forestales existentes en la Región del Biobío ascienden a 1,4 millones de hectáreas, el control del fuego cuesta, a esas empresas, más de US \$48 millones al año.

Estudios desarrollados por Lara *et al.* (2009) señalaron la importancia de diferenciar el bosque nativo de las plantaciones forestales en términos de provisión de servicios ecosistémicos, especialmente en la relación superficie / producción de agua (caudal / precipitación), dado que la vegetación nativa tiene la capacidad de almacenar durante las épocas de lluvias y liberarla durante las más secas, contrario a lo que ocurre con las plantaciones de eucalipto y pino caracterizadas por su alta evapotranspiración (Huber *et al.*, 2008). Así pues, mantener bosques nativos resulta una herramienta de gestión fundamental para retardar el avance del fuego en aquellas regiones donde el aumento de la temperatura y las sequías incrementarían los riesgos de incendios forestales. La ocurrencia de incendios también constituye una importante oportunidad de restauración ecológica, acelerando las sucesiones vegetales naturales y la recuperación de sistemas degradados. En Chile, la restauración ecológica está influenciada básicamente por procesos de forestación (en sitios sin actividad forestal previa) y reforestación (en sitios con explotación extractiva). De acuerdo con datos proporcionados por la CONAF (2013), la reforestación posincendio representa el 10,6% del coste de la restauración total de los ecosistemas.

Al respecto, la superficie total forestada en la Región del Biobío durante el año 2016 fue de 461,1 ha, correspondientes al 19% de la superficie total forestada en el país. La forestación se realizó utilizando plantas de 12 especies: siete exóticas: *Eucalyptus camaldulensis* (D_{EHNH}), *Eucalyptus nitens*, *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus* sp., *Pinus radiata*, *Populus alba* (L.) y *Populus* sp. y cinco nativas: *Acacia melanoxylon* (R.B_R), *Lomatia hirsuta* (Lam), *Nothofagus alpina* ((P. et E). Oerst), *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.), *Quillaja*

saponaria (Molina), de las cuales, un 46,8% correspondió a *P. radiata* y un 28,4% a *E. globulus*. La forestación con especies nativas tan solo alcanzó una superficie de 97 ha (1,6%), siendo la especie más representativa *Quillaja saponaria* (59,31%). Por otro lado, la reforestación alcanzó 46.236,20 ha (el 48,1% de la nacional). La cantidad de plantas se estimaron en casi 40 millones repartidas en 10 especies (siete exóticas y tres nativas). Considerando estos datos, la Región del Biobío prioriza la restauración con especies exóticas, obviando la importancia del bosque nativo como ecosistemas de alto valor ambiental y paisajístico, y su capacidad de actuar como barrera natural frente a la propagación del fuego. De igual modo, sorprende que una especie típica de secano como lo es el quillay, sea la más exitosa y probablemente esté compitiendo con las plantaciones forestales por el recurso hídrico.

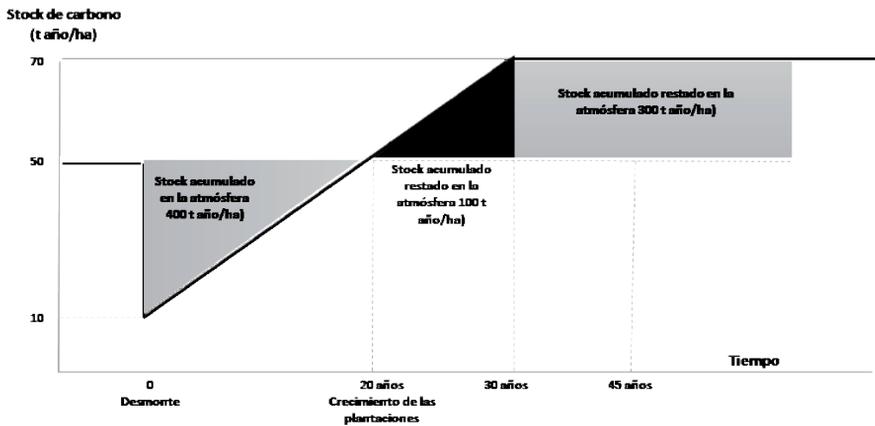
En este sentido, Lara *et al.* (2010b) plantearon la necesidad de realizar modificaciones a la Ley de Bosque Nativo y Decreto Ley 701, sugiriendo bonificaciones a las acciones de manejo, conservación y recuperación de bosques dirigidos específicamente a la producción de servicios ecosistémicos, más allá de su importancia como generadores de productos de mercado. Delgado (2014) precisa que las bonificaciones de la Ley de Bosque Nativo, además de ser de bajísimos montos, se limitan solo a ciertos y determinados servicios de aprovisionamiento (bienes) y solo a uno de carácter cultural (turismo), sin considerar servicios de regulación (ej. captura de CO₂). Además, se define a los «servicios ambientales» como aquellos que «inciden directamente en la protección y mejoramiento del medio ambiente», por lo que afirma que esta ley introduce una «definición inoperante al no establecer mecanismos o instrumentos que permitan implementar una adecuada gestión y protección de los bosques en base a este concepto».

Si bien se ha demostrado que las plantaciones forestales pueden ser un importante reservorio de CO₂, los resultados permiten cuestionar el punto de equilibrio cuando estos no llegan a su límite máximo de captura de CO₂, debido a podas y cosechas programadas (*P. radiata* cerca de 20-25 años y *E. globulus* de 10-15 años)

y al efecto de los frecuentes incendios. Por el contrario, no ocurre lo mismo con el bosque nativo, ya que, al existir una demanda más controlada de las especies, estas alcanzan mayor longevidad y acumulan mayor *stock* de CO₂ en el tiempo (Mackey *et al.*, 2008).

Locatelli & Leonard (2001) señalan que al talar un bosque que almacena 50 ton C/ha (el *stock* cae a 10 ton C/ha) y reemplazarlo por plantaciones, estas almacenarán 70 ton C/ha después de 30 años (figura 4). En términos de flujo, la operación es benéfica a partir de 20 años, ya que hubo almacenamiento de carbono. Después de 30 años, la operación contribuye a almacenar 20 ton C/ha adicionales. Pero, durante 20 años, el *stock* acumulado de carbono en la atmósfera (alrededor de 400 toneladas año/ha) contribuye negativamente al cambio climático. Después de 20 años, el *stock* acumulado en la atmósfera disminuye, siendo de 300 toneladas año/ha después de 30 años, y nulo después de 45 años.

FIGURA 4. EJEMPLO DE LA EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL STOCK ACUMULADO DE CO₂, EN PLANTACIONES FORESTALES



Fuente: Locatelli & Leonard, 2001

En este sentido, no es posible seguir subsidiando una actividad productiva que genera pérdida o disminución de estos servicios, como la pérdida de la regulación hídrica o la disminución en la captura de CO₂, en oposición a otros planteamientos, como se estaría

haciendo mediante una nueva prórroga al Decreto Ley 701, norma cuyo objetivo principal fue la estimulación de la actividad forestal, lo que no guarda relación tampoco con los mayores compromisos internacionales que el país ha adoptado, donde la conservación, recuperación y protección de los servicios ecosistémicos producidos por el bosque nativo son de capital importancia. Por lo mismo, se le ha catalogado como un «subsidio perverso» en el informe de desempeño ambiental que la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) emitieron sobre Chile el año 2016 y, por ello, no debiera formar parte de nuestras políticas públicas. En materia preventiva, resulta claro que las distancias consideradas en la normativa chilena, limitadas básicamente a prohibir plantaciones cerca de cursos de agua y la elaboración de cortafuegos en las plantaciones con plan de manejo, han resultado insuficientes para el resguardo de personas, viviendas y medio ambiente.

Por ello resulta necesario discutir como país un sistema efectivo para la prevención de incendios forestales y su adecuado control. En este sentido, existe una excelente oportunidad en el ingreso al Congreso Nacional de dos proyectos de ley relacionados (marzo y abril de 2017). El primero de ellos es el proyecto de ley en materia de prevención de incendios y recuperación de bosques por parte de las empresas forestales (Boletín 11.165-01), que impone a los propietarios de terrenos o explotaciones forestales el deber de colaborar de forma activa en la prevención y lucha contra los incendios forestales, en particular a adoptar las medidas para la prevención y actuación en las tareas de extinción de los siniestros (art. 1). Además, se impone la obligación de gestionar, de manera adecuada, la biomasa vegetal en una franja de 50 metros perimetral a un suelo urbano de un centro poblado rural delimitado, así como alrededor de edificaciones, viviendas aisladas y urbanizaciones, depósitos de basura, parques e instalaciones industriales, ubicadas a menos de 400 m del terreno forestal; y presentar ante la autoridad (se habla de la CONAF) un plan de mitigación del impacto en los acuíferos superficiales y subterráneos (art. 4) y medidas de reparación o restauración

si ocurren incendios. El segundo proyecto (Boletín 11.175-01), que se tramita con suma urgencia, crea el Servicio Nacional Forestal como servicio público y le impone como deber la protección contra los incendios forestales (art. 2) a través, entre otras medidas, de Planes de Prevención (art. 22 y 23). Además se propone modificar la Ley General de Urbanismo y Construcciones, imponiendo que el Plan Regional de Ordenamiento Territorial y los Planes Reguladores o Seccionales incorporen, cuando corresponda, las áreas, franjas o radios de restricción, relativos a zonas de interfaz urbano forestal previo informe favorable del Servicio Nacional Forestal, pudiendo establecer en ellas obligaciones o limitaciones a las actividades que se localicen, con el objeto de prevenir la generación o propagación de incendios forestales.

La constante presión asociada a los incendios forestales ha provocado que los ecosistemas pierdan algunas de sus funciones, siendo incapaces de suministrar la cantidad y calidad de los servicios ecosistémicos al mismo nivel. Los principales efectos en los servicios de provisión radican en la pérdida de hábitat como albergue de biodiversidad, reducción de productos maderables y no maderables, pérdida de biomasa con aprovechamiento energético. Por otro lado, algunos de los efectos en los servicios de regulación repercuten principalmente en la reducción en la capacidad de captación de carbono por la biomasa vegetal afectada y la pérdida de la calidad del suelo, producto de la erosión ocasionada por lluvias posincendio. Existen otros efectos que no han sido incluidos en este estudio y que están relacionados con la pérdida de los servicios culturales, los cuales deben ser considerados en estudios posteriores.

Las pérdidas económicas en la Región del Biobío, considerando todos los incendios ocurridos hasta la fecha, ascienden a us \$2.200 millones aproximadamente. Estos costos están principalmente relacionados con las emisiones y captación de CO₂ (tabla 5). Sin embargo, si se incluyen los costos de extinción se llega a alcanzar cifras sorprendentes, que permiten replantearse la manera en la cual se está abordando esta problemática. Como consecuencia, se hace necesaria la creación de estrategias preventivas que eviten la

constante degradación de los ecosistemas vegetales, considerando planes de recuperación y restauración eficaces para restituir los daños generados, otorgando incentivos que prioricen la vegetación nativa por sobre la comercial, buscando resaltar las funciones otorgadas por el bosque nativo, inclusive su comportamiento frente a eventos incendiarios. En este sentido, la implementación de cordones de protección lograría el desarrollo de un concepto que hemos denominado *efecto borde*, mitigando los daños sobre las comunidades, tanto humanas como naturales. Esta medida podría imponerse en los instrumentos de ordenamiento y planificación territorial mencionados y, además, en todos los planes de manejo o nuevos planes de prevención.

TABLA 5. RESUMEN DE PÉRDIDAS OCASIONADAS
POR INCENDIO FORESTALES (1984-2017)

SERVICIO	INDICADOR	NACIONAL (US \$)	REGIONAL (US \$)
Provisión	Pérdida de biomasa ^(*)		1.444.000.000
Regulación	Emisiones de CO ₂ en la atmósfera ^(*)	235.000.000	121.000.000
	Pérdida en la capacidad de captura de CO ₂ ^(**)	1.270.000	667.000.000
	Pérdidas totales	236.270.000	2.232.000.000

(*) Los valores de emisiones fueron homologados a valores monetarios (us \$) según el valor de las emisiones de CO₂ establecidas (us \$6,35 t CO₂, diciembre de 2016)

(**) Las pérdidas de biomasa se calcularon según el precio medio del barril (us \$44,05) otorgado por la Agencia Internacional de Energía (diciembre de 2016)

El debate sobre los incendios forestales debe enfocarse en las causas, pero también en la prevención y en cómo minimizar las consecuencias, desde una visión que considere otros aspectos ambientales relevantes como la falta de agua para la población y otras actividades productivas, la incertidumbre del cambio climático, los efectos de bordes y la sustentabilidad de la empresa forestal. Para ello se requieren de políticas públicas estatales, como de la responsabilidad social de la empresa privada, con visión de futuro.

Agradecimientos

El estudio fue financiado por el proyecto CONICYT/FONDAP/13150015(CRHIAM). Gracias al apoyo de Becas de Tesis Doctoral de la Comisión Nacional de Investigación, Ciencia y Tecnología (CONICYT).

Parte de este trabajo se encuentra publicado en *Gayana Botanica* como: «CO₂ emission and biomass loss, associated to the occurrence of forest fires in the Biobío region, Chile: An approach from Ecosystem Services», Vol.75, pp. 482-493 (2018).

BIBLIOGRAFÍA

- Almendros, G.; González-Vila, F.J.; Martín, F. (1990) Fire-induced transformation of soil organic matter from an oak forest: an experimental approach to the effects of fire on humic substances. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* No. 149, pp. 158-168.
- Barrio, M.; Loureiro, M.; Chas, M.L. (2007) Aproximación a las pérdidas económicas ocasionadas a corto plazo por los incendios forestales en Galicia en 2006. *Economía Agraria y Recursos Naturales*. Vol. 7, No. 14, pp. 45-64.
- Beschta, R.L.; Bilby, R.E.; Brown, G.W.; Holtby, L.B.; Hofstra, T.D. (1987) Stream temperature and aquatic habitat: fisheries and forestry interactions. En: *Streamside management: Forestry and Fishery Interactions*. Salo, E.O & Cundy, T.W (editores). Institute of Forestry Resources, University of Washington. Pp. 191-232.
- Beschta, R.L. (1990) Effects of fire on water quantity and quality. En: *Natural and Prescribed Fire in the Pacific Northwest Forests*. Walsad, J.D; Radosevich, S.R. & Sandberg, D.V. (editores). Oregon State University Press. Pp. 219-231.
- Bizama, G.; Torrejón, F.; Aguayo, M.; Muñoz, M.D.; Echeverría, C.; Urrutia, R. (2011) Pérdida y fragmentación del bosque nativo en la cuenca del río Aysén (Patagonia-Chile) durante el siglo xx. *Revista de Geografía Norte Grande*. No. 49, pp. 125-138.
- Bravo, H.; Sosa, R.; Sánchez, P.; Jaimes, M. (2004) El impacto de los incendios forestales en la calidad del aire. En: *Los incendios forestales en México*. Villers, L. & Blanco J. (compiladores). Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. Pp. 79-97. Ciudad de México, México.
- Brower, J.; Zar, J.; Von Ende, C. (1990) *Field and laboratory methods for general ecology*. Brown Publishers. Dubuque, Estados Unidos.

