

SUSTENTABILIDAD URBANA 2050

Desafíos para la
gestión del agua



Edición Publicada en el año 2020
Pontificia Universidad Católica de Chile
Vicuña Mackenna 4850, Macul, Santiago, Chile

© 2020 Pontificia Universidad Católica de Chile

Derechos reservados. Si alguna parte de este libro es reimpresso, reproducido o utilizado
en cualquier forma.

ISBN 978-956-14-2717-4

SUSTENTABILIDAD URBANA 2050

Desafíos para la gestión del agua

Seminario realizado el 19 de octubre del 2016 en el
Centro de Extensión UC

Agradecemos a cada uno de los ponentes y al Proyecto ANID/FONDAP/15110020

Ponentes:

Pablo Pastén González

Ingeniero civil y magíster en ciencias de la ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile. Ph.D. Northwestern University. Actualmente es investigador principal del CEDEUS (Centro de Desarrollo Urbano Sustentable) y profesor asociado de la Escuela de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Posee una amplia experiencia en áreas como biogeoquímica ambiental, comportamiento de metales en aguas y suelos, evaluación de impacto ambiental en medios acuáticos y en modelación biogeoquímica.

Víctor Galilea Page

Abogado y licenciado en ciencias jurídicas y sociales de la Universidad de Chile. Presidente de la ANDESS (Asociación Nacional de Empresas de Servicios Sanitarios). Con experiencia de más de 23 años en el sector corporativo, mercados regulados y libre competencia. Ha dirigido las áreas legales y regulatorias de VTR Telecomunicaciones, BellSouth, Telefónica en Chile y ha participado en la dirección de derecho de la competencia del holding Telefónica S.A. en Europa.

Ronaldo Bruna Villena

Ingeniero comercial de la Universidad de Santiago de Chile, master of arts in economics de la Universidad de Georgetown y master en economía de la Universidad Alberto Hurtado. Profesor en la Universidad Adolfo Ibáñez, Universidad Alberto Hurtado y Universidad de Chile. Fue nombrado Superintendente de Servicios Sanitarios el 2016. Posee una experiencia de más de 20 años en temas relacionados con regulación, investigación de conductas de mercado, supervisión de instituciones públicas y dirección de equipos.

Rodrigo Mansilla Vicencio

Ingeniero civil de la Universidad de la Serena. Actualmente es jefe del Departamento de Proyectos de Aguas LLuvias en la Dirección de Obras Públicas, en el cual se diseñan las redes primarias de aguas lluvias en todas las ciudades de Chile. Cuenta con una experiencia de más de 24 años en planificación, diseño, construcción, inspección y gestión de proyectos en empresas del rubro de minería y sanitarias tales como CODELCO, ESSBBIO y ESVAL.

Ximena Abogabir Scott

Periodista de la Universidad de Chile. Fundadora de Fundación Casa de la Paz, organización relacionada con temáticas de educación ambiental, resolución de conflictos ambientales y participación ciudadana. Actualmente ejerce como secretaria del directorio de la fundación Casa de

la Paz. Ha participado activamente como miembro de distintos consejos de organismos nacionales e internacionales relacionadas con medio ambiente y sustentabilidad, entre los que destacan el PNUD, UNICEF y la CONAMA.

Paula Díaz Palma

Doctora en ciencias biológicas de la Universidad Autónoma de Madrid. Es jefa del Departamento de Conservación de Ecosistemas Acuáticos del Ministerio de Medio Ambiente. Sus áreas de especialidad tienen relación con la limnología, particularmente en humedales altoandinos, ciclos biogeoquímicos y ecología acuática. Además, se ha desempeñado como académica de la Universidad Católica del Norte y de la Universidad de Chile.

Ginger E. Sigmon

Química y geóloga de la Universidad Estatal de Carolina del Norte. Ph. D. en materiales de actínidos de la Universidad de Notre Dame. Actualmente es directora de los centros de investigación de energía sustentable y de la ciencia de los materiales de los actínidos en la Universidad de Notre Dame. Es miembro de la sociedad química americana, sociedad nuclear americana y la sociedad mineralógica americana. Sus áreas de estudio se relacionan con los materiales actínidos y la caracterización y química de materiales.

Equipo Editorial:

Jorge Gironás León

Ingeniero civil y magíster en ciencias de la ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile. Ph.D. Colorado State University. Actualmente es investigador principal del CEDEUS (Centro de Desarrollo Urbano Sustentable) y profesor asociado de la Escuela de Ingeniería en el Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Sus áreas de especialización incluyen hidrología e hidráulica urbana, modelación lluvia-escorrentía, modelo EPA-SWMM y procesos hidrológicos.

María Molinos Senante

Licenciada en ciencias ambientales y másteres en ingeniería ambiental y economía aplicada de la Universidad de Valencia. Ph.D. de la Universidad de Valencia y Universitat Jaume I de Castellón. Es investigadora asociada del CEDEUS (Centro de Desarrollo Urbano Sustentable) y profesora asociada de la Escuela de Ingeniería en la Pontificia Universidad Católica de Chile. Sus áreas de especialización se relacionan con la gestión sostenible y eficiente del ciclo urbano del agua.

Alejandra Vega

Ingeniero civil de la Pontificia Universidad Católica de Chile y doctor en ciencias de la ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Actualmente es investigadora postdoctoral del CEDEUS (Centro de Desarrollo Urbano Sustentable). Sus áreas de especialización son calidad del agua y su tratamiento y geoquímica ambiental.

Guillermo Arce

Ingeniero civil y magíster en ciencias de la ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile. Sus áreas de especialización son calidad del agua y geoquímica ambiental.

Javier Rivera

Ingeniero civil de industrias y magíster en ciencias de la ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile. Actualmente trabaja en CEDEUS (Centro de Desarrollo Urbano Sustentable). Sus áreas de especialización son erosión de suelos y modelación en biofísica ambiental.

Colaboradores:

Alejandra Precht

Abogada de la Pontificia Universidad Católica de Chile, master of legal institutions de la Universidad de Wisconsin-Madison, y diplomada en derecho administrativo económico en Derecho UC. Especialista en regulación ambiental.

Jorge Precht

Abogado de la Universidad de Chile. Master en gobierno y administración pública, Universidad Católica de Lovaina. Master of law in International and comparative law, Vrije Universiteit van Brussel y doctor en Ciencias políticas y sociales, Universidad Católica de Lovaina. Actualmente es profesor titular adjunto del Departamento de Derecho Público de la PUC.

Nota: Los cargos mencionados para cada ponente corresponden a los ejercidos al momento de la realización del seminario. La información del equipo editorial se encuentra actualizada al momento de la publicación del libro.

Contenido

Prólogo	11
1. Introducción	13
2. Marco legal	15
3. Ponencias	19
I. Agua y Ciudad: visión desde la industria sanitaria	19
El rol de la industria sanitaria	19
Los desafíos para la sustentabilidad de la ciudad	20
Abordando los desafíos	20
II. Desafíos del sector sanitario: una mirada desde el regulador sectorial	22
La evolución del sector sanitario	22
El nuevo escenario y sus desafíos	24
Los problemas de hoy	26
III. Desafíos y propuestas en la gestión de aguas lluvias	27
La gestión de aguas lluvias	27
Los desafíos en el manejo de aguas lluvias	28

IV. Sustentabilidad hídrica: una mirada desde la sociedad civil	29
Breve introducción a la Fundación Casa de la Paz	29
El estrés hídrico como problema urbano	29
Desafíos institucionales	30
Desafíos de gestión: gobernanza participativa	31
Desafíos de información	32
Desafíos de cambio cultural	32
Acciones propuestas: ámbito institucional	33
Acciones propuestas: ámbito de gestión	34
Acciones propuestas: ámbito de la información	34
Acciones propuestas: ámbito cultural	34
V. Instrumentos de gestión: humedales urbanos y normas de calidad	36
El Ministerio de Medio Ambiente y el Departamento de Conservación de Ecosistemas Acuáticos	36
Los humedales: proveedores de servicios ecosistémicos	37
Protección de humedales: las Normas Secundarias de Calidad Ambiental	39
Red de Información de la Línea Base País	41
Recomendaciones de la OCDE	41
VI. El futuro de la energía	43
Un mundo sin energía	43
Cuatrocientos años de uso de energía en Estados Unidos	44
Fuentes de energía y sectores de consumo en Estados Unidos	45
Conexión entre agua y energía	48

Ciudades sustentables	50
4. Propuestas y Lineamientos para la sustentabilidad hídrica	52
4.1 Propuestas de las ponencias	52
4.2 Lineamientos para la sustentabilidad hídrica	53
4.2.1 Visión y gobernanza	53
(i) Bienestar personal mínimo	53
(ii) Habitabilidad del territorio	53
(iii) Uso eficiente	53
4.2.2 Reflexiones y propuestas	54
(i) Acceso humano al agua	54
(ii) La habitabilidad del territorio	57
(iii) Uso eficiente del recurso	59
(iv) Necesidad de modificaciones que permitan una gestión coordinada del agua y la energía	61
(v) Acceso a la información hídrica	65
5. Glosario	66
6. Referencias	68

Prólogo

El agua es un recurso vital para nuestra sociedad, sus habitantes y su economía. Además es un recurso esencial para los sistemas naturales, los ecosistemas y la biodiversidad. Como vemos, existen muchos usos y usuarios distintos para un único y finito recurso, cuya distribución en el espacio y tiempo varía muchas veces de modo predecible, pero en otros casos, de manera más incierta, produciendo competencia por su uso. Aunque parezca sorprendente, el agua también la hemos transformado en una amenaza producto de la manera en que hemos actuado sobre el territorio. Los riesgos frente a esta amenaza no son los mismos para todos los territorios y personas dada las diferencias en vulnerabilidad y exposición a lo largo del país, lo cual genera inequidad tanto ambiental como social.