- Brown, J.A. (1972) Hydrologic effects of a bushfire in a catchment in south-eastern new South Wales. *J. Hydrol.* No. 15, pp. 77-96.
- Calder, I.R.; Rosier, P.T.; Prasanna, K.T.; Parameswarappa, S. (1997) Eucalyptus water use greater than rainfall input a possible explanation from southern India. *Hydrol. Earth Syst. Sc.* No. 1, pp. 249-256.
- Campos, J.J; Alpizar, F.; Louman, B.; Parrota, J. (2005) *An integrated approach to forest ecosystem services*. En: *Forests in the Global Balance Changing paradigms*. Mery, G.; Alfaro, R.; Kanninen, M.; Lobovilob, M. (editores). IUFRO World Series. No. 17, pp. 243-262.
- Castañeda-González, J.C.; Gallegos-Rodríguez, A.; Sánchez-Durán, M.; Domínguez-Calleros, P.A. (2012). Biomasa aérea y posibles emisiones de CO₂ después de un incendio, caso del bosque La Primavera, Jalisco, México. *Ra Ximhai*, Universidad Autónoma Indígena de México Mochicahui. Vol. 3, No. 8, pp. 1-15. El Fuerte, México.
- Clayton, J.L. (1976). Nutrient gains to adjacent ecosystems during a forest fire: an evaluation. *Forest Sci.* No. 22, pp. 162-166.
- Cleaves, D.A. (1985) Net valúe change: Issues and applications in fire management. En: *Fire Management: The Challenge of Protection and Use*. Long, J.N (editor). Utah State University. Pp. 43-61.
- CONAF, Corporación Nacional Forestal (2011) *Catastro de los recursos vegetacionales nativos de Chile*. Monitoreo de cambios y actualizaciones. Período 1997-2011. Ciudad, Chile.
- CONAF, Corporación Nacional Forestal (2013) *Informe técnico: plantaciones forestales efectuadas durante el año 2012*. Ministerio de Agricultura. 83 Pp. Santiago, Chile.
- CONAF, Corporación Nacional Forestal (2014) *Incendios forestales en Chile*. Ministerio de Agricultura. Chile. Disponible en: www.conaf.cl/incendios-forestales/
- CORMA, Corporación de la Madera (2016) *Anuario forestal 2016*. Pp. 21-24.
- Costanza, R.; Arge, R.; De Groot, R.; Farber, S.; Grasso, M.; Hannon, B.; Limburg, K.; Naeem, S.; O'Neill, R.V.; Paruelo, J.; Raskin, R.G.; Sutton, P.; Van Den Belt, M. (1997) The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*. No. 387, pp. 253-260.
- Countryman, C.M. (1969) Project Flambeau. An Investigation of Mass Fire (1964-1967). Final Report Vol. 1. Office of the Secretary of the Army. *Review Notice*. 77 pp. Washington, Estados Unidos.
- Cummins, K.W. (1978) Ecology and distribution of aquatic insects. En: *An introduction to the aquatic insects of North America*. Merritt, R.W. & Cummins, K.W. (editores). Kendall/Hunt. Pp. 29-31. Dubuque, Estados Unidos.
- Daily, G.C. (1997) *Nature's services: Societal dependence on ecosystem services*. Island Press. Washington, Estados Unidos.

- DeBano, L.F. (1971) The effect of hydrophobic substances on water movement in soil during infiltration. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* No. 35, pp. 340-343.
- DeBano, L.F.; Near, D.G.; Folliott, P.F. (1998) *Fire's Effects on Ecosystems*. New York. John Wiley & Sons Inc. 333 pp. New York, Estados Unidos.
- Delgado, V. (2014) Servicios ecosistémicos y ambientales en la legislación chilena. *Actas de las VII Jornadas de Derecho Ambiental*. Centro de Derecho Ambiental de la Universidad de Chile. Pp. 525-554.
- Delgado, V. (2016) Breves reflexiones sobre el daño ambiental en Chile al afectarse «servicios ecosistémicos», con especial referencia a la legitimación activa de tales demandas. En: *Desarrollo sustentable. Miradas interdisciplinarias de experiencias en Chile y Brasil*. Barra R. & Rojas J. (editores). Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Pp. 51-64.
- Espejo, J.; Rodríguez, R. (2013) Antecedentes históricos en la descripción y del uso de *Sophora toromiro* (Phil.) Skottsb. (Fabaceae) en su hábitat natural: 1770-1948. *Gayana Bot.* Vol. 2, No. 70, pp. 383-389.
- Evans, J.; Turnbull, J. (2004) *Plantation silviculture in the tropics*. Oxford University Press. Tercera edición, 467 pp. Oxford, Reino Unido.
- Figueroa, R.; Bonada, N.; Guevara, M.; Pedreros, P.; Correa-Araneda, F.; Díaz, M.E; Ruiz, V.H. (2013) Freshwater biodiversity and conservation in Mediterranean climate streams of Chile. *Hydrobiologia*. No. 719, pp. 269-289.
- Flannigan, M.D.; Stocks, B.J.; Weber, M.G. (2003) Fire regimes and climatic change in Canadian forests. En: *Fire and Climatic Change in Temperate Ecosystems of the Western Americas*. Veblen, T.; Baker, W.L.; Montenegro, G.; Swetnam, T. (editores). *Ecological Studies*. No. 160, pp. 97-119.
- Gayoso, J.; Guerra, J. (2005) Contenido de carbono en la biomasa aérea de bosques nativos en Chile. *Bosque*. Vol. 2, No. 26, pp. 33-38.
- Gayoso, J. (2002) Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques nativos y plantaciones de Chile. *Revista Forestal Iberoamericana*. Vol. 1, No. 1, pp. 1-13.
- González-Cabán, A. (2008) *Memorias del Segundo Simposio Internacional sobre Políticas, Planificación y Economía de los Programas de Protección contra Incendios Forestales: una visión global*. Gen Tech. Rep. PSW-GTR-208. Córdoba, España.
- González-Pérez, J.A.; González-Vila, F.J.; Almendros, G.; Knicker, H. (2004) The effect of fire on soil organic matter: review. *Environmental International*. No. 30, pp. 855-870.
- González-Vila, F.J.; Almendros, G.; González-Pérez, J.A.; Knicker, H.; González-Vázquez, R.; Hernández, Z.; Piedra Buena, A. (2009)

- Transformación de la materia orgánica del suelo por incendios naturales y calentamientos controlados en condiciones de laboratorio. En: *Efectos de los incendios forestales sobre los suelos en España. El estado de la cuestión visto por los científicos españoles*. Cerdà, A. & Mataix-Solera, J. (editores). Universitat de Valencia. Pp. 219-268. Valencia, España.
- Gray, J.R; Edington, J.M. (1969). Effect of woodland clearance on stream temperature. *J. Fish. Res. Board Can.* No. 26, pp. 399-403.
- Guariguata, M.R. (2009) El manejo forestal en el contexto de la adaptación al cambio climático. *Revista de Estudios Sociales*. No. 32, pp. 98-113.
- Hobbs, R.J.; Harris, J.A. (2001) Restoration Ecology: Repairing the Earth's Ecosystems in the New Millennium. *Restor. Ecol.* No. 9, pp. 239-246.
- Holopainen, A.L.; Huttunen, P. (1992) Effects of forest clear-cutting and soil disturbance on the biology of small forest brooks. *Hydrobiologica*. No. 243, pp. 457-464.
- Huber, A.; Iroumé, A.; Bathurst, J. (2008) Effect of *Pinus radiata* plantations on water balance in Chile. *Hydrol. Process.* No. 22, pp. 142-148.
- Hurteau, M.; Bradford, J.; Fulé, P.; Taylor, A.; Martín, K. (2013) Climate change, fire management, and ecological services in the southwestern us. *Forest Ecol. Manage.* No. 327, pp. 280-289.
- INFOR, Instituto Forestal (2016) *Anuario Forestal*. Boletín estadístico 154. 184 pp. Santiago, Chile.
- Johnston, F.H.; Henderson, S.B.; Chen, Y.; Randerson, J.T.; Marlier, M.; DeFries R.S.; Kinney, P.; Bowman, D.M.; Brauer, M. (2012) Estimated global mortality attributable to smoke from landscape fires. *Environ. Health Persp.* No. 120, pp. 695-701.
- Julio, G. (2014) Tendencias del problema de los incendios forestales en Chile. *Revista Mundo Forestal*. No. 26, pp. 11-17.
- Kutiel, P.; Naveh, Z. (1987) The effect of fire on nutrients in a pine forest soil. *Plant Soil*. No. 104, pp. 269-274.
- La Point, T.W.; Parker, M.; Brewer, C.A.; Crossey, M. (1983) *Impact of fire on recreation stream water quality and spawning habitat*. Reporte Final (Cooperative Agreement 28-C2-222) University of Wyoming, Department of Zoology and Physiology to us Forest Service, Laramie, Wyoming, Estados Unidos.
- Lara, A.; Little, C.; Urrutia, R.; McPhee, J.; Álvarez-Garretón, C.; Oyarzún, C.; Soto, D.; Donoso, P.; Nahuelhual, L.; Pino, M.; Arismendi, I. (2009) Assessment of Ecosystem Services as an Opportunity for the Conservation and Management of Native Forest in Chile. *Forest Ecol. Manage.* No. 258, pp. 415-424.
- Lara, A.; Reyes, R.; Urrutia, R. (2010a) Bosques nativos. En: *Informe País, Estado del Medio Ambiente en Chile 2008*. Instituto de Asuntos

- Públicos. Centro de Análisis de Políticas Públicas. Universidad de Chile. Pp. 126-171. Santiago, Chile.
- Lara, A.; Urrutia, R.; Little, C.; Martínez, A. (2010b) Servicios ecosistémicos y Ley del Bosque Nativo: no basta con definirlos. *Revista Bosque Nativo*. No. 47, pp. 3-9.
- Little, C.; Lara, A.; McPhee, J.; Urrutia, R. (2009) Revealing the impact of forest exotic plantations on water yield in large scale watersheds in South-Central Chile. *J. Hydrol.* No. 30, pp. 162-170.
- Locatelli, B.; Leonard, S. (2001) Un método para medir el carbono almacenado en los bosques de Malleco (Chile). *Boix et Forêts des Tropiques*. No. 267, pp. 69-81.
- Mackey, B.; Keith, H.; Berry, S.; Lindenmayer, D. (2008) *Green carbon: the role of natural forests in carbon storage*. Parte 1: A green carbon account of Australia's South-Eastern Eucalypt Forest and Policy Implications. ANU E. Press. The Australian National University. 43 pp.
- Mataix-Solera, J.; Guerrero, C.; Úbeda, X.; Outeiro, L.; Torres, P.; Cerdà, A.; Bodí, M.B.; Arcenegui, V.; Zornoza, R.; Gómez, I.; Mataix-Beneyto, J. (2007) *Incendios forestales, suelos y erosión hídrica*. Caja Mediterráneo CEMACAM. 196 pp.
- Matthews, E.; Payne, R.; Rohweder, M.; Murray, S. (2000). *Forest ecosystems. Pilot analysis of global ecosystems*. World Resources Institute. 74 pp. Washington, Estados Unidos.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment) (2005) *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Island Press. 24 pp. Washington, Estados Unidos.
- Mihuc, T.B.; Minshall, G.W. (1995) Trophic generalists vs. trophic specialists: implications for food web dynamics in post-fire streams. *Ecology*. No. 76, pp. 2361-2372.
- Myers, M. (1997) Interpretive research in information systems. En: *Information Systems: An Emerging Discipline?* Mingers, J. & Stowell, F. (editores). McGraw-Hill. Pp. 239-266. Londres, Inglaterra.
- Myers, N.; Mittermeier, R.; Mittermeier, C.; Fonseca, G.; Kent, J. (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*. No. 403, pp. 853-858.
- Nahuelhual, L.; Donoso, P.; Lara, A.; Núñez, D.; Oyarzún, C.; Neira, E. (2007) Valuing ecosystem services of Chilean temperate rainforests. *Environment, Development and Sustainability*. No. 9, pp. 481-499.
- Neary, D.G.; Klopatek, C.C.; DeBano, L.F.; Folliott, P.F. (1999) Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. *Forest Ecol. Manag.* No. 122, pp. 51-71.
- Núñez, L.; Proupín, J.; Rodríguez, A. (2004) Energy valuation of forest residues originated from shrub species in Galicia. *Bioresource Technol.* No. 91, pp. 215-221.

- ODEPA, Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (2010) Estudio: Estimación del carbono capturado en las plantaciones de Pino radiata y Eucaliptos relacionadas con el DL-701 de 1974. Disponible en: www.odepa.gob.cl/odepaweb/serviciosinformacion/publica/Estudio_estimacion_del_carbono_capturado_en_plantaciones.pdf
- Oliver, A.; Bogan, M.; Herbst, D.; Dahlgren, R. (2012) Short-term changes in-stream macroinvertebrate communities following a severe fire in the Lake Tahoe basin, California. *Hydrobiologia*. No. 694, pp. 117-130.
- Parker, J.L.; Fernandez, I.J.; Rustad, L.E.; Norton, S.A. (2001) Effects of nitrogen enrichment, wildfire, and harvesting on forest-soil carbon and nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. J.* No. 65, pp. 1248-1255.
- Peña-Fernández, E.; Valenzuela-Palma, L. (2004) Incremento de los incendios forestales en bosques naturales y plantaciones forestales en Chile. En: *Memorias del Segundo Simposio Internacional sobre Políticas, Planificación y Economía de los Programas de Protección Contra Incendios Forestales: una visión global*. General Technical Report PSW-GTR-2008. Pp. 595- 612.
- Reeves, G.H.; Everest, F.H.; Sedell, J.R. (1993) Diversity of juvenile anadromous salmonid assemblages in coastal Oregon basins with different levels of timber harvest. *T. Am. Fish. Soc.* No. 122, pp. 309-317.
- Richards, C.; Minshall, G.W. (1992) Spatial and temporal trends in stream macroinvertebrate communities: the influence of catchment disturbance. *Hydrobiologia*. No. 241, pp. 173-184.
- Rieman, B.E.; Lee, D.; Chandler, G.; Myers, D. (1997) Does wildfire threaten extinction for salmonids: responses of redband trout and bull trout following recent large fires on the Boise National Forest. En: *Proceedings of the symposium on fire effects on threatened and endangered species and habitats*. Greenlee, J. (editor). International Association of Wildland Fire. Pp. 47-57. Washington, Estados Unidos.
- Romero, F.I.; Cozano, M.A.; Gangas, R.A.; Naulin, P.I. (2014) Zonas ribereñas: protección, restauración y contexto legal en Chile. *Bosque*. Vol. 1, No. 35, pp. 3-12.
- Sedell, J.R.; Reeves, G.H.; Hauer, F.R.; Stanford, J.A.; Hawkins, C.P. (1990) Role of refugia in recovery from disturbances: modern fragmented and disconnected river systems. *Environ. Manage.* No. 14, pp. 711-724.
- Spencer, C.N.; Hauer, F.R. (1991) Phosphorus and nitrogen dynamics in streams during a wildfire. *J.N. Am. Benthol. Soc.* No. 10, pp. 24-30.
- Thonicke, K.; Venesky, S.; Sitech, S.; Cramer, W. (2001) The role of fire disturbance for global vegetation dynamics: coupling fire in to a dynamic global vegetation modal. *Global Ecol. Biogeogr.* No. 10, pp. 661-677.