En particular, el agua es un recurso crítico para cualquier ciudad. La necesitamos para nuestro diario quehacer, y entre muchas otras cosas, la bebemos, la usamos para nuestra salud e higiene, para regar o mantener los alimentos que comemos, para generar la energía que consumimos, y para entretenernos y encontrar placer estético dentro de la urbe. Sin embargo, asegurar el abastecimiento seguro y continuo en cantidad y calidad para todos estos usos es una tarea difícil. El contexto actual de cambio global, con modificaciones en el clima, la demografía, los usos de suelos, y la forma de vida de nuestra sociedad actual, hacen cada vez más complejo poder satisfacer todas estas necesidades de manera robusta y equitativa para todos. Y más aún en forma sostenible, sin afectar la disponibilidad y calidad del recurso para generaciones futuras.

Cumpliendo con su misión como centro nacional de investigación en áreas prioritarias financiado por el estado, el Centro de Desarrollo Urbano Sustentable (CEDEUS) organizó un seminario el 19 de octubre 2016, titulado Seminario de Sustentabilidad Urbana 2050: Desafíos para la Gestión del Agua, en el cual participaron representantes del mundo académico, el sector público, el sector sanitario y organizaciones no gubernamentales. A través de las distintas ponencias y las posteriores mesas de discusión, los expositores dieron a conocer sus puntos de vista con respecto al estado actual del manejo de aguas y su relación con la ciudad, así como también en lo referido a los desafíos que cada sector enfrenta. Seminarios como éste son muy necesarios, pues permiten integrar diversas aproximaciones a la problemática y decantar una visión más holística sobre las necesidades y urgencias que nos aquejan como sociedad. Sin embargo, la gran mayoría de estas iniciativas no trasciende más allá del día en particular en que se organiza ni del público participante. Más difícil aún se hace contar con las conclusiones y reflexiones más generales y de largo plazo que se puedan extraer de estas experiencias.

Dado lo anterior, y con el ánimo de difundir al público la interesante experiencia que significó este seminario, CEDEUS ha querido difundir íntegramente las intervenciones de los panelistas en este documento. Adicionalmente, presentamos también algunas reflexiones que surgen al interior de nuestro Centro luego de este evento, de modo de plasmar las lecciones aprendidas y los desafíos que de ahí surgen. Esperamos que este texto tenga una buena acogida entre quienes se interesan por esta temática tan relevante para nuestra ciudad como lo es Agua y Ciudad.

Equipo Editorial

1. Introducción

¿Qué pensamos cuando hablamos de sustentabilidad? ¿Qué está pensando la gente? Una de las cosas de las que habitualmente se habla es del calentamiento global, la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera; pero la verdad es que la pregunta de sustentabilidad hace tiempo viene dando vueltas y siempre es un desafío pensar cómo evaluamos la sustentabilidad y cómo sabemos qué es sustentable.

Por eso, hace 6 años, en la revista *Nature*, un investigador sueco que se apellida Rockström propuso 9 límites biofísicos para la frontera de la sustentabilidad, límites que si sobrepasamos nos indican que estamos en una situación inestable que no consideramos sustentable. Uno de los temas claves que Rockström identifica es, claramente, el calentamiento global.

Sin embargo, los otros ocho límites quizás pasan desapercibidos cuando uno piensa en sustentabilidad: la acidificación de los océanos, la disminución de la capa de ozono, los ciclos de nutrientes como el fósforo y el nitrógeno, el ciclo del agua dulce, el uso de suelo, la pérdida de biodiversidad, los aerosoles atmosféricos y la contaminación química. A través de métricas cuantitativas, Rockström determinó que estamos en una situación indeseable para tres indicadores: la pérdida de biodiversidad, el ciclo del nitrógeno y el cambio climático (Figura 1).

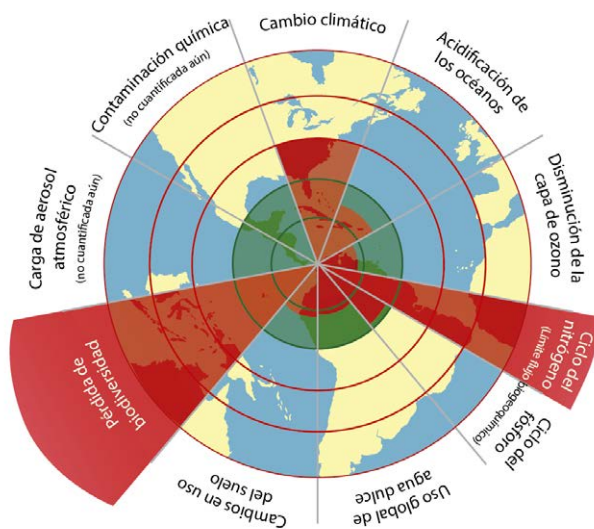


Figura 1. Estado de los nueve límites biofísicos de la sustentabilidad (Elaborado por Jeannette Zarate en base a Rockström et al. (2009)).

En el caso de Chile, en el que la mayor parte de las ciudades están inmersas en cuencas andinas, queremos ver qué tan sustentable es la relación entre la ciudad y su cuenca. Una pregunta interesante es, por ejemplo, cómo se relaciona la infraestructura de esa ciudad con su cuenca, y cómo es la sustentabilidad de esa relación. El problema es bastante complejo. Por un lado, tenemos fuentes de recursos hídricos en la cordillera que fluyen por las redes de drenaje, que soportan los ecosistemas y múltiples usos como las actividades mineras, la agricultura y el consumo humano, por parte de múltiples usuarios. Es un ambiente complejo al cual no es fácil acercarse. Por otro lado, estos mismos recursos pueden ser agentes de riesgo, como se vio en Atacama en el 2015, con los aluviones que ocurrieron en Copiapó. Y a veces como sociedad nos ponemos a reflexionar sobre los riesgos a los que estamos expuestos en forma tardía: ya en 1722 se mostraba en el plano de San Francisco de la Selva de Copiapó que alrededor de la ciudad estaba lleno de minerales. Y cuando se piensa en el Copiapó de hoy, se ve que hay residuos de la minería dentro de la ciudad, que están poniendo en riesgo a las personas. E incluso hay infraestructura pública cercana a los relaves, como plazas, exponiendo aún más a la población.

¿Qué se está haciendo? ¿Qué se está dejando para las generaciones futuras? Quizás se está haciendo lo mismo: no considerar a las generaciones futuras en la toma de decisiones. A modo de ejemplo, en los años 80 se enviaron residuos desde Suecia a Arica con la promesa de recuperarlos, cosa que nunca sucedió, y se expuso a la población a riesgos para la salud. Entonces además de los límites biofísicos de la sustentabilidad, hay un problema más de fondo que tiene que ver con la base social de la sustentabilidad: la persona.

El desafío de la sustentabilidad no es sólo moverse desde ciudades que convierten recursos (agua, aire, suelo, energía) en residuos a ciudades con una visión más cíclica, donde exista reciclaje de biomasa, energía, materiales y agua, para ubicarse dentro de los límites biofísicos que proponía Rockström, sino también considerar la base social de la sustentabilidad: la educación, el ingreso, la salud, la equidad, la igualdad de género, el derecho al agua y la resiliencia. Estos son problemas técnicos que se tienen que abordar de manera integrada, porque la sustentabilidad es un problema complejo que necesita ser examinado en todas sus dimensiones, y es allí donde está el gran desafío.

2. Marco legal

La escasez hídrica no sólo ha obligado a las autoridades chilenas y a los proyectos de inversión a centrarse en un otorgamiento adecuado y utilización eficiente del uso del recurso agua. A la par, la comunidad internacional, inserta en un proceso de globalización y ante fenómenos de deterioro ambiental mundial, ha ido paulatinamente reconociendo a las poblaciones el derecho a ser protegidas en su desarrollo. Dentro de esta evolución, el derecho de acceso al agua ha pasado no sólo a ser un derecho colectivo, sino un derecho humano.

Así en referencia al sistema jurídico interno de Chile, aparecen las declaraciones de áreas de restricción y zonas de prohibición efectuadas por la Dirección General de Aguas (DGA), las reservas del recurso hídrico decretadas por el Presidente de la República cuando no exista otro medio para obtener agua para el abastecimiento de la población y para las limitaciones en el uso de los derechos de aprovechamiento que son impuestas luego de la evaluación ambiental efectuada por la Comisión de Evaluación o por el Director Ejecutivo del Sistema de Evaluación Ambiental (SEA), del mismo modo comienza a aumentar el uso de agua desalada en los procesos mineros, industriales y de agua potable, con una regulación incipiente.

Conjuntamente, el derecho humano de acceso al agua comienza no sólo a ser declarado, sino amparado por los diversos sistemas de protección a nivel internacional. En lo que nos concierne, este derecho ha sido establecido en la resolución aprobada por el Consejo de Derechos Humanos de Naciones Unidas el 12 de julio de 2011. Previamente la Asamblea General emitió la resolución 64/292 el 28 de Julio en que reconoce el derecho mencionado y reafirma que “un agua limpia y el saneamiento son esenciales para la realización de todos los derechos humanos.” Existen, asimismo, diversos documentos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), de la Naciones Unidas en sus objetivos de desarrollo sustentable y del Comité de Derechos Económicos y Culturales, entre otros como la UNESCO, PNUD, Banco Mundial, etc¹.

En cuanto a la Corte Interamericana de Derechos Humanos en el fallo Villagrán Morales y otros versus Guatemala, sentencia 19 de noviembre de 1999, después de 1999 sostuvo que “el derecho fundamental a la vida comprende, no solamente el derecho de todo ser

1 Puede agregarse a lo anterior que el Decenio 2005 – 2015 fue establecido como Decenio del “Agua fuente de vida”, con numerosas iniciativas. Por su parte, dentro del Sistema Interamericano, la Comisión Interamericana ha estado activa (véase Informe Anual Capítulo IV-A 2015), realizando una audiencia especial sobre el tema (23 octubre 2015), además de una encuesta sobre el acceso al agua en las Américas. Se concluyó que ni en la Declaración Americana ni en la Convención Americana existe un derecho expreso al agua, pero la Declaración puede entenderse que incluye dicho derecho en el derecho a la vida, a la integridad de la persona, la protección del derecho a la salud sea preservada por medidas sanitarias y sociales.

humano de no ser privado arbitrariamente, sino también el derecho a que no se le impida el acceso a las condiciones que le garanticen una existencia digna.” En consecuencia, el derecho humano de acceso al agua estaría comprendido².

En el derecho Constitucional de Chile no existe una consagración expresa del derecho de acceso al agua, pero si se siguiera el estándar de la Corte Interamericana de Derechos Humanos ya comentado, podría ser un derecho implícito en el derecho a la vida o el derecho a la salud, por ejemplo. Por otra parte, la Constitución sí consagra y garantiza el derecho de propiedad de los derechos de los particulares sobre las aguas, reconocidos constituidos en conformidad a la ley (artículo 19 numeral 24 inciso final), pero no da especial protección al acceso al agua de la población para subsistencia.

A su vez, el artículo 5° inciso segundo de la Constitución dispone que: “El ejercicio de la soberanía reconoce como limitación el respeto a los derechos esenciales que emanan de la naturaleza humana. Es deber de los órganos del Estado respetar y promover tales derechos, garantizados por esta Constitución, así como los tratados internacionales ratificados por Chile y que se encuentren vigentes.”

Chile ha ratificado el Pacto Internacional de Derechos Económicos Sociales y Culturales. El fundamento jurídico del derecho humano al agua son los artículos 11 y 12, cuya interpretación ha sido dada por el Comité de dicho Pacto en la observación general N°15 (2002), en relación al concepto de vida digna y el derecho a la salud. Igualmente, nuestro país también suscribe al artículo 14 de la Convención sobre eliminación de todas las formas de discriminación contra la mujer y al artículo 24 de la Convención de los derechos del niño³, en relación al derecho a la salud.

A nivel nacional la regulación es variada, pero podemos destacar cuatro ámbitos de importancia.

- En primer lugar, la utilización de las aguas en nuestro país está regulada principalmente en el Código de Aguas, que entró en vigencia el 29 de octubre de 1981. En virtud de lo establecido en dicho cuerpo legal, los particulares pueden obtener un derecho de aprovechamiento, el cual permite extraer aguas superficiales o subterráneas en conformidad a sus títulos y según lo dispuesto en el ordenamiento. En Chile la titularidad de los derechos de aprovechamiento se concentra en sectores productivos e industriales. Estos derechos de aprovechamiento pueden ser transados libremente en el denominado mercado de las aguas, el cual tiene gran dinamismo dada la falta de caudales disponibles para el otorgamiento de nuevos derechos.

2 Además, la Corte Interamericana aplicó este criterio en varios casos referentes al acceso al agua de parte de pueblos indígenas. Por ejemplo, Yakyé Axa versus Paraguay, sentencia de 6 de febrero de 2005. El acceso al agua de los pueblos originarios está garantizado en Chile por la Ley Indígena artículo 64 de la ley 20.417. Dado que no es el objeto de este Seminario no se profundiza este tema, sólo se hace presente que el Estado de Chile está obligado internacionalmente por el Convenio OIT sobre pueblos indígenas y tribales N°169.

3 Además, existen Declaraciones (no vinculantes), “Declaración de Mar del Plata de la Conferencia de la ONU (1972)”, “Protocolo de San Salvador” (1988), “Declaración de Río (1992)”, todas ellas suscritas por Chile.

En efecto, la escasez hídrica que ha afectado al país en el último tiempo y la sobreexplotación de algunas fuentes ha generado un déficit hídrico importante. La DGA ha tenido que hacer uso de algunos de los instrumentos que contempla el Código de Aguas para enfrentar este tipo de situaciones como son la posibilidad de declarar el agotamiento de fuentes naturales, zonas de prohibición y áreas de restricción, así también de establecer caudales ecológicos y de reducir temporalmente el ejercicio de los derechos, todas estas medidas tendientes a enfrentar las contingencias y gestionar el recurso en situaciones complejas. Asimismo, puede requerir al Presidente de la República para que éste declare zonas de escasez.

En relación a las medidas que pueden adoptarse para gestionar el aprovechamiento de las aguas de mejor manera en las áreas de su competencia, también destacan aquellas radicadas en las organizaciones de usuarios, las cuales tienen por objeto administrar las aguas y distribuirlas entre sus miembros. Entre estas organizaciones de usuarios podemos mencionar a las juntas de vigilancia en cauces naturales, las comunidades de aguas subterráneas en sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común o las asociaciones de canalistas en cauces artificiales.

Por último, cabe hacer presente que al momento del seminario se encuentran en tramitación en el Congreso Nacional una reforma al Código de Aguas⁴ y el Proyecto de Ley de Servicios Sanitarios Rurales⁵.

- En segundo lugar, en el ámbito sanitario se contempla el servicio público de producción y distribución de agua potable y la recolección y disposición de aguas servidas. En las áreas urbanas se presta en virtud de una concesión previamente otorgada por la autoridad sujeta al control de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) y a una determinada tarifa, requiriendo además autorizaciones del Servicio de Salud. En tanto que en las zonas rurales la distribución de agua potable es realizada por comités o cooperativas de agua potable rural, comúnmente denominados APR (Agua Potable Rural), sin necesidad de concesión, pero debiendo cumplir con estándares de calidad. Por su parte, los sistemas de alcantarillas y plantas de tratamiento particular son autorizadas por el servicio de salud.

En relación a la normativa, el cuerpo legal más relevante en estas materias es la Ley General de Servicios Sanitarios, complementado por el Código Sanitario, las leyes orgánicas de la SISS y de tarificación de los servicios sanitarios⁶.

- En tercer lugar, la legislación ambiental regula una serie de actividades y proyectos de inversión a través de la evaluación ambiental de los mismos, como también por medio de la dictación de normas de calidad y emisión, siendo esta una herramienta para el resguardo del derecho a vivir en un ambiente libre de contaminación como lo señala la Constitución Política.

4 Boletín 7543-12.

5 Boletín 6252-09.

6 DFL N°382 de 1988, DFL N°725 de 1967, Ley N°18.902 de 1990 y DFL N°70 de 1988.

La Ley N°19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente prevé y regula el ingreso de los sistemas de alcantarillado y agua potable, plantas de tratamiento de aguas al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), como asimismo muchos otros proyectos que requieren del recurso hídrico para su desarrollo (v.g. mineros, energéticos), los que eventualmente pueden ver restringida la posibilidad de utilizar sus derechos de aprovechamiento de aguas por razones ambientales, principalmente ligadas a ecosistemas sensibles.

El proceso de dictación de normas ambientales constituye un eje central para la protección del recurso desde la perspectiva de la calidad que requieren los múltiples usos asociados a éste. Es así como las normas primarias de calidad tienen como objetivo regular la salud de la población, y las secundarias la conservación y protección del medio. En el mismo sentido colaboran a este fin las normas de emisión que fijan parámetros y valores asociados a la descarga de contaminante a distintos cursos de agua.

- En cuarto lugar, en nuestro ordenamiento jurídico poco a poco ha ido tomando relevancia la regulación de las aguas lluvias, aunque es una materia que dista mucho de la regulación comprensiva de éstas, existiendo al efecto una multiplicidad de normas⁷, destacándose dentro de éstas la Ley 19.525 que regula sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias.

Esta norma establece un sistema primario bajo tuición del MOP y una secundaria a cargo del MINVU. Ambos organismos han elaborado importantes manuales a saber: “Técnicas Alternativas para solución de aguas lluvias en el sector urbano” (MINVU, 1996) y el “Manual de drenaje urbano” (MOP, 2013).

En el Código de Aguas en tanto las aguas pluviales son tratadas en el artículo 10 de dicho cuerpo legal, el que dispone que el uso de las aguas que caen o se recogen en un predio de propiedad particular corresponde al dueño de éste, mientras corran dentro de su predio o no caigan a cauces naturales de uso público, casos en los cuales el dueño podrá almacenarlas dentro del predio por medios adecuados, siempre que no ocasione perjuicios a derechos de terceros.