- Tiedemann, A.R.; Conrad, C.; Dieterich, J.H.; Hornbeck, J.W.; Meghan, W.F.; Viereck, L.A.; Wade, D.D. (1979) *Effects of fire on water, A state-of-knowledge review*. USDA Forest Service General Technical Report wo-10. National Fire Effects Workshop. US Forest Service. Denver, Estados Unidos.
- Torrejón, F.; Bizama, G.; Araneda, A.; Aguayo, M.; Bertrand, S.; Urrutia, R. (2013) Descifrando la historia ambiental de los archipiélagos de Aysén, Chile: el influjo colonial y la explotación económica-mercantil republicana (siglos XVI-XIX). *Magallania* (Chile). Vol. 1, No. 41, pp. 29-52.
- Urzúa, N.; Cáceres, F. (2011) Incendios forestales: principales consecuencias económicas y ambientales en Chile. *Revista Interamericana de Ambiente y Turismo*. Vol. 1, No. 7, pp. 18-24.
- Valero, E.; Picos, J.; Herrera, M. (2007) Cálculo de las emisiones de CO₂ por los incendios de 2006 en la provincia de Pontevedra (Galicia). *4th International Wildland Fire Conference*. 6 pp. Sevilla, España.
- Vallejo, R.; Valdecantos, A. (2008) *Fire. In Land care in desertification affected area: From science toward application (LUCINDA project)*. Booklet Series B2. Disponible en: geografia.fcsh.unl.pt/lucinda/desertification_processes.html
- Van Meter, W.P.; Hardy, C.E. (1975) *Predicting effects on fish of fire retardants in streams*. US Forest Service Research Paper INT-166.
- Verkaik, I.; Rieradevall, M.; Cooper, S.D.; Melack, J.M.; Dudley, T.L.; Prat, N. (2013) Fire as a disturbance in mediterranean climate streams. *Hydrobiologia*. No. 719, pp. 353-382.
- Vidal, F.; Useche, L.; Hernández, S. (2013) Biodiversidad y el cambio antrópico del clima: ejes temáticos que orientan la generación de conocimiento para la gestión frente al fenómeno. *Ambiente y Desarrollo*. Vol. 32, No. 17, pp. 79-96.
- Wallis, M.G.; Horne, D.J. (1992) Soil water repellency. *Adv. Soil Sci*. No. 20, pp. 91-146.
- Warren, C.E.; Liss, W.J. (1980) Adaptation to aquatic environments. En: *Fisheries management*. Lackey, R.T. & Nielsen, L. (editores). Blackwell Scientific Publications. Pp. 15-40. Oxford, Reino Unido.

REÚSO DE AGUAS SERVIDAS TRATADAS:
UN ESTUDIO DE LA PERCEPCIÓN PÚBLICA
EN EL NORTE Y SUR DE CHILE

*Daniela Segura Alarcón** • *Valentina Carrillo Líbano***
*Francisco Remonsellez Fuentes****
*Marcelo Araya Mardones***** • *Gladys Vidal******

RESUMEN

Los recursos hídricos están sufriendo escasez, consecuencia del crecimiento demográfico, del desarrollo económico y del cambio climático. Chile presenta una geografía variada: desde áreas desérticas en el norte, hasta áreas húmedas en el sur. Sin embargo, estos últimos años se ha enfrentado a serios escenarios

* Daniela Segura Alarcón, ingeniero ambiental, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Contacto: dsegura@udec.cl

** Valentina Carrillo Líbano, ingeniero civil ambiental. Estudiante del Doctorado en Ciencias Ambientales con mención en Sistemas Acuáticos Continentales, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Departamento de Ingeniería Química, Universidad Católica del Norte, Antofagasta, Chile. Contacto: vcarriol@udec.cl

*** Dr. Francisco Remonsellez Fuentes, ingeniero en biotecnología. Doctor en Ciencias Biológicas, Universidad de Chile, Santiago, Chile. Académico de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Geológicas, Universidad Católica del Norte, Antofagasta, Chile. Contacto: fremonse@ucn.cl

**** Marcelo Araya Mardones, sociólogo. Magíster en Gestión Integrada: Medio Ambiente, Riesgos Laborales y Responsabilidad Social Empresarial, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Consultora socioambiental Nonken, Concepción, Chile. Contacto: marcelo.araya@nonken.cl

***** Dra. Gladys Vidal, ingeniero civil industrial. Doctora en Ciencias Químicas, Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, España. Profesora del Departamento de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Directora Centro CRHAM. Contacto: glvidal@udec.cl

de sequías en todo el territorio. El objetivo de este estudio es comparar la percepción pública de las comunidades habitantes de una región desértica y una región húmeda, respecto al reúso de aguas servidas tratadas para hacer frente a escenarios de escasez hídrica.

La metodología consistió en emplear una encuesta en las comunidades de San Pedro de Atacama (región desértica) y Hualqui (región húmeda), para identificar la percepción frente al reúso de aguas servidas tratadas. Esta se aplicó de manera directa a hombres y mujeres, desde los 18 hasta los 90 años, en las regiones en estudio.

Los resultados indican que la población de San Pedro de Atacama está consciente del estado de sus recursos hídricos, declarando, un 86% de los encuestados, que existe escasez durante alguna época del año. Por el contrario, en Hualqui un 55% expresó que sufría por la falta de agua. Respecto al conocimiento sobre el reúso de aguas servidas tratadas, en San Pedro de Atacama un 47% dijo entender el concepto, al contrario de Hualqui, donde la misma alternativa obtuvo un 27%. En relación a la aceptación frente al reúso, los usos no potables tuvieron una mejor acogida.

PALABRAS CLAVE: percepción pública, reúso de agua servida, región desértica, región húmeda, escenarios de escasez hídrica.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Escasez de recursos hídricos

El uso global del agua se ha multiplicado por seis en los últimos 100 años (Wada *et al.*, 2016). Se prevé que la demanda mundial de producción agrícola y energética —alimentos y electricidad, sobre todo—, que requieren un uso intensivo de agua, aumente aproximadamente en un 60 y 80%, respectivamente, para el año 2025. La demanda de agua para usos industrial y doméstico probablemente crecerá mucho más rápido que la demanda para uso agrícola, aunque la agricultura seguirá siendo el mayor usuario en lo general (OCDE, 2012). En el mundo, más del 80% de las aguas residuales que generamos vuelve a los ecosistemas sin ser tratada ni reciclada. La gestión de los recursos hídricos ha centrado su actuar en el

suministro de agua para las diversas actividades desarrolladas por el humano, bajo la suposición intrínseca que las soluciones tecnológicas podrían aventajar las crecientes demandas del recurso y cada vez más exigentes los requerimientos de calidad (Metcalf and Eddy, 2007).

Se han desarrollado diversas estrategias para satisfacer las crecientes demandas de agua, como la construcción de infraestructuras para su almacenamiento y transporte a las zonas que presentan escasez. En consideración a la fuerte inversión económica que dichas estrategias necesitan se están proponiendo soluciones alternativas, como la desalación de agua marina o salobre, el reúso de aguas servidas tratadas y las medidas de conservación del recurso utilizando tecnologías de bajo consumo, como el riego por goteo y sistemas de descarga de bajo volumen (Lazarova *et al.*, 2001).

1.2 Estado de los recursos hídricos en Chile

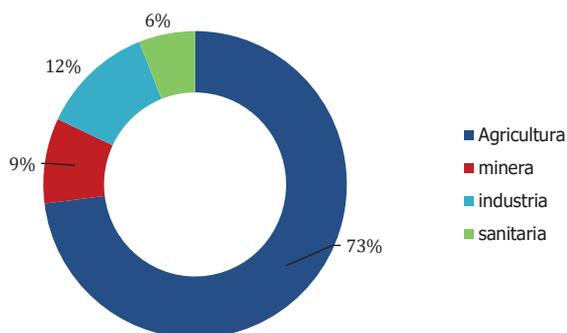
Diversos organismos y agencias especializadas han señalado que el agua dulce y los recursos hídricos en general, se hacen cada vez más escasos como consecuencia del crecimiento de la población, del desarrollo económico-social y los efectos del cambio climático (Centro de Ciencias del Clima y la Resiliencia, 2015).

Chile, al igual que otros países de la región, no escapa a este problema, que se agudiza severamente en un contexto de cambio climático, que altera el régimen de precipitaciones y temperaturas, impactando negativamente sobre los bosques y la cobertura vegetal en general, lo que, junto a las actividades humanas, contribuye a incrementar la erosión y degradación de las tierras, disminuyendo las reservas de aguas superficiales y subterráneas. Los registros de precipitaciones entre el sur de la región de Coquimbo y el norte del Biobío muestran que cerca de un cuarto de los años comprendidos entre 1940 y 2010 presenta un déficit de precipitación superior al 30%, porcentaje indicativo de una sequía pluviométrica. Estos años secos se han presentado como parte de cuatro eventos multianuales, donde el último de ellos corresponde al sucedido entre los años 2010 y 2015. Este último evento es el de mayor duración

y extensión territorial en el registro instrumental, por lo cual el Centro de Ciencias del Clima y la Resiliencia lo ha denominado *megasequía* (Centro de Ciencias del Clima y la Resiliencia, 2015). Sumado a dichos antecedentes, es importante considerar el cambio en la economía chilena, cuyo producto interno bruto (PIB) del año 1990 era apenas un 30% del registrado en 2013, es decir, el tamaño actual de la economía es más de tres veces lo que era 25 años atrás. Lo anterior responde al desarrollo de nuevos sectores productivos, estrechamente vinculados a una mayor demanda de agua, lo que deja en manifiesto que, por lo menos en materia de oferta y demanda de agua, el país exhibe una situación diametralmente distinta de la observada hace un cuarto de siglo.

La figura 1 muestra los principales sectores productivos que utilizan agua en el país. De estos, el sector agrícola genera extracciones que alcanzan un 73%, la minería un 9%, los usos industriales un 12% y la industria sanitaria un 6%.

FIGURA 1. USOS CONSUNTIVOS DEL AGUA EN CHILE



Fuente: Ministerio de Obras Públicas, 2013

A pesar de ello, la disponibilidad de agua en Chile sigue siendo más o menos la misma y representa 10 veces el promedio mundial, aunque sigue estando muy asimétricamente distribuida de norte a sur y de cordillera a mar. La escorrentía media total en Chile es de 53.000 m³/habitante/año, valor ocho veces mayor que el promedio mundial (6.600 m³/habitante/año). A pesar de esto, desde la Región

Metropolitana hacia el norte prevalecen condiciones de escasez, donde la escorrentía per cápita promedio está por debajo de los 500 m³/habitante/año, mientras que desde la Región de O'Higgins hacia el sur, superan los 7.000 m³/habitante/año (Ministerio del Interior y Seguridad Pública, 2015).

En la tabla 1 se muestra el caudal de un balance del recurso hídrico realizado por la Dirección General de Aguas (DGA) y las proyecciones a 15 años, en función del crecimiento económico y de la infraestructura prevista a construir. Considerando las áreas de estudio, en la Región de Antofagasta el balance alcanza los -22,0 m³/s. Por otro lado, en la Región del Biobío, si bien presenta un balance hídrico positivo (1.638,0 m³/s), existe una disminución de 604,7 m³/s transcurridos a los 15 años proyectados, llegando a 1.033,3 m³/s.

TABLA 1. BALANCE HÍDRICO REGIONAL ACTUAL
Y FUTURO, CAUDAL EN M³/S

REGIÓN	CAUDAL (M ³ /S)					
	DEMANDA ACTUAL	OFERTA ACTUAL	BALANCE ACTUAL	DEMANDA 15 AÑOS	OFERTA 15 AÑOS	BALANCE 15 AÑOS
Arica-Tarapacá	16,7	11,9	-7,4	26,3	11,9	-17,0
Antofagasta	23,0	0,9	-22,0	34,8	0,9	-33,8
Atacama	16,7	1,9	-14,8	22,4	1,9	-20,5
Coquimbo	35,0	22,2	-12,8	41,8	21,1	-20,7
Valparaíso	55,5	40,7	-27,4	64,2	36,6	-38,7
Metropolitana	116,3	103,0	-35,6	124,9	92,7	-51,4
Libertador Ber- nardo O'Higgins	113,5	205,0	38,7	119,1	184,5	18,7
Maule	177,1	767,0	442,5	184,5	690,3	383,6
Biobío	148,0	1.638,0	1.249,1	246,0	1.474,2	1.033,3
Araucanía	25,5	1.041,0	767,3	38,3	936,9	675,4
Los Ríos-Los Lagos	12,0	5.155,0	3.905,8	17,9	4.639,5	3.058,1
Aisén	24,9	10.134,0	8.284,9	27	10.134	8.282,9

REGIÓN	CAUDAL (M ³ /S)					
	DEMANDA ACTUAL	OFERTA ACTUAL	BALANCE ACTUAL	DEMANDA 15 AÑOS	OFERTA 15 AÑOS	BALANCE 15 AÑOS
Magallanes	8,4	10.124,0	8.284,6	15,7	10.124	8.387,2
Total país	772,6	29.244,6	22.962,7	962,8	28.349	22.107,1

Fuente: DGA, 2011

Producto de la megasequía que afecta al territorio desde el año 2010, que coincide con la década más cálida de los últimos 100 años y que se define como *extraordinaria* por su persistencia temporal, extensión espacial e impactos generados, la sociedad ha respondido de diversas formas, no obstante, en general lo ha hecho suponiendo que este es un evento transitorio. Como consecuencia, en las regiones de Tarapacá y Los Lagos ha sido necesario atender severas emergencias de abastecimiento de agua potable, para lo cual se ha organizado un sistema basado en camiones aljibes, solución de alto costo (4,5 millones de dólares por mes) (Centro de Ciencias del Clima y la Resiliencia, 2015).