También se han establecido obligaciones a los urbanizadores de hacerse cargo del desagüe de aguas lluvias.

⁷ Véase a modo de ejemplo: Código Civil (art. 879 y 833), Código de Aguas (art. 1, 11, 47-49), DFL 382 de 1988 Ley General de Servicios Sanitarios.

3. Ponencias

I. Agua y Ciudad: visión desde la industria sanitaria

Víctor Galilea, Asociación Nacional de Empresas de Servicios Sanitarios

El rol de la industria sanitaria

El desafío de la sustentabilidad no es una realidad particular de nuestro país; otros lugares del mundo también se ven expuestos a riesgos relacionados con el agua: demasiada agua (inundaciones), muy poca agua (sequías) o demasiada contaminación. En este contexto, la industria sanitaria tiene a su cargo el ciclo urbano del agua: la obtención de los recursos, el tratamiento de ellos, su distribución y recolección, la descontaminación y su devolución al medio ambiente; siempre velando por la conservación de este último. En este proceso la industria sanitaria concentra sus esfuerzos en 5 focos (Figura 2): la seguridad de abastecimiento, la eficiencia y mejoramiento de los procesos, la adaptación a nuevas exigencias, la respuesta a las demandas sociales y ambientales que se van produciendo, y la gestión de los desastres.



Figura 2. Focos de la industria sanitaria en Chile (Galilea, 2016).

Los desafíos para la sustentabilidad de la ciudad

Al hablar de los desafíos para la sustentabilidad de la ciudad, es importante entender que ésta se encuentra inmersa en una cuenca. Ello impone que la gestión de recursos, y en particular la de los recursos hídricos, se haga de manera integrada adentro de esta unidad territorial fundamental. Sin embargo, la gestión integrada del recurso hídrico no es una labor fácil puesto que, junto con asegurar el consumo humano como uso principal del agua, se requiere (1) gestionar a los distintos actores y personas que utilizan y manipulan el agua, (2) gestionar los distintos territorios y actividades que pueden afectar la calidad del agua y (3) considerar la sostenibilidad de los ecosistemas.

En este contexto, el primer desafío que la industria sanitaria percibe corresponde a asegurar el abastecimiento de agua potable frente a un escenario de cambio climático. La sequía que ha afectado al país durante el periodo 2010-2015 es la peor en 50 años, y ha generado conflictos en algunas cuencas y situaciones en que empresas sanitarias han estado cerca de no poder abastecer ciertas localidades. Se hace entonces muy urgente la necesidad de contar con un manejo integrado de cuencas para poder hacer frente a un clima más seco y cálido.

El segundo desafío es el de prestar un buen servicio a la par con un desarrollo urbano, que en Chile se produce principalmente por expansión y no por densificación. Esto acarrea problemas como (1) la impermeabilización de territorio, lo que afecta la recarga de acuíferos, (2) la necesidad de extender las redes, y (3) el alejamiento de las fuentes superficiales de los puntos de utilización. Estos dos últimos problemas conllevan mayores costos de obras, energía (impulsión) y tratamiento, los que en general son asumidos por los clientes urbanos.

El tercer desafío es convertir a la ciudad en productora de agua. Esto se puede lograr mediante: (1) el aprovechamiento de las aguas lluvias, cambiando la visión actual de “canalizar” las aguas lluvias a través de la ciudad, para pasar a integrarlas como una fuente adicional de agua, (2) el aprovechamiento de las aguas grises y (3) la reutilización de aguas servidas tratadas, considerándolas como un recurso. Incorporar estas nuevas fuentes de agua permitiría aliviar las presiones sobre las fuentes actuales.

Abordando los desafíos

Casi más importante que definir los desafíos a los cuales hacer frente es tener un medio para poder abordarlos. La industria sanitaria considera fundamentalmente relevante que exista una instancia pública cuya función sea definir y liderar la creación de nuevos objetivos país para el sector hídrico en general y para el sector sanitario en particular, de manera de coordinar las instancias para tratar la temática del agua y definir las políticas públicas.

Otro aspecto importante es la reconstrucción de la alianza público-privada para el desarrollo

del sector, para que se identifiquen y diseñen los instrumentos y soluciones más eficientes y eficaces para abordar estos desafíos. Este tipo de alianzas ya se han desarrollado en el país con muy buenos resultados, como la que buscaba lograr el objetivo de mejorar la cobertura de agua potable y el saneamiento.

Finalmente, se hace relevante la existencia de una autoridad que lidere estas instancias y permita la asociación de los distintos actores involucrados (empresas sanitarias y usuarios). Este es un desafío no sólo para Chile, pues la OCDE plantea que las crisis del agua son crisis de gobernanza que involucran más que aspectos técnicos: con frecuencia revelan déficits en términos de quién hace qué a nivel de gobierno y los objetivos de las políticas públicas que se diseñan e implementan. El principal desafío de esta autoridad debe ser alinear los incentivos y elegir los instrumentos de política relevantes para avanzar desde la gestión de la crisis a la anticipación de los riesgos hídricos.

II. Desafíos del sector sanitario: una mirada desde el regulador sectorial

Rolando Bruna, Superintendencia de Servicios Sanitarios

La evolución del sector sanitario

En Chile, el gran desafío de las políticas económicas desarrolladas durante los años 90 estuvo centrado en la liberación de la inversión que hacía el Estado en la infraestructura pública; hecho que en el sector sanitario se materializó mediante la privatización de las empresas sanitarias. Este modelo también consideraba un rol regulador del Estado, lo que permitía atraer inversiones para el desafío del tratamiento de las aguas servidas en un país, donde se recolectaba el 80% de las aguas mismas y de las cuales sólo se trataba un 10%. El siguiente paso fue crear un modelo regulatorio de baja discrecionalidad, con principios de autofinanciamiento, eficiencia en la asignación de recursos y subsidios a la demanda.

Este modelo regulatorio está compuesto por tres actores fundamentales: i) un regulador sectorial que es la SISS; ii) las empresas sanitarias, que en este caso son privadas y; iii) los ciudadanos, que son quienes reciben los servicios (Figura 3). El regulador se encarga de concesionar, fiscalizar, sancionar, fijar tarifas y atender a los ciudadanos en sus reclamos y consultas. Las empresas dan servicio con continuidad y calidad, cobran las tarifas reguladas, hacen inversión y atienden a sus clientes. Finalmente, los clientes reciben los servicios ofrecidos por las empresas, pagan sus consumos con tarifa regulada y en algunos casos reciben subsidios a la demanda (familias de menores ingresos).

Este modelo evolucionó mediante la privatización del sector, pasando de un 2% de clientes abastecidos por empresas privadas en el año 1998 a un 96% en el año 2012, como se observa en la Figura 4.

La privatización del sector sanitario en Chile permitió un aumento significativo en la cobertura de los servicios: al año 2015, existe un nivel de cobertura urbana de casi 100% en la provisión de agua potable, un 97% de cobertura urbana de alcantarillado y un 99,6% de tratamiento de las aguas servidas urbanas recolectadas (Figura 5). Esto ubica a Chile entre los mejores países de la OCDE en temas de saneamiento, superando a países como Nueva Zelanda y México. Las políticas y el modelo implementados en los años 90 están funcionando, por lo que podría decirse que existe una lógica de sustentabilidad.

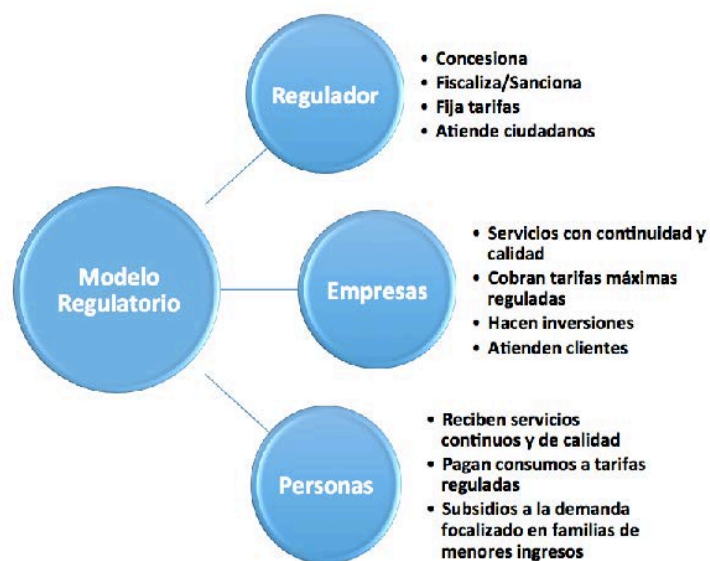


Figura 3. Modelo regulatorio del sector sanitario en Chile (Bruna, 2016).



Figura 4. Prestadores de servicios sanitarios en Chile, años 1998, 2000 y 2012 (Bruna, 2016).