1.3 Fuentes alternativas de abastecimiento

Al momento de discutir soluciones alternativas, es importante examinar no solo los aspectos técnicos, sino también particularidades socioeconómicas tales como la disposición a pagar, la percepción pública, análisis de riesgos, evaluación de los beneficios monetarios y no monetarios, así como los impactos ambientales (Lazarova *et al.*, 2001).

Pereira *et al.* (2002) afirmaron que, con la finalidad de hacer frente a la escasez de agua, una de las prácticas de gestión y suministro más prometedoras a ser explorada es el reúso de aguas servidas tratadas. Si bien el riego es la práctica más tradicional y factible para el reúso de aguas servidas tratadas, los avances tecnológicos en el campo del tratamiento han permitido a las instalaciones de tratamiento obtener agua de calidad apta para suministro urbano e, incluso, para agua potable (Maliva y Missimer, 2012).

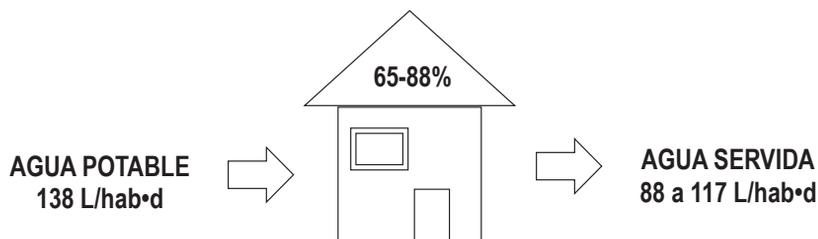
El desarrollo e implementación de prácticas de reúso de aguas servidas tratadas alrededor del mundo han demostrado que es un recurso alternativo fiable y que puede ser vendido como un nuevo producto: agua reciclada. Más importante aún, esta estrategia puede traer un enfoque completamente nuevo y holístico para la administración del agua: la gestión integrada del recurso con el tratamiento, el manejo y la reutilización de las aguas residuales. Dicho enfoque se dirige a ambos extremos del proceso: la demanda y suministro de agua y la eliminación de aguas servidas y protección del medio ambiente. Estos dos aspectos de la gestión del agua son considerados complementarios, hebras que interactúan para avanzar hacia un desarrollo más sostenible (Lazarova *et al.*, 2001).

1.4 Producción de aguas servidas tratadas

La figura 2 muestra la producción de aguas servidas, considerando que, en la práctica, entre el 60 y el 85% del agua de abastecimiento consumida se transforma en aguas servidas, dependiendo, este porcentaje, del consumo de agua en actividades particulares como el riego de zonas verdes, de la existencia de fugas, del empleo del agua en procesos productivos, etcétera (Alianza por el Agua, 2008). Sin embargo, a nivel internacional generalmente se estima que una población urbana tiene una producción de aguas servidas de alrededor de 200 L/(hab·d) (Henze *et al.*, 2002). Además, se estima que las poblaciones urbanas presentan un consumo 20% superior respecto a las poblaciones rurales, desarrollando, por ello, una mayor producción de aguas servidas (Von Sperling, 2007). En este sentido, a nivel internacional, para las poblaciones rurales se ha estimado una producción de aguas servidas de alrededor de 150 L/(hab·d) (Barrera, 1999). La cantidad de agua servida generada por una población es proporcional con el consumo de agua potable abastecida. A nivel país, el consumo de agua potable en zonas urbanas fue de 1.109 millones de m³ en el año 2014, que se traduce en una dotación promedio de 138 litros por habitante al día, oscilando entre 73 y 491 L/(hab·d) (SISS, 2014). En el caso de las poblaciones rurales, de

acuerdo a Villarroel (2012), la dotación promedio alcanza los 124 L/(hab·d), oscilando entre 15 y 210 L/(hab·d).

FIGURA 2. BALANCE DE PRODUCCIÓN DE AGUAS SERVIDAS



Fuente: Alianza por el Agua, 2008

1.5 Tratamiento de aguas servidas

Las aguas servidas pueden ser caracterizadas basándose en sus constituyentes físicos, químicos y biológicos, permitiendo cuantificar los contaminantes presentes. Los principales contaminantes que pueden ser encontrados en las aguas servidas son (Alianza por el Agua, 2008):

TABLA 2. PRINCIPALES CONTAMINANTES DE AGUAS SERVIDAS

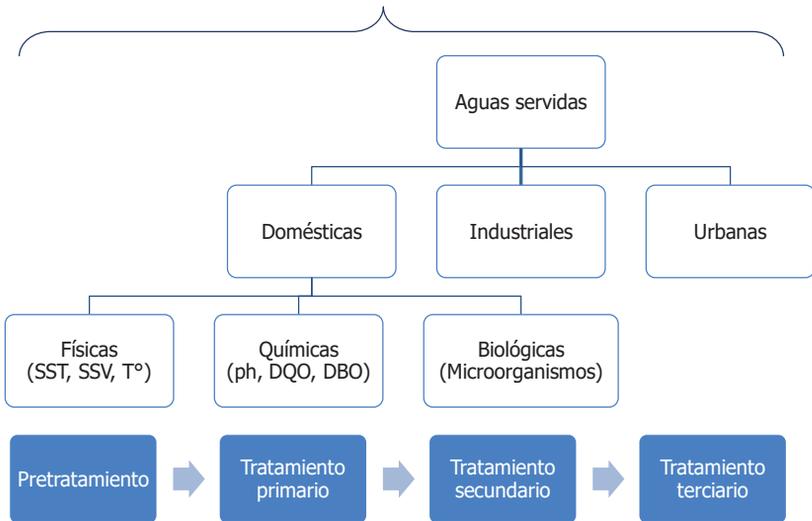
CATEGORÍAS DE CONTAMINANTES	DESCRIPCIÓN
Material grueso	Trozos de madera, trapos, plásticos, etcétera.
Arenas	Incluye las arenas propiamente dichas, gravas y partículas más o menos grandes de origen mineral u orgánico.
Grasas y aceites	Sustancias que, al no mezclarse con el agua, permanecen en su superficie.
Sólidos en suspensión	Partículas de pequeño tamaño y de naturaleza y procedencia muy variadas.
Sustancias con requerimientos de oxígeno y nutrientes	Compuestos orgánicos e inorgánicos fácilmente biodegradables y que pueden provocar eutrofización en los cuerpos de aguas receptores.

CATEGORÍAS DE CONTAMINANTES	DESCRIPCIÓN
Agentes patógenos	Bacterias, protozoos, helmintos y virus, presentes en mayor o menor cantidad en las aguas servidas y que pueden producir o transmitir enfermedades.
Contaminantes emergentes	Estas sustancias provienen principalmente de productos de cuidado personal, productos de limpieza doméstica, productos farmacéuticos, etcétera.

Fuente: Alianza por el Agua, 2008

Los sistemas de recolección y tratamiento de aguas servidas están diseñados y manejados para proteger la salud humana y ambiental (Muga y Mihelcic, 2008). La figura 3 muestra la selección de los tratamientos de las aguas residuales, que depende del uso que se le quiera dar y de las características propias de las aguas residuales. En general, los procesos de tratamiento de agua residual constan de un pretratamiento y una serie de tres tratamientos (Metcalf y Eddy, 2007).

FIGURA 3. TRATAMIENTOS DE AGUAS SERVIDAS SEGÚN SUS PROPIEDADES Y PARÁMETROS



En el país, existen más de 260 sistemas de tratamiento de aguas servidas operando y autorizados por la Superintendencia de Servicios Sanitarios, los que atienden a más de once millones y medio de habitantes de todo el país. Sin embargo, solo el 11,3% de las áreas rurales tienen tratamiento de aguas servidas. La tecnología de tratamiento predominante corresponde a lodos activados con casi un 60% respecto al número de plantas de tratamiento de aguas servidas (SISS, 2016).

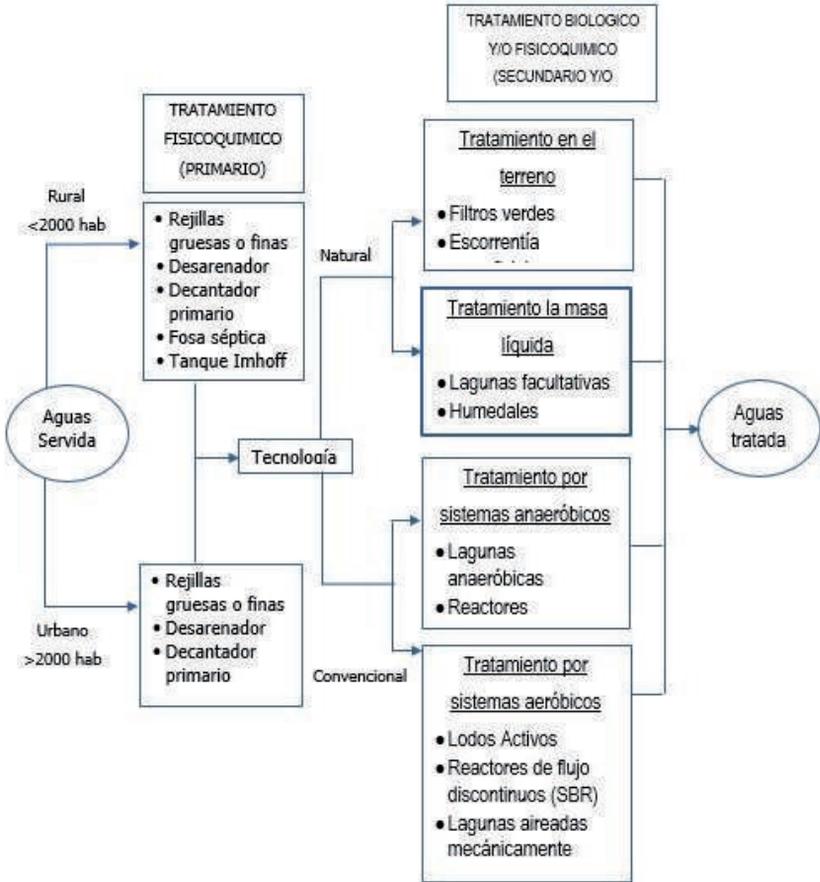
Pese a ello, estas tecnologías solo reducen la materia orgánica de las aguas servidas posterior al proceso de desinfección (Vera *et al.*, 2013; Vera *et al.*, 2011). La mayoría de los nutrientes y microcontaminantes se descargan a las cuencas hidrográficas superficiales (Chamorro *et al.*, 2013; Vera *et al.*, 2014). El nivel de tratamiento de las aguas servidas es muy importante en términos de reúso, como también lo es la eliminación de la toxicidad de las descargas que se van a reutilizar (Yeber *et al.*, 2009).

1.6 Tecnologías de tratamientos de aguas residuales

Las tecnologías empleadas para el tratamiento de aguas residuales se engloban bajo la denominación de *sistemas convencionales*, empleados en asentamientos urbanos de los países desarrollados. Se caracterizan por ser tecnologías mecanizadas, con altos consumos energéticos, bajo valor estético y por necesitar personal especializado para su mantenimiento (Metcalf & Eddy, 2007). En el lado opuesto, los *tratamientos no convencionales* pueden ser definidos como las tecnologías de uso de sistemas naturales, usadas en instalaciones de tratamiento localizadas cerca de la fuente de origen de aguas servidas. En la figura 4 se muestra que tanto las aguas residuales urbanas como las rurales deben pasar por tratamientos secundarios o terciarios. De esta manera, existen distintas tecnologías para la mitigación de efectos ambientales asociados a las descargas de aguas residuales, las cuales pueden ser del tipo convencionales (lagunas y reactores anaerobios, reactores de flujo continuo, lodos activados,

entre otras) o del tipo no convencionales o naturales (filtros verdes, lagunas facultativas, humedales, entre otras) (Vidal y Araya, 2014).

FIGURA 4. TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO APLICADAS PARA AGUAS RESIDUALES



Fuente: Vera, 2012

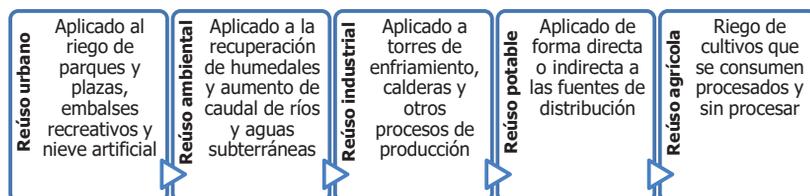
1.7 Reúso de aguas servidas tratadas

El reúso de agua consiste en la utilización del agua recuperada desde el efluente de un sistema de tratamiento de aguas servidas, sean estas domésticas, municipales o industriales (Hearing, 2009). Esta

nueva entrada al sistema aparece como fuente alternativa de agua para una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo el paisaje y riego agrícola, WC, urinarios, procesamiento industrial, refrigeración central eléctrica, creación de hábitats de humedales y restauración, mantenimiento y recarga de aguas subterráneas (USEPA, 2012).

La figura 5 muestra la diversidad de usos de aguas servidas con algún tipo de tratamiento previo.

FIGURA 5. POSIBLES TIPOS DE REÚSO DE LAS AGUAS SERVIDAS TRATADAS



Fuente: USEPA, 2012

A pesar de los diversos beneficios de esta innovadora práctica, en Chile, debido a la falta de tecnologías de tratamiento avanzado y de una normativa que la regule, el reúso de aguas servidas tratadas actualmente está prohibido (Ministerio de Desarrollo Social, 2015).

De los proyectos aprobados en el extranjero que se estudiaron, la información respecto a estudios de percepción sobre el reúso de agua, educación pública y programas de inclusión de las comunidades, es escasa (Recycled Water Task Force, 2003). Actualmente, existe oposición en las comunidades para la implementación de proyectos de reúso de aguas servidas tratadas (Po *et al.*, 2003). No importa qué tan razonable sea una política, la resistencia del público hará de su implementación un proceso difícil (Zhang y Balay, 2014). Es por esto que la investigación sobre el conocimiento público sobre los recursos hídricos, también sobre su percepción hacia el reúso de aguas servidas tratadas, es esencial para la utilización efectiva de este recurso (Gu *et al.*, 2015).

1.8 Percepción del reúso de aguas servidas tratadas

Para poder identificar el apoyo popular que tienen nuevas políticas científicas y tecnológicas, se utilizan cuestionarios sobre percepción social, basados en el modelo de déficit cognitivo. Dicho modelo establece que el conocimiento, como factor general e independiente, sirve para entender el nivel de legitimación social, al establecer una correlación entre nivel de conocimiento y percepción social ante la ciencia y la tecnología. Los estudios sobre percepción social de la ciencia remiten a la alfabetización científica cívica, ya que su objetivo es revelar el entendimiento social de las controversias para, de esa manera, advertir el nivel de legitimación popular. Así es como se formulan los ejes e indicadores de los cuestionarios que estructuran el conocimiento científico de los ciudadanos (Lewenstein, 1992).

Diversos proyectos de reúso de aguas servidas tratadas han sido implementados de forma exitosa en diferentes países, tales como Singapur, Israel, Namibia, Estados Unidos, Australia y muchos países europeos, en base a la necesidad de superar la escasez de agua. El primer esquema de reúso directo de aguas servidas tratadas con un fin potable fue introducido en la capital de Namibia —Windhoek— en 1968, mientras que sistemas de reúso indirecto con fines potables han tenido lugar en Estados Unidos (por ejemplo, en California) desde hace más de 30 años. Según Segura *et al.*, existe mayor aceptación en el reúso de agua para fines distintos al consumo de agua potable. La información técnica en estos proyectos era abundante, pero no se encontró información sobre ninguna encuesta realizada a la comunidad, educación pública o programas de inclusión de las poblaciones.

Algunos investigadores señalaron esto como la norma de la participación pública en los procesos de toma de decisiones del momento, ya que fueron introducidos en una época en que el público confiaba en expertos y gobiernos, por lo que comúnmente no participaban ni desafiaban sus disposiciones. Sin mayores incidentes, la comunidad confiaba en dichos planes y continuaban sin controversia (Recycled Water Task Force, 2003).

Actualmente existe una creciente preocupación, por parte de la población, respecto a los proyectos de reúso de aguas servidas tratadas, lo que se ha expresado en el rechazo y fracaso en su implementación. Es por esto que profesionales de los recursos hídricos han identificado la necesidad de incluir al público en los procesos de toma de decisiones. De esta forma, pudieron descubrir que el éxito de los esquemas de reutilización recae en que las aguas regeneradas sean destinadas solo a propósitos no potables. Proyectos con fines potables han enfrentado una fuerte oposición por parte de la comunidad, con muy pocas excepciones (por ejemplo, el proyecto *NEWater*, de Singapur). Sin embargo, hay un rango de factores sociales que aplican a todos los esquemas de reúso de aguas servidas tratadas, de forma independiente de si es para usos potables u otros. El grado en que cada factor podría ser un problema en la percepción de la comunidad cambia de acuerdo al uso, pero todos deben ser incluidos en la discusión (Po *et al.*, 2003).

1.9 Factores influyentes en la percepción

La percepción pública y la aceptación hacia el reúso de aguas servidas tratadas son ahora reconocidos como los principales ingredientes en el éxito de cualquier esquema de reúso (Po *et al.*, 2003). Sin la aceptación del público sería complicado, para cualquier entidad, localizar, financiar, desarrollar y operar una planta de generación de aguas servidas tratadas. Además, la participación del público es esencial para satisfacer las necesidades particulares, analizar el conocimiento local para mejorar el diseño del proyecto y para la vital construcción de una confianza institucional (Bdour *et al.*, 2009).

Dentro de los factores encontrados en la literatura que, se ha comprobado, pueden condicionar la percepción de la comunidad hacia el uso de aguas servidas tratadas, se encuentran los siguientes (figura 6):

FIGURA 6. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PERCEPCIÓN HACIA EL REÚSO DE AGUAS SERVIDAS TRATADAS

Factor asco	<ul style="list-style-type: none"> • Aversión instintiva a beber agua producida a partir de aguas servidas tratadas
Percepción del riesgo	<ul style="list-style-type: none"> • Relacionada a los problemas de salud que puede producir en el público el consumo de estas aguas
Usos del agua servida tratada	<ul style="list-style-type: none"> • Usos no potables son mejor aceptados por las comunidades que aquellos con fines potables
Origen del agua a reusar	<ul style="list-style-type: none"> • Las personas prefieren reutilizar las aguas producidas en su hogar, que las de origen público
Problemas de alternativas	<ul style="list-style-type: none"> • En lugares con escasez hídrica, las poblaciones se encuentran más dispuestas a aceptar el reúso
Confianza en autoridades y científicos	<ul style="list-style-type: none"> • Confianza de que, en conjunto, entreguen aguas servidas tratadas seguras y de buena calidad
Conductas de cuidado del medio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> • Personas que ahorran agua en sus hogares se encuentran más preparadas para aceptar el reúso
Problemas de justicia ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Personas que no son consultadas ni involucradas en la concepción de un proyecto, suelen rechazarlo
Costo proceso de producción	<ul style="list-style-type: none"> • Personas esperan pagar menos por reusar las aguas, ya que se consideran de menor calidad
Factores sociodemográficos	<ul style="list-style-type: none"> • El mayor grado de oposición proviene de personas de 50 años y más

Fuente: Po *et al.*, 2003

1.10 Educación ambiental y su influencia en la percepción pública

La educación y los conocimientos se han reconocido como factores determinantes de la percepción, es por esto que la educación ambiental, como herramienta de gestión, permitirá concientizar a las comunidades de los problemas medioambientales. El propósito fundamental de la educación ambiental es la formación de una ciudadanía responsable de los ambientes naturales y sociales donde se desenvuelve. Para ello se reconoce la importancia de promover la formación de personas y grupos sociales. Los individuos formados entienden cómo las actividades humanas causan impactos diversos sobre el medio ambiente; además, utilizan estos conocimientos para decidir de manera informada y razonada, asumiendo

responsabilidades sociales y políticas (North American Association for Environmental Education, 2009).

En Estados Unidos, California es el estado pionero en el reúso de aguas servidas tratadas con más de 230 proyectos operando al año 2003. La mayoría de dichos proyectos son con fines no potables, cuatro de ellos tienen fines potables indirectos (Recycled Water Task Force, 2003). De estos, el Programa de Reciclaje de Agua de Irvine Ranch es reconocido como uno de los proyectos más exitosos implementados, ya que disminuyó las importaciones de agua mediante la incorporación del reúso de aguas servidas tratadas para el sector agrícola local durante el año 1967 (D'Angelo Report, 1998). Desde entonces las aguas servidas tratadas han sido ampliamente usadas en la zona para el riego de cultivos locales, campos de golf, parques, patios de colegios, áreas verdes, paisajes de autopista, usos industriales e incluso para la descarga de inodoros en centros comerciales. También se ha suministrado aguas servidas tratadas para usos no potables a propietarios de viviendas por medio de un sistema de distribución dual (Holliman, 1998). El éxito del Programa de Reciclaje de Agua de Irvine Ranch se puede atribuir a su compromiso por informar y educar a la comunidad local, acerca del uso y reúso eficiente del agua, a través de la creación de conciencia sobre los problemas de sequía existentes, promovido al público como un medio de proteger el medio ambiente, ahorrar dinero y energía y proveer un suministro constante de agua en situaciones de escasez (D'Angelo Report, 1998).

En este caso, se pudo demostrar que la conciencia ambiental, el conocimiento y las habilidades para lograr un aprendizaje sobre la realidad local proveen buenas bases para afrontar sistemas más grandes y temas más complejos; también para alcanzar una mejor comprensión de las causas, conexiones y consecuencias de los problemas existentes (North American Association for Environmental Education, 2009).

En Chile, la Política Nacional de Educación (EDS) es el referente principal para el diseño e implementación de planes de acción en educación ambiental. Con esta política, el Gobierno propone establecer,

fortalecer y consolidar mecanismos de cooperación nacional y regional que promuevan el desarrollo de espacios para la discusión, facilitación e intercambio de experiencias y conocimientos, así como la coordinación de políticas dirigidas a potenciar los programas de educación en los ámbitos medioambientales y desarrollo sustentable (Ministerio de Medio Ambiente, 2012).

2. METODOLOGÍA

2.1 Características de las áreas de estudio

Se seleccionaron dos comunas: San Pedro de Atacama y Hualqui. La tabla 3 muestra una caracterización de las comunas seleccionadas, donde se ven las principales diferencias en cuanto a climas, temperaturas medias anuales (°C) y precipitaciones medias mensuales (mm). La figura 7, por su parte, muestra la ubicación geográfica de las comunidades en estudio.

TABLA 3. CARACTERIZACIÓN DE LAS ÁREAS DE ESTUDIOS

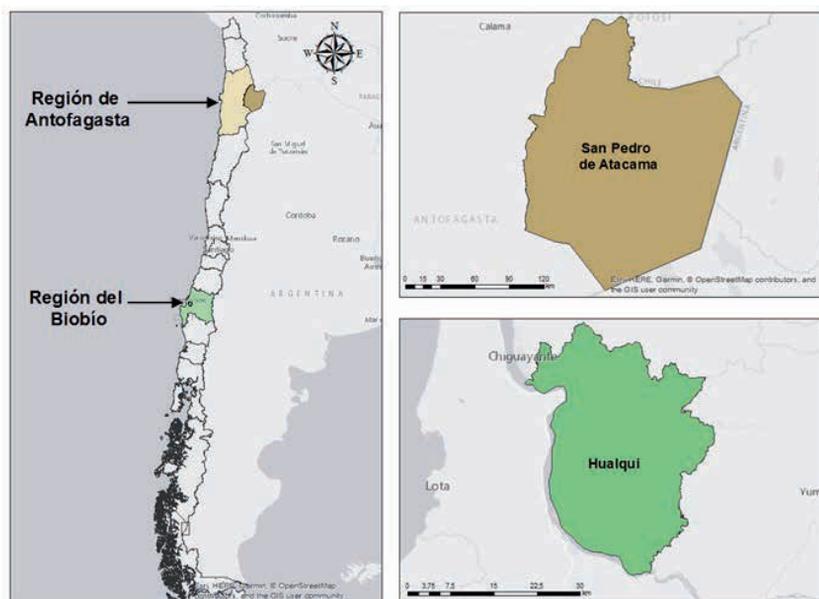
CARACTERÍSTICAS	HUALQUI	SAN PEDRO DE ATACAMA
Región	del Biobío	de Antofagasta
Latitud	36° 57' 36" Sur	22° 55' 0" Sur
Longitud	72° 55' 48" Oeste	68° 12' 0" Oeste
Clima	Templado cálido (Csb)	Desértico frío (BWk')
Temperatura media anual	12 °C	17 °C
Precipitación media anual	663,11 mm	44,57 mm

Fuente: DGA, 2016; IGM, 2007

San Pedro de Atacama se encuentra emplazado en una de las zonas donde se presentan los casos más emblemáticos de estrés hídrico y de disputa por derechos de agua. En esta zona, de extrema aridez, habitan pueblos originarios que se han enfrentado a la actividad minera por los derechos de agua (Yáñez y Molina, 2011). Hualqui se encuentra alejado de las tierras ancestrales del pueblo

mapuche, que enfrenta conflictos de agua por contaminación y monopolización de cuencas, fundamentalmente para fines energéticos (Yáñez y Molina, 2011).

FIGURA 7. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS COMUNAS EN ESTUDIO



2.2 Participantes de las áreas de estudio

Se realizó una caracterización demográfica de cada una de las comunas en estudio. Los resultados preliminares del censo del 2012 estimaban que la población total de San Pedro de Atacama alcanzaba las 5.605 personas, donde 2.780 eran hombres y 2.825 mujeres; 26,0% de la población está en el rango 0-14 años, 64,8% en el rango 15-64 y 9,2% sobre los 65 (INE, 2012). Según el censo del 2002, en esta comuna la etnia atacameña es la predominante (INE, 2002). Los atacameños o likanantai viven en oasis, valles y quebradas de la provincia del Loa, en el norte de Chile. Sus principales centros ceremoniales son Caspana, Peine, Socaire, Toconao y San Pedro de Atacama (EducarChile, 2013). Por su parte, la población de Hualqui,

según el mismo censo, alcanzaba las 23.016 personas, donde 11.252 eran hombres y 11.764 mujeres; 23,1% de su población está en el rango 0-14 años, 67,5% en el rango 15-64 y 9,5% sobre los 65 años (INE, 2012). El censo del 2002 arrojó que la etnia mapuche es la predominante en esta zona (INE, 2002). Los Mapuches se han asentado históricamente entre los ríos Itata y Toltén, en la zona centro-sur del país (EducarChile, 2013). La encuesta incluyó a residentes de diferentes géneros, edades, ocupaciones y niveles educacionales. La figura 8 muestra la caracterización demográfica de los encuestados en ambas comunas.

2.3 Instrumento de consulta y su aplicación

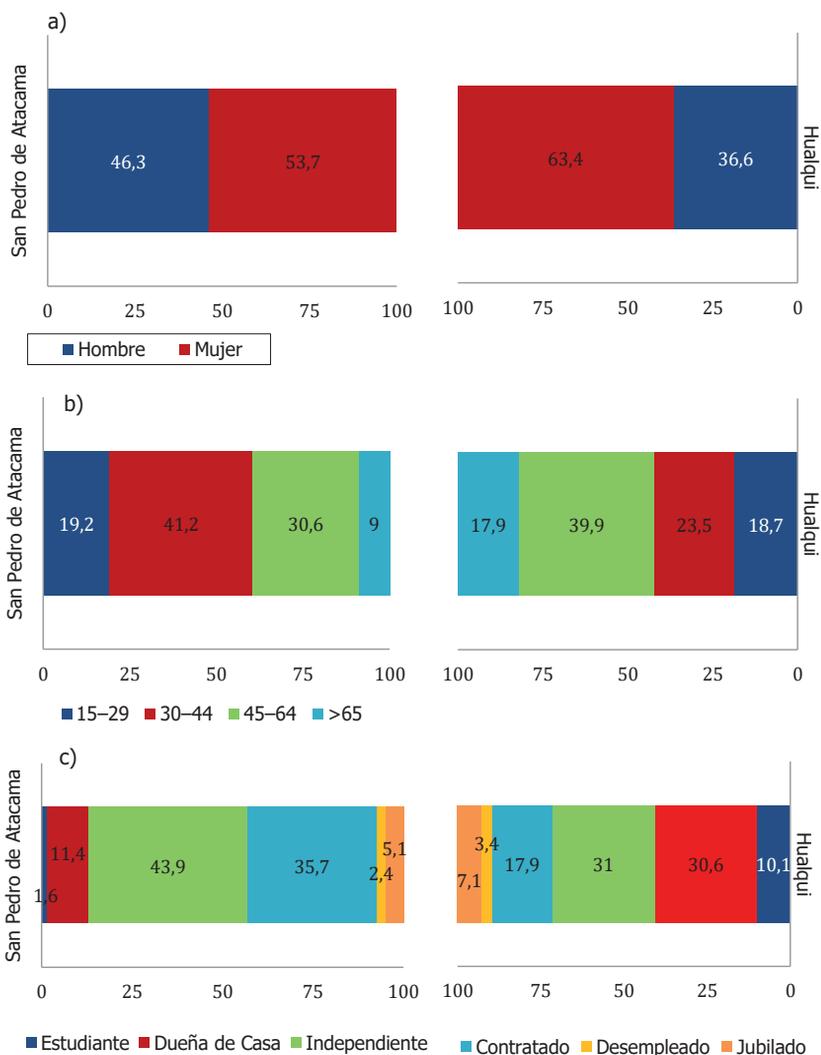
2.3.1 Determinación de la muestra

Para el cálculo del tamaño de la muestra se utilizó el software estadístico STATS®. Se establecieron los siguientes datos para el cálculo: error máximo aceptable de un 5%, valor de significancia de 0,5 y un nivel deseado de confianza de un 90% (Sampieri, 2006). Con dichas consideraciones, el programa determinó un tamaño muestral de 255 personas en San Pedro de Atacama y de 268 en Hualqui.