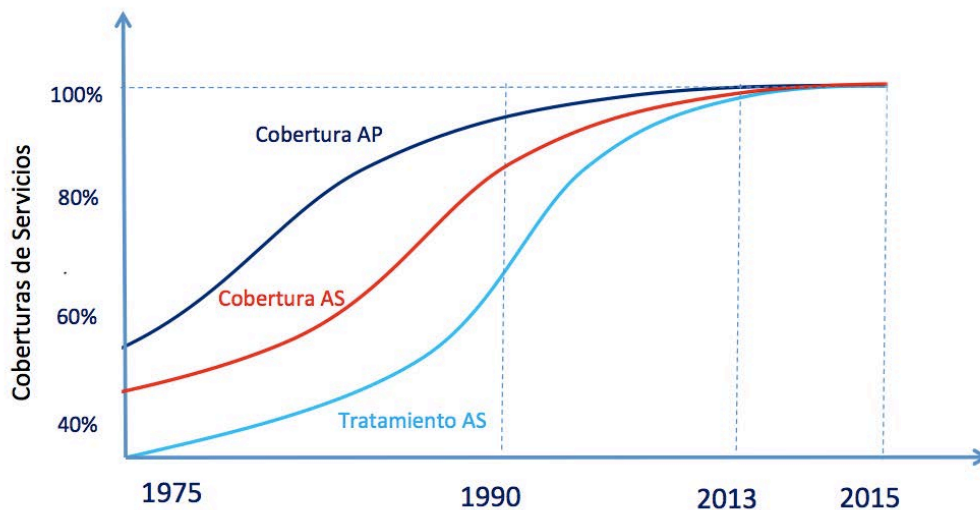


Figura 5. Evolución de la cobertura de agua potable, aguas servidas y tratamiento de aguas servidas en Chile (Bruna, 2016).

El nuevo escenario y sus desafíos

Para determinar los desafíos del sector y cómo hacer sustentable el modelo, es necesario conocer el escenario y las condiciones que se van a enfrentar en los próximos años, muchas de las cuales están relacionadas con la sustentabilidad en sus tres ejes: ambiental, social y económico. Estas condiciones son:

- Cambio climático.
- Escasez de recursos hídricos.
- Mayor demanda por el recurso hídrico, por parte de la minería, de la agricultura y de la población urbana y rural.
- Institucionalidad compleja, lo cual dificulta la administración y manejo de los recursos.
- Ocurrencia de desastres naturales y emergencias.
- Proyectos de ley que afectan al sector, generando incertidumbre en la inversión y en qué se va a hacer más adelante.

-
- Crecimiento de las ciudades, lo cual impacta en los costos del servicio por la necesidad de extender las redes.
 - Madurez de la industria, ya que los ingresos regulados llegaron a su tope y no se ha planificado un crecimiento de los servicios en el corto plazo.
 - Poca innovación tecnológica de la industria.
 - Redes sociales y nuevas formas de comunicación, como medio para entregarle buena información a los ciudadanos.
 - Mayor empoderamiento ciudadano ya que se necesita dar a conocer el servicio, involucrar a la ciudadanía y dar legitimidad a las políticas.
 - Existencia de una crisis de confianza hacia la política, lo que dificulta la aplicación de políticas públicas.

A partir de estas condiciones, surgen una serie de desafíos para el sector (entre otros):

- Mejorar la atención al cliente.
- Generar un sistema más resiliente para asegurar el abastecimiento disminuyendo así el riesgo.
- Desarrollar y reponer la infraestructura.
- Ampliar la capacidad de tratamiento de aguas servidas.
- Incrementar los ingresos regulados.
- Aumentar la participación ciudadana.
- Construcción de embalses.
- Mejorar la gestión del riesgo.

-
- Aumentar la transparencia de los precios y su fijación.
 - Afrontar el cambio climático.
 - Incorporar las aguas lluvias y mixtas al sistema.

Los problemas de hoy

A pesar de los buenos indicadores del sector sanitario en relación a los datos de cobertura de agua potable y aguas servidas; existe un descontento en la población, evidenciado en una disminución en la satisfacción de los usuarios de un 40% en 2008 a un 20% en 2015. A la ciudadanía le interesa que el servicio sea continuo y de calidad, que no haya olores molestos cerca de su hogar y que los precios y cobros estén correctos. Sin embargo, los 8700 cortes no anunciados que ocurrieron el año 2015; los problemas de calidad de agua y su falta de comunicación han afectado negativamente a la percepción de la comunidad sobre el sector sanitario. Y surge la pregunta: ¿es posible pensar en los problemas a futuro si no tenemos resueltos los problemas de hoy?

En la actualidad, el desafío principal del regulador del sector sanitario es procurar que las empresas provean servicios de calidad, con continuidad y a precios justos, y que esto sea percibido así por los ciudadanos. Para esto es importante minimizar los cortes no anunciados y los problemas de calidad de agua potable, y aumentar la participación de la ciudadanía en los procesos del sector, mejorar los canales y plataformas de denuncia, y mejorar la respuesta de las ciudades y ciudadanos a las emergencias. Sin embargo, mostrar y priorizar las urgencias del presente no implican que no se esté mirando a futuro y pensando en los otros desafíos que quedan por delante.

III. Desafíos y propuestas en la gestión de aguas lluvias

Rodrigo Mansilla, Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), Ministerio de Obras Públicas (MOP)

La gestión de aguas lluvias

La ley 19.525, que regula los sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias, establece la tuición y responsabilidad de las aguas lluvias en el país tanto al MOP como al MINVU, mediante la distinción entre red primaria y secundaria. La red secundaria, bajo tuición del MINVU, recolecta las aguas lluvias domiciliarias, llevándolas a la red primaria, bajo tuición del MOP, que las evacúa a la red natural (Figura 6). La definición de la red primaria está a cargo del MOP, mediante la elaboración de planes maestros, de los que existen 39 actualmente, cubriendo 124 localidades, mientras que 3 se encuentran en desarrollo y 3 se licitarán prontamente.

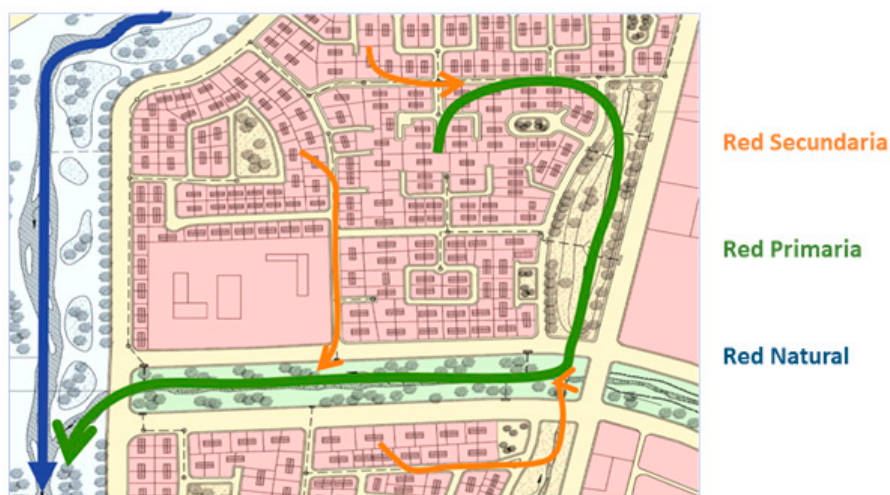


Figura 6. Esquema de las redes de drenaje de aguas lluvia en Chile (Mansilla, 2016).

El trabajo de la DOH ha cambiado desde una gestión orientada a la construcción de infraestructura hacia una gestión orientada a entregar un servicio de evacuación de aguas lluvias de calidad. Bajo este cambio de paradigma surge el Manual de Drenaje Urbano, que pretende entregar los lineamientos respecto a las aguas lluvias, incluyendo las políticas y estándares de servicio, la planificación, diseño y construcción de obras de drenaje, y su operación y conservación. Mientras se transita de un paradigma a otro, la DOH ha trabajado recientemente en la construcción y mejoramiento de infraestructura, con trabajos realizándose en Valparaíso, Linares, Talcahuano, Santiago y otras ciudades de Chile.

Los desafíos en el manejo de aguas lluvias

El principal desafío de la DOH es que no existan daños ni a las viviendas ni a las personas, de modo que no se busca un sistema evacuador perfecto en que cada gota que cae se evacúa inmediatamente a un sumidero.

Un segundo desafío es pasar de un paradigma en donde las aguas lluvias son evacuadas de la forma más rápida posible a uno donde se busca regular y contener la escorrentía. Este cambio de visión permite disminuir tanto los caudales máximos como los volúmenes de escorrentía, lo que tiene como efecto una disminución de los montos de inversión y la promoción de la infiltración y recarga las napas. Por otra parte, este mayor control in-situ permite disponer de aguas lluvias para el riego de áreas verdes.

Un tercer desafío es mantener un Sistema de Información Geográfica (SIG) que identifique y georreferencie la infraestructura de drenaje urbano, de modo de mejorar su gestión, facilitar su mantenimiento y optimizar el uso de los recursos. Este SIG se transformaría en una referencia esencial para el trabajo de consultores, así como para la ciudadanía en general.

Finalmente, el último desafío es que la infraestructura no sea solo de recolección y evacuación de aguas lluvias, sino que pueda tener usos alternativos. Como ejemplo destacan el Parque Víctor Jara, que realmente es un elemento evacuador de aguas lluvias pero que tiene elementos propios de un parque como son la vegetación, ciclovías e iluminación, y el Parque Inundable de Agostini en Punta Arenas, que tiene pequeñas lagunas que se congelan en invierno y sirven como pistas de patinaje.