2.3.2 Adaptación y validación del instrumento

Se tomó como base el instrumento de un estudio similar realizado por Gu *et al.* (2015) a la población de Tianjin en China para determinar la percepción frente al reúso de aguas servidas tratadas, modificado para que coincidiera con la realidad chilena. El instrumento modificado quedó conformado por 37 preguntas, distribuidas en tres secciones: caracterización demográfica, conocimiento sobre el recurso hídrico y reúso de aguas servidas tratadas y aceptación frente al reúso de aguas servidas tratadas.

Se procedió a validar el instrumento, proceso que se realizó mediante tres etapas: validación con panel de expertos, validación de campo y una prueba piloto (Huerta, 2005). El instrumento final de consulta se adjunta en el anexo 1.



2.3.3 Aplicación del instrumento

El instrumento se aplicó de forma directa a los encuestados, como se aprecia en la figura 9, con la ayuda de alumnos de Ingeniería Ambiental, que contaban con una base de conocimientos y previamente capacitados en el tema y objetivo de la investigación.

FIGURA 9. APLICACIÓN DE ENCUESTAS EN TERRENO



2.4 *Análisis de datos*

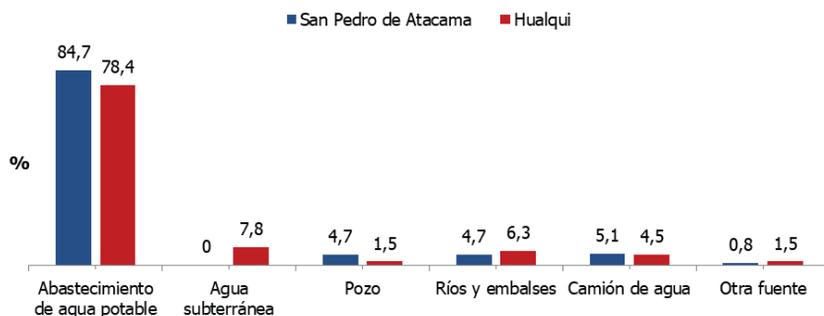
Luego de realizadas las encuestas a las muestras previamente determinadas, se prosiguió con el tratamiento estadísticos de los datos, el cual se realizó con el software estadístico SPSS Statistics versión 20. Se obtuvieron las frecuencias de respuesta de los encuestados frente a las diversas categorías del instrumento: características demográficas, conocimiento respecto de los recursos hídricos y el reúso de aguas servidas tratadas y la aceptación frente al reúso de aguas servidas tratadas en diferentes circunstancias.

3. RESULTADOS

El recurrente y prolongado período de sequía que afecta a Chile ha puesto en evidencia la necesidad de establecer una Política Nacional para los Recursos Hídricos, enfocada en la sustentabilidad y el bien común, que articule los distintos actores involucrados y considere las singularidades territoriales del país.

La figura 10 muestra las diferentes fuentes de abastecimiento presentes en las zonas en estudio. Alrededor del 84,7% de los encuestados en San Pedro de Atacama tiene acceso a agua potable a través del sistema público, en comparación con el 78,4% en Hualqui. La segunda opción para el suministro de agua en San Pedro de Atacama son camiones de agua (5,1%), mientras que en Hualqui es por pozos (7,8%).

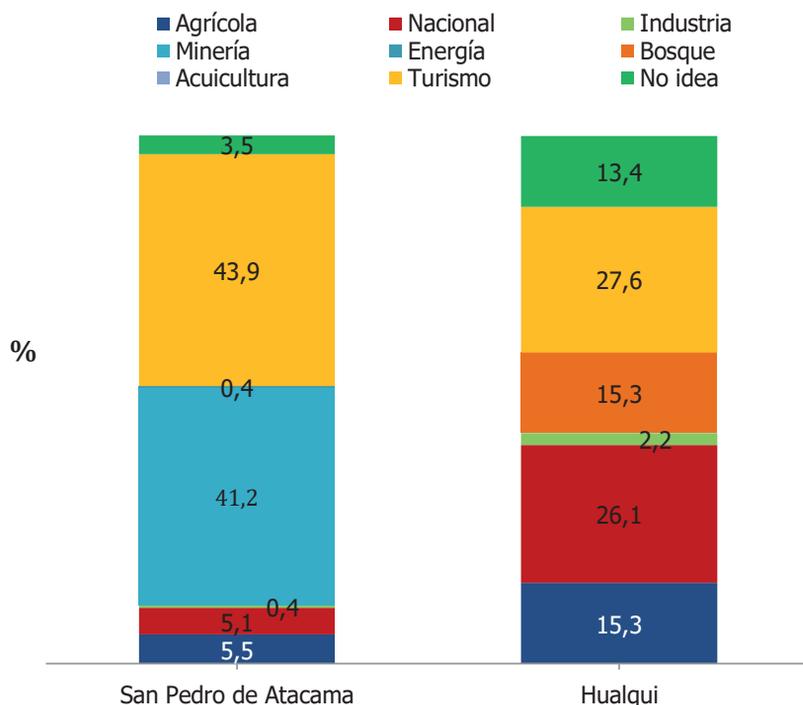
FIGURA 10. FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
EN AMBAS ÁREAS DE ESTUDIOS



Con respecto al conocimiento sobre el uso de los recursos hídricos, que se muestra en la figura 11, el 41,2% de los encuestados en San Pedro de Atacama sabía que el sector minero representaba los niveles más altos de consumo de agua; pero el mayor porcentaje lo presentó el turismo, con un 43,9%. En San Pedro de Atacama, la minería es el sector productivo que realiza las mayores extracciones de agua, con un consumo de 15.259 m³/s (MISP, 2015).

Por su parte, en Hualqui los encuestados no conocían el consumo de agua por sectores productivos. Un 27,6% pensó —erróneamente— que el turismo era el principal consumidor de agua, siendo la producción de energía eléctrica, con 1,409.240 m³/s (MISP, 2015).

FIGURA 11. PRINCIPALES CONSUMIDORES DE AGUA SEGÚN LA PERCEPCIÓN DE LA GENTE, EN AMBAS ÁREAS DE ESTUDIO



El nivel de competencia entre estos usos varía a lo largo del país y es particularmente aguda en las áreas norte y central, donde, desde mediados del siglo xx, toda el agua superficial ya fue asignada (MISP, 2015). Esta asignación comienza el año 1981, en el marco de un gobierno que inaugura una nueva Constitución Política, con la cual se dictó el Código de Aguas. Consistentemente con su orientación general, la entonces nueva legislación de aguas tenía como propósito crear derechos de propiedad, no sobre el agua misma sino sobre su uso, y facilitar por todos los medios el funcionamiento ordenado del mercado (Buchi, 1993).

En términos de disponibilidad de agua, los residentes de San Pedro de Atacama conocían la escasez de agua durante el verano (51,0%), mientras que, en Hualqui, el 49,3% de los encuestados pensaba que había suficiente agua en la región. Se puede apreciar

cómo, en esta última, las comunidades no están enteradas del último período de sequía, que afectó al país desde el año 2010 hasta el 2015. Es importante destacar que durante el período 2011-2014, la Oficina Nacional de Emergencias invirtió \$28.199,43 dólares en arriendo de camiones aljibes para dicha región. Al contrario, Gu *et al.* (2015) demuestra que en Tianjin, donde actualmente existe sequía, el 78% de los encuestados en su estudio conocía esta situación.

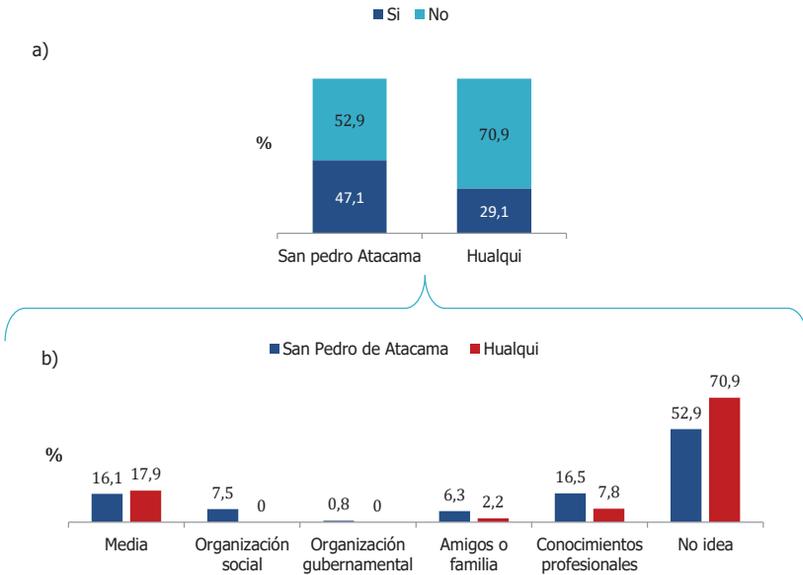
En San Pedro de Atacama perciben la escasez de agua, pero la asocian a la época estival y al aumento de la actividad turística en la zona. El 36,5% de los encuestados que respondió que existe sequía severa en la zona, corresponde a sectores con alta población indígena, por lo que la percepción del comportamiento del clima está basada en la experiencia y observación directa de los fenómenos relacionados con la ocurrencia de precipitaciones de lluvia y nieve, y de cómo, año a año, influyen en la disponibilidad de pastos y aguas (Yáñez y Molina, 2011). La manifestación de los fenómenos que permiten detectar modificaciones en el comportamiento del clima puede ser mejor percibida en ambientes más frágiles, es decir, glaciares, nieves y desiertos. Es por eso que las comunidades atacameñas, que habitan en el desierto de Atacama, han logrado percibir los cambios ocurridos desde mediados del siglo xx hasta la fecha, a partir del ejercicio de sus actividades tradicionales, especialmente la ganadería y la agricultura (Yáñez y Molina, 2011).

La figura 12-a compara el conocimiento sobre la reutilización de aguas residuales tratadas en las dos regiones. Alrededor del 47,1% de los encuestados en San Pedro de Atacama estaba familiarizado con el concepto de reutilización de aguas residuales tratadas. Sin embargo, solo el 29,1% de los encuestados en Hualqui lo conoce. El conocimiento sobre la reutilización de aguas residuales tratadas proviene de diferentes fuentes (figura 12-b), siendo la más importante en San Pedro de Atacama el conocimiento profesional, mientras que en Hualqui son los medios de comunicación.

Las diferencias en las respuestas corresponden a la influencia de los procesos de educación ambiental, formal y no formal, que han permitido a los habitantes del norte incorporar conceptos, generando

conciencia del ambiente que los rodea, en conjunto a los problemas medioambientales que presenta.

FIGURA 12. A) CONOCIMIENTO SOBRE LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS SERVIDAS TRATADAS EN AMBAS ÁREAS DE ESTUDIOS;
B) FUENTE DE CONOCIMIENTO SOBRE REUTILIZACIÓN DE AGUAS

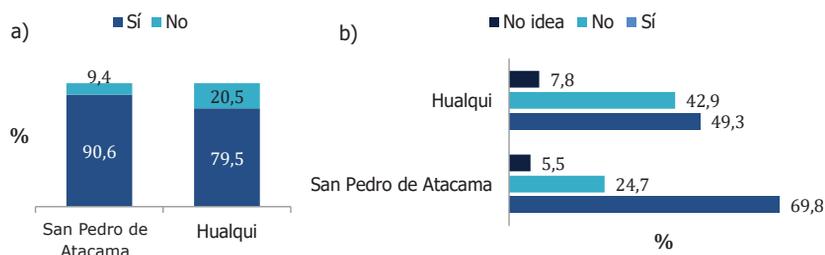


La figura 13-a muestra las opiniones de los encuestados en las dos regiones sobre las aguas residuales tratadas. En ambas comunidades, más del 70% de los encuestados considera que las aguas residuales son una fuente útil de suministro de agua en vista de la situación actual de sequía. En la comuna del norte se puede apreciar una mayor disposición a utilizar este tipo de agua; ello se justifica en que las personas son conscientes de la crisis hídrica que viven a diario, por lo que, en este caso, influye el factor de problema de alternativas.

Los encuestados en ambas regiones declararon que estarían dispuestos a asumir los costos de producción (figura 13-b). Hubo una marcada diferencia en el nivel de confianza en la calidad del agua

residual tratada, con un 69,8% en San Pedro de Atacama confiando en la calidad, mientras que un 49,3% en Hualqui sintió lo mismo.

FIGURA 13. A) REUTILIZACIÓN DE AGUAS SERVIDAS TRATADAS COMO FUENTE ÚTIL EN AMBAS ÁREAS DE ESTUDIOS;
B) PORCENTAJE DE PERSONAS QUE ASUMIRÍAN COSTOS DE PRODUCCIÓN DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS

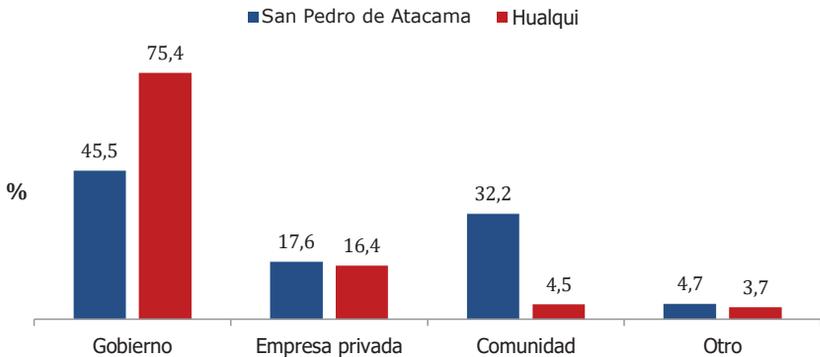


Alrededor del 45,5% de los encuestados en San Pedro de Atacama afirmó que el Estado debería administrar la reutilización de las aguas residuales tratadas, mientras que el 32,2% opinó que la comunidad debería tener esta responsabilidad (figura 14). Por otro lado, en Hualqui, el 75,4% identificó al Gobierno y el 16,4% identificó al sector privado. La diferencia entre las respuestas puede estar influenciada por los conflictos relacionados al agua entre las comunidades del norte de Chile, las empresas y el Estado.

En esta zona geográfica existe una larga historia de pérdida de derechos ancestrales de aprovechamiento de las aguas indígenas. La legislación chilena señala que las aguas que nacen y mueren dentro de una misma heredad son propiedad del titular del dominio, pero que, cuando estas son subterráneas, se encuentran en terrenos fiscales o escurren fuera de la propiedad indígena, los derechos pueden constituirse a favor de empresas, el Estado o particulares. Además, el carácter de bien nacional de uso público entregó a la discrecionalidad del Estado el otorgamiento de derechos de aprovechamientos o mercedes de aguas, incluido el derecho a expropiarlas para fines de abastecimiento sanitario o para empresas públicas.

Debido a tales disposiciones, las comunidades indígenas vieron sistemáticamente amenazado el uso y aprovechamiento tradicional de las aguas y quedaron expuestas a la enajenación de sus derechos, para con ellos satisfacer las necesidades de las actividades económicas que se instalaron dentro, en la periferia o alejados de sus territorios (Yáñez y Molina, 2011). En la zona sur del país, las comunidades Mapuche han tenido conflictos por los derechos de agua con las empresas hidroeléctricas, pero ninguno de estos se concentra en la provincia de Concepción, por lo que los encuestados en Hualqui no se ven afectados por las demandas de las comunidades indígenas y no existen mayores conflictos ni desconfianzas con el Estado (Yáñez y Molina, 2011).

FIGURA 14. PERCEPCIÓN SOBRE QUIÉN DEBERÍA ASUMIR LA ADMINISTRACIÓN DE LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS SERVIDAS TRATADAS



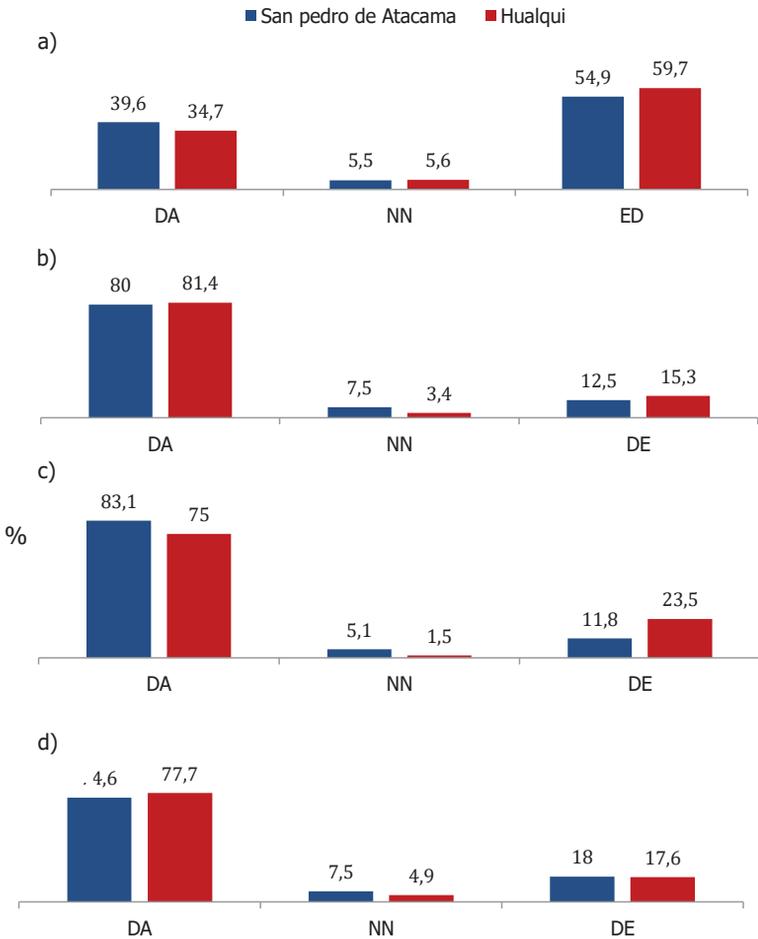
En cuanto a la aceptación relativa de la reutilización de aguas residuales en base a las respuestas a las 11 preguntas diferentes, es posible establecer que hubo más del 50% de aceptación para la reutilización de aguas residuales donde la aplicación no era como agua potable. Los encuestados mostraron preocupación sobre el uso de aguas residuales como agua potable doméstica, con solo 35,3 y 33,6% de aceptación por los encuestados en San Pedro de Atacama y Hualqui, respectivamente. Por otra parte, en ambas áreas de estudio las encuestas arrojaron que más de un 70% está de acuerdo con la

reutilización de aguas residuales tratadas para un uso distinto al consumo, como riego o procesos industriales. Algunas de las preguntas más significativas respecto de la reutilización del uso de aguas residuales tratadas se muestran en la figura 15. Ellas son: a) ¿Acepta la reutilización de aguas residuales tratadas para fines domésticos potables?; b) ¿Acepta la reutilización de aguas residuales tratadas para fines domésticos no potables?; c) ¿Acepta la reutilización de aguas residuales tratadas para riego agrícola a nivel de suelo? y d) ¿Acepta la reutilización de aguas residuales tratadas para procesos industriales?

La aceptación hacia el reúso de aguas servidas tratadas aumenta en los escenarios donde su utilización es con fines públicos y no potables. Esta diferencia, entre los usos públicos no potables y los domésticos potables, se justifica principalmente por el factor de desagrado que sienten las personas. En otros estudios (por ejemplo, en Australia) se reportó que los encuestados reconocían no poder superar la imagen mental de beber agua servida sin tratar. Incluso algunos encuestados que habían aceptado el reúso de aguas servidas tratadas para todos los propósitos, incluidos los potables, admitieron que preferirían beber agua embotellada o poner un filtro en las llaves de paso (Melbourne Water, 1998). Además del factor previamente identificado, otro que fue clave en la aceptación corresponde a la percepción del riesgo asociado al reúso de aguas servidas tratadas. En el contexto del reúso, la percepción del riesgo es con frecuencia relacionada a problemas en la salud del público por su consumo (Kaercher *et al.*, 2003). Esto sucede porque el público tiende a tener un concepto más amplio de riesgo, incorporando atributos tales como incertidumbre, miedo, potencial catastrófico, capacidad de control y equidad (Slovic, 1998). Basado en estos atributos, las personas consideran que puede ser riesgoso porque: la utilización de esta fuente de agua no es natural, puede ser dañina para las personas, pueden existir consecuencias desconocidas a futuro, su decisión frente al uso de este recurso puede ser irreversible y porque la calidad y seguridad del agua no está bajo su control (Frewer *et al.*, 1998).

La diferencia entre Hualqui y San Pedro de Atacama responde al factor identificado como «problemas de alternativas».

FIGURA 15. RESPUESTA A LA PREGUNTA POR DIFERENTES USOS PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS: A) ¿ACEPTA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS PARA FINES DOMÉSTICOS POTABLES?; B) ¿ACEPTA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS PARA FINES DOMÉSTICOS NO POTABLES?; C) ¿ACEPTA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS PARA RIEGO AGRÍCOLA A NIVEL DE SUELO?; D) ¿ACEPTA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS PARA PROCESOS INDUSTRIALES?



DA: De acuerdo; NN: Ni de acuerdo, ni en desacuerdo; DE: En desacuerdo

4. CONCLUSIONES

La percepción frente al reúso de aguas servidas tratadas varió entre los encuestados de San Pedro de Atacama y los de Hualqui. En la región desértica, un 90,6% de los encuestados siente que esta técnica es útil para disminuir la escasez de agua que viven a diario; mientras que un 79,5% de los encuestados en la región húmeda siente que sería una buena alternativa, el porcentaje restante desconfía del proceso y la calidad del agua generada, justificando que podría causar problemas a la salud de la población.

Las comunidades encuestadas en las regiones en estudio desconocen el estado de los recursos hídricos, a pesar de encontrarse ubicadas en un territorio cuyo déficit de precipitaciones alcanza el 30%. Esta realidad no varía respecto a los conocimientos —limitados— sobre los principales consumidores. En San Pedro de Atacama, un 41,2% respondió que la minería era el principal consumidor, lo que es correcto. Ello responde a la interacción que este sector productivo ha tenido con las etnias originarias desde el siglo xx.

Considerando que los usos no potables presentaron una mayor aceptación, una de las mejores maneras de introducir el reúso de aguas servidas tratadas es familiarizar a las comunidades con este tipo de agua en esos escenarios, hacia los que existe una actitud positiva.

La educación ambiental, formal y no formal, es una herramienta útil para mejorar la falta de información antes mencionada. Su principal objetivo es transmitir conocimientos y enseñar conceptos modernos de protección ambiental, orientados a la comprensión y toma de conciencia de los problemas ambientales. Así, con información objetiva se reducirá la desconfianza hacia el reúso de aguas servidas tratadas y se promoverá su utilización

Agradecimientos

Este trabajo fue parcialmente financiado por el Proyecto 13.3327-IN.IIP INNOVA Biobío, CORFO 2016-67529 y CONICYT/FONDAP/15130015.

BIBLIOGRAFÍA

- Alianza por el Agua (2008) *Manual de depuración de aguas residuales urbanas*. Centa, Secretariado de Alianza por el Agua. Ecología y Desarrollo. Vol. 264. Sevilla, España.
- Barrera, A. (1999) *Análisis y caracterización de los parámetros de las aguas residuales necesarios para el dimensionamiento de estaciones depuradoras de menos de 200 Hab-eq*. Trabajo para optar al título de Ingeniero Ambiental. Universidad Politécnica de Catalunya, España.
- Bdour, A.N.; Hamdi, M.R.; Tarawneh, Z. (2009) Perspectives on sustainable wastewater treatment technologies and reuse options in the urban areas of the Mediterranean region. *Desalination*. Vol. 237, No. 1, pp. 162-174.
- Büchi, H. (1993) *La transformación económica de Chile: del estatismo a la libertad económica*. Editorial Norma. Bogotá, Colombia.
- Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)² (2015) *La megasequía 2010-2015: una lección para el futuro*. Disponible en: www.forestal.uach.cl/manejador/resources/2015informe-a-la-nacinla-megasequia-2010-2015una-leccion-para-el-futuro-1.pdf
- Chamorro, S.; Hernandez, V.; Matamoros, V.; Domínguez, C.; Becerra, J.; Vidal, G.; Piña, B.; Bayona, J.M. (2013) Chemical characterization of organic microcontaminant sources and biological effects in riverine sediments impacted by urban sewage and pulp mill discharges. *Chemosphere*. Vol. 90, pp. 611-619.
- D'Angelo Report (1998) *See Using Reclaimed Water to Augment Potable Water Resources. Public Information Outreach Programs*. Publicación especial, Salvatore D'Angelo (coordinador). Editores: Water Environment Federation and American Waterworks Association. San Francisco, Estados Unidos.
- Dirección General de Aguas (DGA) (2011) *Modernización del mercado de aguas en Chile*. Disponible en: negocios.udd.cl/files/2011/04/Modernizaci%C3%B3n-Mercado-Aguas-28.04.11.pdf
- EducarChile (2003) *Pueblos indígenas de Chile*. Disponible en: www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?ID=185562
- Frewer, L.J.; Howard, C.; Shepherd, R. (1998) Understanding public attitudes to technology. *J Risk Res*. Vol. 1, pp. 221-235.
- Gu, Q.X.; Chen, Y.; Pody, R.; Cheng, R.; Zheng, X.; Zhang, Z.X. (2015) Public perception and acceptability toward reclaimed water in Tianjin. *Resour. Conserv. Recycl.* Vol. 104, pp. 291-299.
- Haering, K.; Evanylo, G.K.; Benham, B.L.; Goatley, M. (2009) *Water reuse: using reclaimed water for irrigation*. Virginia Cooperative Extension. Blacksburg, Estados Unidos.