IV. Sustentabilidad hídrica: una mirada desde la sociedad civil

Ximena Abogabir, Fundación Casa de la Paz

Breve introducción a la Fundación Casa de la Paz

Cuando la Fundación Casa de La Paz cumplió 25 años, 8 años atrás, se escribió un libro con la historia de la fundación. En los documentos de los años 80 se planteaban las posibles problemáticas futuras y se advertía que, de mantenerse las tendencias existentes, "...se desertificarán las tierras y se contaminarán las aguas, se extinguirán las especies, aumentará la temperatura...". Y esa es la situación que tenemos hoy: se derriten los glaciares, se erosionan las tierras, etc. Es decir, sobre temas de sustentabilidad en 25 años dejamos de hablar en tiempo futuro para pasar a expresarnos en tiempo presente... y esperamos que no necesitemos hacerlo en tiempo pasado.

La Casa de la Paz nació hace 33 años como iniciativa de una ciudadanía consciente y empoderada en un contexto de guerra fría y de ausencia de democracia en América Latina. Hoy en día lo llamamos educación para la ciudadanía global, que incentiva el "pensar global, actuar local". El tema hídrico es un tema global. La geografía en Chile condiciona al país frente a amenazas que se han convertido en caso de estudio para el resto del mundo. Un ejemplo es la ciudad de Copiapó, que se encuentra en observación por parte de numerosas universidades debido al estrés hídrico brutal que sufre. A medida que el cambio climático siga avanzando, cada vez serán más las ciudades que vendrán a aprender de la triste y célebre experiencia de Copiapó.

El estrés hídrico como problema urbano

El estrés hídrico habitualmente nos evoca a los campesinos, la agricultura de subsistencia, los animales muriéndose de sed; pero también es un tema urbano. Un estudio realizado por The Nature Conservancy clasificó a la cuenca de Santiago como una de las regiones con mayor riesgo hídrico de América Latina por el cambio climático; entendiendo que la cuenca del Maipo abastece el 80% del agua potable consumida en la Región Metropolitana y que aproximadamente 1% del hábitat está bajo protección formal.

Para el año 2070 la cuenca del Maipo se enfrentará a una reducción del 40% de su balance hídrico, entendiendo éste como la relación entre lo que se extrae de una cuenca y lo que se repone. Según el mencionado estudio, si se aumentara la vegetación en un 3% y se implementan los Planes de Conservación necesarios, de aquí a 15 años se podría reducir el sedimento en las aguas en un 25%. Necesitamos tomar urgentes medidas respecto esta situación, medidas que no son sencillas ni rápidas y, por lo tanto, hay que empezar ahora.

A modo de ejemplo, en el ya mencionado caso emblemático de Copiapó, una de las ciudades con mayor estrés hídrico del planeta, los derechos de agua otorgados son tres veces superiores a la certeza hídrica. A pesar de que esta situación es conocida hace tiempo, solo en 1992 se “cerró la cuenca” y no se siguieron otorgando derechos de agua. Anualmente se extraen aproximadamente 7000 L/s cuando la recarga anual del acuífero es de 4500 L/s. El problema continúa actualmente y cada vez la situación es más grave.

Rara vez el río Copiapó llega efectivamente al mar, asociado a grandes lluvias (a modo de ejemplo 1997 y 2015). En ese contexto, existe una brutal competencia entre el uso humano, la minería y la agricultura.

Una actividad creciente en la cuenca del río Copiapó es la minería. Actualmente hay 60 explotaciones mineras en curso y en ampliación, generando un problema que no se resolverá por sí sólo. Por su parte, el 70% de las 10000 Ha cultivadas corresponden a uvas de exportación. Cada uno de esos granos de uva que se vende y exporta corresponde a la venta del agua desde un lugar de grave estrés hídrico. Para agravar la situación, los proyectos agrícolas y agropecuarios no requieren contar con estudios previos de impacto ambiental, por lo que la autoridad no cuenta con una instancia formal para analizarlos y, de ser pertinente, exigir su modificación o rechazarlos.

La SISS advertía años antes que “la napa freática sigue disminuyendo y sin una salida inmediata, la región no va a tener agua para el consumo humano en dos a tres años más”. La solución obvia que se propone, la desalinización, implica un problema económico enorme porque triplicará el precio del agua, lo que puede afectar especialmente a los grupos más vulnerables.

En síntesis, enfrentamos una crónica de una muerte anunciada. Se puede pretender ignorar el tema, pero dado que ya se cuenta con suficiente información, ahora somos responsables por las malas decisiones.

Para resolver los problemas de la sustentabilidad hídrica hay que entender sus principales desafíos. Hoy aludiremos a cuatro temas: (1) la institucionalidad, (2) la complejidad de la gestión, (3) la necesidad de información, entendiendo la falta de información como un obstáculo para el desarrollo y para su solución, y finalmente (4) el cambio cultural. A menos que se cambien las actitudes y los hábitos de cada uno de nosotros, este problema no es solucionable ni por la autoridad ni por una empresa privada ni por nadie.

Desafíos institucionales

Uno de los principales desafíos es coordinar los esfuerzos en gestión de recursos hídricos (Tabla 1). Hoy en día existen 42 reparticiones públicas con autoridad en el tema

hídrico que prácticamente no se comunican entre ellas ni comparten información, incluso al interior de las mismas, por lo que claramente hay que realizar urgentes cambios en la institucionalidad. Una de las propuestas, mencionada por la OCDE, es la creación de una Subsecretaría de Recursos Hídricos, posiblemente bajo la tuición del MOP. Es importante que se cree esta repartición y que cuente con un comité intersectorial, ya que la gestión de recursos hídricos no es sólo un asunto de infraestructura, tampoco meramente productivo o ambiental, sino que aborda una gran diversidad de variables por lo que necesita como eje base la intersectorialidad.

Por otro lado, uno de los desafíos institucionales de prioridad es una pronta tramitación de indispensables modificaciones al Código de Aguas, para evitar la incertidumbre jurídica, política y técnica. Existe consenso sobre la necesidad de avanzar y en octubre del 2016 (semana del seminario), la tramitación del cuerpo legal salió de la Comisión de Recursos Hídricos, Desertificación y Sequía a la Comisión de Hacienda. Se están generando avances, pero no con la prontitud que el país necesita.

Otro desafío es la necesidad de robustecer la nueva institucionalidad para la protección de glaciares, bofedales, humedales, estuarios y acuíferos. Como sociedad tenemos un profundo desconocimiento sobre los sistemas hídricos, su valorización y su necesidad de ser protegidos. Por ejemplo, los que visitan el norte del país, a menudo consideran que un lugar es un “peladero”, cuando lo que existe allí es un bofedal.

Por último, existe una necesidad de expandir la normativa respecto a acelerar la posibilidad de utilizar las aguas grises, reutilizar los lodos de las plantas de tratamiento y medir y controlar contaminantes emergentes. Por ejemplo, no consideramos el impacto de los antibióticos, productos que hoy se utilizan en prácticamente en todos los hogares, y que están apareciendo en los ecosistemas, afectando la salud y la biodiversidad existente en los cursos de agua.

Desafíos de gestión: gobernanza participativa

Para resolver los desafíos hídricos requerimos utilizar un enfoque sistémico, incluyendo todos los instrumentos de cambio disponibles: normativas, tecnologías, instrumentos financieros, políticas públicas, educación y cambios culturales, lo que implica un proceso mucho más complejo, porque es intersectorial y participativo. En cada cuenca están presentes muchos actores, con los más diversos intereses; sin embargo, es indispensable acordar un modelo de gestión único para la cuenca.

Históricamente, los agricultores siempre han distribuido las aguas de las cuencas, ya sea de buena o mala forma, y han logrado superar las crisis hídricas. El principal incentivo de los agricultores para ponerse de acuerdo es que el Estado no intervenga para regularlos, porque entre ellos logran entenderse y tomar decisiones con la urgencia requerida. Decisiones sobre la distribución del agua no puede esperar un largo debate o que se redacte un documento,

porque es un recurso que se utiliza todos los días.

Uno de los desafíos del presente es ampliar la experiencia de los usuarios tradicionales a los otros usuarios y sus intereses, tales como el turismo, los ecosistemas, las próximas generaciones, considerando que cada cuenca tiene su particularidad y sus énfasis, por lo que los acuerdos que se logren van a ser diferentes entre las distintas cuencas.

Una de las dificultades adicionales sobre la gestión integrada de las cuencas hídricas es que actualmente se trabaja en la incertidumbre, porque nos movemos en un escenario de alta incertidumbre; nadie sabe lo que son los impactos antrópicos en los ecosistemas, ni los impactos del cambio climático, la evolución demográfica, las nuevas tecnologías. Lo único que podemos saber es que probablemente las cosas van a ser muy distintas de cómo son hoy y de cómo las estamos imaginando. El antídoto contra esa incertidumbre es explicitar y atender los diversos intereses en discusión, ya que en la medida que todos los actores relevantes dialoguen, tendrán más posibilidades de lograr un acuerdo sustentable.

El siguiente desafío es incorporar una gestión adaptativa. Puede que nos hayamos puesto de acuerdo dentro de un territorio y un contexto determinado, pero es necesario que cuando aparezcan nueva información, nuevos actores, nuevos usos y, por lo tanto, nuevos conflictos, se pueda responder ante ellos y tomar nuevas decisiones.