- Henze, M.; Harremoes, P.; Jansen, J.; Arvin, E. (2002) *Wastewater treatment; Biological and chemical processes*. *Environ. Eng. Springer-Verlag*. 430 pp. ISBN: 978-3-642-07590-2. Heidelberg, Alemania.
- Holliman, T.R. (1998) *Reclaimed water distribution and storage. Wastewater reclamation and reuse*. Pp. 383-436. CRC Press. Nueva York, Estados Unidos.
- Huerta, J.M. (2005) *Procedimiento para redactar y validar los cuestionarios para los estudios de investigación y evaluación*. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. Mayagüez, Puerto Rico.
- Instituto Nacional de Estadística (INE) (2002) *Glosario de términos de demografía y estadísticas vitales*. Disponible en: palma.ine.cl/demografia/menu/glosario.pdf
- Instituto Nacional de Estadística (INE) (2012) *Resultados preliminares censo de población y vivienda 2012*. Disponible en: www.cooperativa.cl/noticias/site/artic/20120831/asocfile/20120831161553/resultados_preliminares_censo_2012.pdf
- Lazarova, V.; Levine, B.; Sack, J.; Cirelli, G.; Jeffrey, P.; Muntau, H.; Salgot, M.; Brissaud, F. (2001) Role of water reuse for enhancing integrated water management in Europe and Mediterranean countries. *Water Sci Technol*. Vol. 43, No. 10, pp. 25-33.
- Lewenstein, B.V. (1992) The meaning of public understanding of science ‘in the United States after World War II. *Public Underst sci*. Vol. 1, No. 1, pp. 45-68.
- Maliva, R.G.; Missimer, T.M. (2012) *Arid lands water evaluation and management*. Springer Science and Business Media. Pp. 3-19. ISBN 978-3-642-29103-6
- Melbourne Water (1998) *Exploring Community Attitudes to Water Conservation and Effluent Reuse*. A consultancy report prepared by Open Mind Group. St Kilda, Australia.
- Metcalf, E. (2007) *Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización*. 3ª ed., Vol. I, pp. 255-270. ISBN 978-0-071-45927-3. McGraw-Hill. Madrid, España.
- Ministerio de Desarrollo Social (2015) *Metodología, formulación y evaluación de proyectos de evacuación, tratamiento y disposición de aguas servidas (sector rural)*. Ministerio de Desarrollo Social, División de Evaluación Social de Inversiones. Gobierno de Chile. Santiago, Chile.
- Ministerio de Medio Ambiente (2012) *Política Nacional de Educación para el Desarrollo Sustentable. Gobierno de Chile*. Disponible en: sustentabilidad.umce.cl/wp-content/uploads/2016/10/Politica-Nacional-EA-EDS-2012.pdf
- Ministerio del Interior y Seguridad Pública (2015) *Política Nacional para los Recurso Hídricos. Gobierno de Chile*. Disponible en: www.interior.gob.cl/media/2015/04/recursos_hidricos.pdf

- Muga, H.E.; Mihelcic, J.R. (2008) Sustainability of wastewater treatment technologies. *J Environ Manage*. Vol. 88, No. 3, pp. 437-447.
- North American Association for Environmental Education (2009) *Guía para elaborar programas de educación ambiental no formal*. Disponible en: www.earthgonomic.com/biblioteca/2009_SEMAR-NAT_Guia_Programas_de_Educacion_Ambiental_No_Formal.pdf
- OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) (2012) *Perspectivas ambientales de la OCDE hacia 2050: consecuencias de la inacción*. Ediciones de la OCDE. París, Francia.
- Pereira, L.S.; Oweis, T.; Zairi, A. (2002) Irrigation management under water scarcity. *Agricultural Water Management*. Vol. 57, No. 3, pp. 175-206.
- Po, M.; Nancarrow, B.E.; Kaercher, J.D. (2003) *Literature review of factors influencing public perceptions of water reuse*. CSIRO Land and Water. Pp. 13-27. Victoria, Australia.
- Recycled Water Task Force (2003) *White paper of the public information, education and outreach workgroup on better public involvement in the recycled water decision process*. State of California Department of Water resources. Sacramento, Estados Unidos.
- Sampieri, R.; Collado, C.F.; Lucio, P.B. (2006) *Metodología de la investigación*. Editorial McGraw Hill. 113 pp.. ISBN 970-10-5753-8. Ciudad de México, México.
- Segura, D.; Carrillo, V.; Remonsellez, F.; Araya, M.; Vidal, G. (2018) Comparison of Public Perception in Desert and Rainy Regions of Chile Regarding the Reuse of Treated Sewage Water. *Water*. Vol. 10, No. 3, p. 334.
- Slovic, P. (1998) The risk game. *Reliability engineering and system safety*. Vol. 58, pp. 73-77.
- Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) (2014) *Informe anual de coberturas urbanas de servicios sanitarios*. 24 pp. Santiago, Chile.
- Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) (2016) *Sistemas de tratamiento de aguas servidas*. Disponible en: www.siss.gov.cl/577/w3-article-4373.html
- United States Environmental Protection Agency (US EPA) (2012) *Guidelines of water reuse*. Office of water. Washington, Estados Unidos.
- Vera, I.; García, J.; Sáez, K.; Moragas, L.; Vidal, G. (2011) Performance evaluation of eight years' experience from constructed wetlands systems in Catalonia as alternative treatment for small communities. *Ecol. Eng.* Vol. 37, pp. 364-371.
- Vera, I.; Sáez, K.; Vidal, G. (2013) Performance of 14 full-scale sewage treatment plants: Comparison between four aerobic technologies regarding effluent quality, sludge production and energy consumption. *Environ. Technol.* Vol. 34, pp. 2267-2275.

- Vera, I.; Araya, F.; Andrés, E.; Sáez, K.; Vidal, G. (2014) Enhanced phosphorus removal from sewage in subsurface treatment wetland through zeolite as medium and artificial aeration. *Environ. Technol.* Vol. 35, pp. 1639-1649.
- Vidal, G.; Araya, F. (2014) *Las aguas servidas y su depuración en zonas rurales: situación actual y desafíos*. Grupo de Ingeniería y Biotecnología Ambiental (GIBA). Ediciones Universidad de Concepción. 118 pp. ISBN: 978-956-227-378-7. Concepción, Chile.
- Von Sperling, M. (2007) *Biological Wastewater Treatment. Volume 1: Wastewater characteristics, treatment and disposal*. IWA Publishing. 292 pp. ISBN: 1-84339-002-7. Londres, Reino Unido.
- Wada, Y.; Flörke, M.; Hanasaki, N.; Eisner, S.; Fischer, G.; Tramberend, S.; Satoh, Y.; Van Vliet, M.T.H.; Yillia, P.; Ringler, C.; Burek, P.; Wiberg., D. (2016) Modelling global water use for the 21st century: The Water Futures and Solutions (WFaS) initiative and its approaches. *Geosci Model Dev.* Vol. 9, pp. 175-222.
- Yeber, M.C.; Soto, C.; Riveros, R.; Navarrete, J.; Vidal, G. (2009) Copper (II) and toxicity removal using a photocatalytic process with TiO₂ as semiconductor. *Chem. Eng. J.* Vol. 152, pp. 14-19.
- Yañez, N.; Molina, R. (2014) *Las aguas indígenas en Chile*. LOM ediciones. ISBN: 978-956-00-0265-5. Santiago, Chile.
- Zhang, Z.; Balay, J.W. (2014) How much is too much?: challenges to water withdrawal and consumptive use management. *J Water Res Plan Man.* Vol. 140, No. 6, pp.

ANEXO I. INSTRUMENTO APLICADO EN LA INVESTIGACIÓN

CARACTERIZACIÓN DEMOGRÁFICA

1. Género: A. Masculino; B. Femenino

2. Edad actual:

3. Educación:

A. Sin estudios; B. Básica incompleta; C. Básica completa; D. Media incompleta; E. Media completa; F. Técnica incompleta; G. Universitaria incompleta; H. Técnica completa; I. Universitaria completa

4. Ocupación:

A. Estudiante; B. Dueña/o de casa; C. Trabajador independiente; D. Trabajador contratado; E. Desempleado; F. Pensionado

CONOCIMIENTO SOBRE EL RECURSO HÍDRICO Y EL AGUA RECICLADA A PARTIR DE AGUAS SERVIDAS TRATADAS

5. La vivienda donde usted vive, ¿dispone de sistema de eliminación de sus aguas servidas?

A. Sí; B. No

6. ¿De dónde proviene el agua que consume a diario?

A. Red pública; B. Pozo o noria; C. Puntera; D. Río, vertiente, lago o estero; F. Camión aljibe; G. Otra Fuente

7. ¿Qué sector es el principal consumidor de agua en la zona?

A. Agropecuaria; B. Agua potable; C. Industria; D. Minería; E. Energía; F. Forestal; G. Acuícola; H. Turismo; I. No sabe; J. No responde

8. En relación a la disponibilidad de agua en la zona... (completar con alternativa)

A. Existe sequía todo el año; B. Existe sequía en primavera y verano; C. Existe suficiente agua; D. No tengo conocimientos

9. ¿Dónde se descargan las aguas residuales del sector donde vive?

A. Planta de tratamiento de aguas servidas; B. Ríos y lagos directa sin tratamiento;
C. Mar con emisarios submarinos; D. Infiltración a las aguas subterráneas;
E. No sé

10. ¿Usa de manera responsable el agua dentro de su hogar? (Por ejemplo, para higiene personal, lavado de ropa, lavado de loza, consumo y cocina)

A. Sí; B. No

11. ¿Qué actividad consume más agua en su casa? (Una sola alternativa)

A. Cocinar; B. Baños y lavandería; C. Limpieza del hogar; D. Otros

12. ¿Toma medidas de ahorro de agua en su vida diaria?

A. Sí; B. No

13. ¿Alguna vez le han sugerido sus amigos, familia o conocidos que tome medidas de ahorro de agua?

A. Sí; B. No

14. ¿Cree que el uso de agua con fines públicos es un desperdicio de agua?
(Por ejemplo: control de polvo en caminos, combate contra incendios, riego de áreas verdes, etcétera)

A. Sí; B. No

15. ¿Sabe lo que es el reúso de aguas servidas tratadas?

A. Sí; B. No

16. Si la respuesta anterior fue sí, ¿dónde obtuvo ese conocimiento?

A. Medios de comunicación; B. Organizaciones sociales; C. Organizaciones gubernamentales; D. Amigos o familiares; E. Conocimiento profesional

17. ¿Qué entiende por reúso de aguas servidas tratadas?

18. ¿Tiene experiencia reusando aguas servidas tratadas?

A. Sí; B. No

19. En su opinión, ¿el reúso de aguas servidas tratadas sería útil para hacer frente a la sequía y escasez de agua?

A. Sí; B. No

20. Según su opinión, ¿qué organismos deberían estar a cargo de generar el reúso de aguas servidas tratadas?

A. Estado; B. Empresa privada; C. Comunidad; D. Otro

21. ¿Confiaría en que el proceso de reúso de aguas servidas tratadas se ejecute de manera que el agua resultante sea de la mejor calidad y que esté bajo la norma usada en Chile?

A. Sí; B. No; C. No sé; D. Sin comentario

22. ¿Estaría dispuesto a pagar por el tratamiento adicional, con la finalidad de alcanzar un estándar de calidad para que sea utilizable?

A. Sí; B. No; C. No sé; D. Sin Comentario

RECEPCIÓN FRENTE AL REÚSO DE AGUAS SERVIDAS TRATADAS

23. ¿Aceptaría el reúso de aguas servidas tratadas para fines domésticos potables? (Consumo directo, higiene personal, cocinar)

A. Muy de acuerdo; B. De acuerdo; C. Ni de acuerdo, ni en desacuerdo; D. En desacuerdo; E. Muy en desacuerdo

24. ¿Aceptaría el reúso de aguas servidas tratadas para fines domésticos no potables? (Limpieza del hogar, lavado de ropa, etcétera)

A. Muy de acuerdo; B. De acuerdo; C. Ni de acuerdo, ni en desacuerdo; D. En desacuerdo; E. Muy en desacuerdo

25. ¿Aceptaría el reúso de aguas servidas tratadas en piletas?

A. Muy de acuerdo; B. De acuerdo; C. Ni de acuerdo, ni en desacuerdo; D. En desacuerdo; E. Muy en desacuerdo

26. ¿Aceptaría el reúso de aguas servidas tratadas para riego de áreas verdes? (Parques)

A. Muy de acuerdo; B. De acuerdo; C. Ni de acuerdo, ni en desacuerdo; D. En desacuerdo; E. Muy en desacuerdo

27. ¿Aceptaría el reúso de aguas servidas tratadas para el llenado del estanque del baño?

- A. Muy de acuerdo; B. De acuerdo; C. Ni de acuerdo, ni en desacuerdo;
D. En desacuerdo; E. Muy en desacuerdo
-

28. ¿Aceptaría el reúso de aguas servidas tratadas para el lavado del auto?

- A. Muy de acuerdo; B. De acuerdo; C. Ni de acuerdo, ni en desacuerdo;
D. En desacuerdo; E. Muy en desacuerdo
-

29. ¿Aceptaría el reúso de aguas servidas tratadas para el control de polvo en caminos?

- A. Muy de acuerdo; B. De acuerdo; C. Ni de acuerdo, ni en desacuerdo;
D. En desacuerdo; E. Muy en desacuerdo
-

30. ¿Aceptaría el reúso de aguas servidas tratadas para infiltrarla e incrementar el volumen en aguas subterráneas? (Explicarla)

- A. Muy de acuerdo; B. De acuerdo; C. Ni de acuerdo, ni en desacuerdo;
D. En desacuerdo; E. Muy en desacuerdo
-

31. ¿Aceptaría el reúso de aguas servidas tratadas para riego de áreas agrícola a ras de suelo? (Hortalizas)

- A. Muy de acuerdo; B. De acuerdo; C. Ni de acuerdo, ni en desacuerdo;
D. En desacuerdo; E. Muy en desacuerdo
-

32. ¿Aceptaría el reúso de aguas servidas tratadas para riego de áreas agrícolas de árboles?

- A. Muy de acuerdo; B. De acuerdo; C. Ni de acuerdo, ni en desacuerdo;
D. En desacuerdo; E. Muy en desacuerdo
-

33. ¿Aceptaría el reúso de aguas servidas tratadas para ser usada en industrias?

- A. Muy de acuerdo; B. De acuerdo; C. Ni de acuerdo, ni en desacuerdo;
D. En desacuerdo; E. Muy en desacuerdo
-

Este libro se terminó de imprimir
en Santiago de Chile,
marzo de 2020

Teléfono: 22 22 38 100 / ril@rileditores.com

Se utilizó tecnología de última generación que reduce el impacto medioambiental, pues ocupa estrictamente el papel necesario para su producción, y se aplicaron altos estándares para la gestión y reciclaje de desechos en toda la cadena de producción.

El presente libro es resultado de las preocupaciones y estudios realizados por investigadores del Centro de Recursos Hídricos para la Agricultura y la Minería (CRHIAM) de la Universidad de Concepción, Chile, interesados en entender la complejidad de la problemática hídrica desde una mirada interdisciplinaria. Esta comprende aspectos como el derecho de los pueblos originarios al acceso al agua, la jerarquización de los derechos del agua -la primera prioridad es el Derecho Humano-, las tecnologías de innovación y eficiencia y las percepciones ciudadanas del recurso hídrico, en el contexto de las transformaciones que nuestra sociedad experimenta en tiempos de cambio climático, que implica reducción de su disponibilidad, y las justas demandas de la ciudadanía por su acceso a ella. Se describen y analizan los servicios ecosistémicos que presta el agua y la necesidad de caracterizarlos y cuantificarlos para permitir una gestión sustentable y equitativa del recurso.

Destaca la defensa ciudadana del agua y, en general, de los recursos naturales en tiempos de competitividad global y de cambio climático irreversible, que incrementará aún más los conflictos por los derechos y acceso, como única garantía de construcción de un orden eco-social verdaderamente sustentable. Para ello es necesario pensar menos linealmente y más circularmente, haciendo coincidir el movimiento de los componentes ecosistémicos del planeta con los movimientos complejos de la vida humana y la economía en la Biosfera. En verdad, todo es Bien Común, incluido aquello que se denomina paradójicamente privado. Todo lo privado está hecho de interacciones de bienes y valores comunes.



RiL editores



Universidad de Concepción



ISBN 978-956-01-0757-2