Finalmente, otra complejidad, es que hasta ahora en nuestra legislación y en nuestras prácticas, los ríos se encuentran formalmente divididos en secciones, lo que impide un análisis integrado de la cuenca. Asimismo, se observa que la gestión de las aguas subterráneas es independiente de la gestión de las aguas superficiales, a pesar de la evidente interconexión de ambos sistemas. Tenemos que aprender a asumir esta nueva complejidad.

Desafíos de información

Los desafíos de información se resumen en la palabra “falta”: falta de información integrada, transparente, accesible, oportuna. Sin buena información es imposible que se tomen buenas decisiones y esa decisión no va a tener legitimidad social. Para obtener credibilidad y tomar buenas decisiones como sociedad se necesita tener información disponible, confiable, con la cual se puedan poner todos los intereses sobre la mesa y se pueda tomar una decisión con la que todos puedan convivir.

Desafíos de cambio cultural

En cuanto a los desafíos de cambio cultural, tenemos que dejar de esperar a que llueva. No podemos estar confiando en que llueva, porque cada vez las lluvias van a ser más intensas y más espaciadas; mientras que las sequías y las inundaciones van a ser cada vez más frecuentes y más intensas. Tenemos que anticiparnos a esta situación, asumir que

va a ocurrir y ponernos en el peor de los escenarios. Desde la perspectiva de cada uno, como ser humano como habitantes de una ciudad o como persona que toma decisiones a nivel público-privado, hay que entender cuál es la responsabilidad de cada uno y también poder entender que el impacto acumulativo es el que genera el desastre, o el que permite mejorar nuestra situación. Si cada uno de nosotros es riguroso y hace mucho más de lo que se espera de él, el impacto global es importante.

Acciones propuestas: ámbito institucional

En relación a las acciones propuestas en el ámbito institucional, un ejemplo a seguir es el sector de energía. La política energética, algo fundamental para el desarrollo sustentable, se discutía en los años 90 y parecía imposible avanzar con la celeridad requerida. La Presidenta Bachelet nombró a un Ministro de Energía con capacidad de profundo y positivo avance. En la última licitación de energía fue tanta la oferta de energía renovable no convencional que bajó el precio a tal punto de dejar muchas empresas inviables. En tres años, se logró que el país cuente con: 1) una meta al 2050, 2) una hoja de ruta con medidas de corto, mediano y largo plazo, 3) nueva normativa. Hay sólo una cosa que está pendiente que es la ley de asociatividad, es decir, cómo nos ponemos de acuerdo como sociedad. El proceso vivido en el sector energético demuestra que para impulsar los cambios en la institucionalidad se debe tener voluntad, decisión, capacidad de gestión y de construcción de acuerdos.

Otro tema que parecía imposible de acordar era una pirámide de priorización en el uso del espacio vial. La Casa de la Paz ha trabajado con el Intendente de la Región Metropolitana, Claudio Orrego, en el proyecto Alameda Providencia, bajo la aplicación de la pirámide de priorización del uso público: peatón, ciclista, transporte público, autos, motos. Éste acuerdo de priorización ha permitido ordenar y fluidizar todos los procesos.

En el caso del tema hídrico debiésemos acordar que el uso prioritario sean los ecosistemas, porque si estos se destruyen se afecta todo hacia abajo. A continuación se debe priorizar el uso humano, después la agricultura de subsistencia y a continuación los demás usos productivos.

Un tercer tema es contemplar un Consejo Ministerial Intersectorial incluyendo al Ministerio de Educación, porque si queremos un cambio cultural necesitamos al Ministerio de Educación plantando la semilla en los más pequeños.

También es indispensable reconocer el agua como bien nacional de uso público, incluyendo los glaciares, porque son los que permiten la regulación del sistema hídrico de la cuenca. Y si se permite la apropiación de los glaciares, lo que se está haciendo es vender los recursos dos veces porque esa agua después tiene una asignación. Por lo tanto, tenemos

que proteger los glaciares por dos razones: porque regulan el sistema hídrico liberando el agua en los momentos que más necesitamos, y porque además esa agua ya pertenece a alguien. Finalmente, hay que reconocer la cuenca como una unidad territorial para la toma de decisiones.

Acciones propuestas: ámbito de gestión

En el caso del ámbito de gestión, es importante contar con mecanismos de gobernanza y de resolución de conflictos, que permitan abordar la competencia creciente ante los usos múltiples e interdependientes ante una oferta variable. Necesitamos un sistema de gobernanza que nos permita construir confianza entre los distintos actores sociales y fortalecer las organizaciones de usuarios. Además, se debe priorizar las acciones de prevención y mitigación a través de incentivos y sanciones que aborden los temas de la cantidad y la calidad, aumentar la infraestructura gris/verde, identificar los riesgos de aluviones, inundaciones, elevaciones del nivel del mar, reforestar las cuencas de cabecera y los bordes de los cursos de agua, estudiar y regular los contaminantes y aumentar la capacidad de los sistemas a través de los distintos mecanismos que tenemos disponibles.

Acciones propuestas: ámbito de la información

En el ámbito de información, hay que mejorar la cantidad y la calidad de la información disponible. Se necesita contar con un catastro público de derechos de aguas otorgados y consolidar la gran cantidad de líneas de base que se han hecho en distintos estudios y ponerlas a disposición de todos los actores. Existen los estudios, los conocimientos, la información, pero disgregados y no acumulativos. Se debe también crear mapas con las particularidades de cada cuenca con sus escenarios geográficos tan diversos, consolidar y completar la información disponible, estudiar los balances hídricos por cuenca, contar con herramientas de gestión expeditas de información en distintos temas e interconectar las distintas plataformas públicas y privadas que existen actualmente de tal manera que cualquier interesado pueda acceder fácilmente a la información que necesite para tomar decisiones confiables.

Acciones propuestas: ámbito cultural

Finalmente, necesitamos un cambio cultural de todos los actores, enfocado en el uso eficiente de los recursos, en generar una economía circular cruzada, entender que la responsabilidad es compartida y que cada uno tiene su rol desde el cual puede aportar a este cambio cultural.

Tabla 1. Desafíos y acciones propuestas por Casa de la Paz en gestión del recurso hídrico.

Desafíos		Acciones propuestas
Dispersión de atribuciones (42 autoridades distintas)	Institucionalidad	Definir política sostenida de largo plazo
Subsecretaría de Recursos Hídricos (MOP)		Acordar priorización de usos
Tramitación de la reforma al Código de Aguas		Consejo Ministerial Intersectorial incluido el Ministerio de Educación
Protección de glaciares, bofedales, humedales, estuarios y acuíferos		Reconocer agua como bien de uso público, evitar derechos otorgados dos veces
Expandir normativa (aguas grises, lodos Plantas de Tratamiento de Aguas (PTAS), contaminantes emergentes)		Reconocer cuenca como unidad territorial para la toma de decisiones, política pública y gestión de recursos humanos
Usos diferenciados según cuenca	Gestión (Gobernanza participativa)	Contar con mecanismos de gobernanza y resolución de conflictos por competencia de usos
Desconocimiento de los reales impactos antrópicos en los ecosistemas		Fortalecer organizaciones de usuarios
Interconectividad de la cuenca		Priorizar acciones de prevención y mitigación a través de incentivos y sanciones
Falta de información integrada, transparente, accesible y oportuna	Información	Mejorar calidad y cantidad de información
		Catastro público de derechos de aguas otorgados
		Consolidar líneas de base de Estudios de Impacto Ambiental
		Mapear particularidades de cuencas
		Balances hídricos por cuencas
		Interconectar diferentes plataformas públicas y privadas
Anticiparse al creciente stress hídrico mediante un cambio cultural hacia uso eficiente	Cambio cultural	Cambio cultural de todos los actores
Evidenciar impacto acumulativo de opciones individuales		Ministerio de Educación actor prioritario, incluyendo Consejo Intersectorial

V. Instrumentos de gestión: humedales urbanos y normas de calidad

Paula Díaz, División de Recursos Naturales y Biodiversidad, Ministerio de Medio Ambiente (MMA)⁸

El Ministerio de Medio Ambiente y el Departamento de Conservación de Ecosistemas Acuáticos

El MMA, a través de su División de Recursos Naturales y Biodiversidad, entiende y aborda el agua desde dos dimensiones; cantidad y calidad. Es de vital importancia comprenderlo de esta manera, es decir, restricciones en un cuerpo de agua en cuanto a la disponibilidad, efecto muy relacionado con el cambio climático; pero también con la calidad del agua, ya que distintos usos requieren calidades distintas. Por eso el Ministerio se encuentra trabajando en 8 normas de calidad, que son los instrumentos de gestión que posee.

Por otro lado, también se entiende el agua como parte del ecosistema, que interactúa con los seres humanos, con los gases del efecto invernadero, la vegetación, microorganismos y peces, y no solamente lo que se observa sino también lo que sustenta todo el ecosistema. Este es un tema complejo que se trata de abordar, en el MMA, de la mejor forma.

Basándose en estos lineamientos generales, la División de Recursos Naturales y Biodiversidad tiene dos grandes líneas relacionadas con ecosistemas acuáticos: la conservación de los sistemas acuáticos, y por otro lado, la gestión sustentable del recurso hídrico. Algunos temas importantes en conservación son la consolidación de programas de monitoreo y seguimiento ambiental, la determinación de bienes y servicios ecosistémicos de los distintos ecosistemas acuáticos y el cumplimiento de los compromisos internacionales como, por ejemplo, la convención RAMSAR que Chile suscribió en el año 1981.

En relación a la gestión del recurso hídrico, el MMA se focaliza principalmente en el desarrollo de instrumentos de gestión ambiental y particularmente en las normas de calidad y emisión que rigen al medio hídrico, en lo que se invierte gran parte del presupuesto y tiempo del Departamento (Tabla 2).

8 Actualizado 2018, única ponencia actualizada.

Tabla 2. Labores de la división de Recursos Naturales en relación con la Conservación de los Ecosistemas Acuáticos.

Conservación de Ecosistemas Acuáticos	Gestión Sustentable de Recurso Hídrico
Consolidación Programas de monitoreo y seguimiento ambiental en Áreas de Relevancia Ecológica.	Desarrollo de estudios que sustenten el diseño de calidad ambiental.
Administración del Inventario Nacional de Humedales y de su Plataforma Digital.	Revisión continúa del programa de Normas Secundarias de Calidad de Agua (NSCA).
Determinación de Servicios Ambientales de Ecosistemas Acuáticos (personas y actividades económicas).	Coordinación del Comité Operativo de Normas, cuando corresponda.
Consideración de elementos estratégicos para la gestión de ecosistemas acuáticos: cabeceras de cuencas, caudal ecológico, contaminación difusa.	Elaboración de la elaboración de Anteproyectos de Normas.
Cumplimiento de obligaciones y compromisos internacionales.	

Los humedales: proveedores de servicios ecosistémicos

En términos de conservación de los ecosistemas acuáticos, la unidad funcional y estructural que interesa es el humedal. El humedal se debe entender como un sistema saturado de agua, pero que abarca distintos tipos de ecosistemas, dentro de los que se incluyen lagos, ríos, acuíferos, pantanos, marismas, pastizales, turberas, oasis, estuarios (abandonados en términos de normativa y protección), deltas y bajas de marea, manglares y otras zonas costeras. No todos estos ecosistemas están presentes en Chile, pero sí existe una gran diversidad de ecosistemas con nombres locales. Para el MMA son un objeto de observación muy importante.

La importancia de los humedales es que nos proporcionan servicios y bienes ecosistémicos, algo que antes en ecología se aborda como estructura de función de los ecosistemas. Básicamente, los humedales nos proporcionan materiales (alimento y agua para beber), regulan el clima, protegen la biodiversidad, purifican las aguas a través de la remoción de cargas naturales y antropogénicas, entre otros. Existen humedales que se llaman “urbanos”, es decir, aquellos que están incluidos dentro de la planificación territorial de una ciudad, los cuales deben ser concebidos de una manera distinta, porque la comunidad interactúa con ellos directamente.

Además de los servicios mencionados anteriormente, los humedales pueden generar sistemas de regulación de impacto. Por ejemplo, el humedal Rocuant Andalién en Talcahuano tuvo un efecto amortiguador del tsunami del año 2010. La zona norte de la bahía de Concepción fue impactada por el tsunami de febrero de 2010, pero en la zona del humedal se produjo una disminución de los impactos en términos de destrucción de casas y pérdida de vidas humanas. Otro servicio ecosistémico importante es que los humedales aportan al ciclo de nutrientes. Por ejemplo, la desembocadura del río Biobío arrastra biomasa, nutrientes y sedimentos hacia el mar, lo que permite la regularización de las cuencas. Los humedales también proveen servicios no materiales, desde el punto de vista religioso hasta actividades tradicionales como la pesca y el turismo, e incluso actividades de recreación como el avistamiento de aves.

Sin embargo, los humedales que están en la ciudad reciben una gran presión, que tiene que ver con temas globales (como el cambio climático), como las actividades urbanas, los cambios demográficos que se producen, el cómo se planifica el desarrollo urbano y la concentración de población en torno a estos humedales. Otro aspecto a considerar son la zona de drenaje de los humedales y el impacto de la contaminación. Los servicios ecosistémicos pueden verse seriamente afectados por el drenaje de los humedales, ya que algunos los consideran sitios inundados que no permiten la urbanización. La contaminación por residuos industriales líquidos (RILes) también puede afectar los humedales; sin embargo, existen normativas que regulan la contaminación mencionada y, aunque no siempre se cumplen, se está trabajando fuertemente en el tema de la fiscalización a través de la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA). También está la contaminación por aguas de origen doméstico (aguas grises), que muchas veces cumplen las normativas, pero están exentas de regulación sanitaria, lo que provoca un deterioro de los humedales producto de las altas concentraciones de carga orgánica, bacteriana o de nutrientes. La contaminación por basura también puede afectar los servicios ecosistémicos por pérdida de hábitat, pérdida de belleza escénica y pérdida de biodiversidad en general. Otro tema relevante para Chile es el de los drenajes ácidos de roca, importantes en toda la zona cordillera del país, debido a la geología del territorio. Estos drenajes pueden afectar seriamente las características de los humedales.

Todas estas presiones pueden generar una pérdida de los servicios ecosistémicos, y por esto las comunidades asociadas a los humedales son muy activas en su protección. En Coquimbo, por ejemplo, existen cuatro acciones importantes, entre las que se encuentran la instalación de letreros y charlas educativas, para proteger el humedal.

Otro ejemplo de organización ciudadana en torno a humedales es el ejemplo del lago Vichuquén, donde hubo un florecimiento de algas tóxicas, lo que afectó la reserva natural Laguna Torca y el estero Llico. A través de mesas de trabajo con la comunidad se propuso un protocolo de manejo de la barra que separa el estuario del lago, un protocolo de conservación del lago Vichuquén y un protocolo de monitoreo de la Laguna Torca, mediante acuerdos que se lograron en plazos de 5 años.

Protección de humedales: las Normas Secundarias de Calidad Ambiental

Existen diferentes normas ambientales que impactan a los humedales. Dentro de las normas hídricas están las normas de calidad primarias y secundarias. Las normas primarias tienen que ver con la salud de las personas y son las normas de agua potable y contacto directo para el baño; y las normas secundarias son las que tienen que ver con la conservación de los ecosistemas acuáticos, que controlan los niveles en el cuerpo de agua. Esto último las diferencia de las normas de emisión, que controlan la fuente, es decir, el parámetro se mide en el ducto emisor.

El proceso de dictación de una norma se inicia con la elaboración de un anteproyecto, el que es sometido a consulta pública, donde se informa y pregunta a todos los actores involucrados (empresas, comunidades y otros servicios). Luego se elabora el proyecto definitivo, el que tiene prelación para su examen en el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad. El proyecto así aprobado es contenido en un Decreto Supremo, el cual es examinado en cuanto a su legalidad por la Contraloría General de la República. Tomado razón, el decreto es promulgado y publicado en el Diario Oficial. Es un proceso que en el papel toma dos años, pero que en la práctica demora más dada su complejidad (Figura 7).

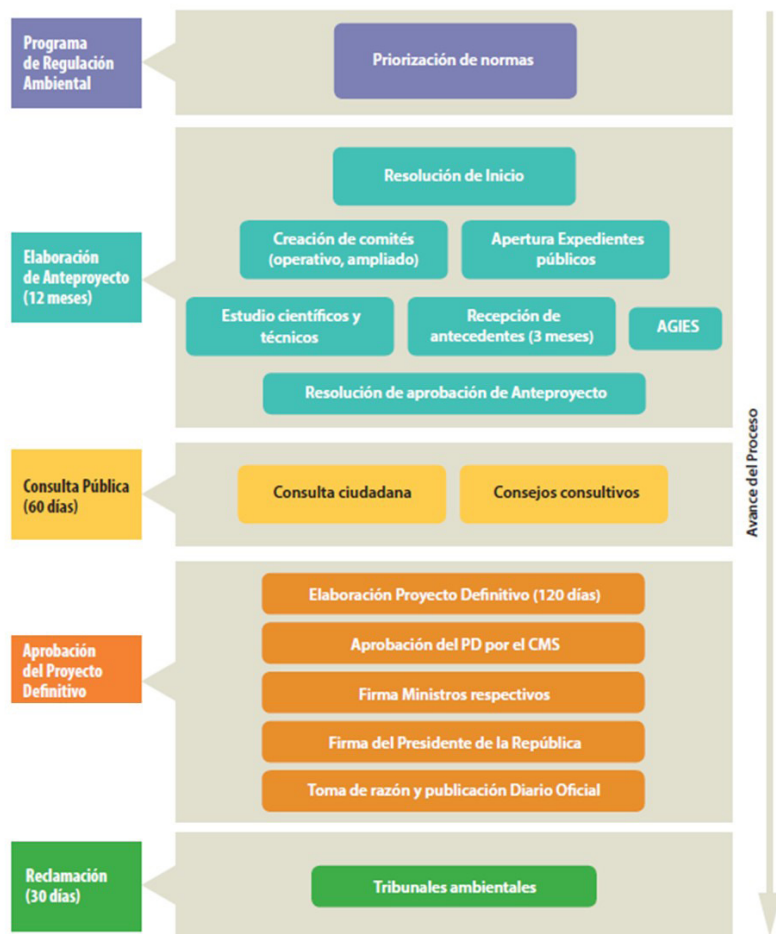


Figura 7. Proceso de dictación de normas de calidad del agua en Chile (MMA, 2017).

Para establecer una norma secundaria se debe definir una unidad territorial, en este caso la cuenca, y para poder definir los valores correspondientes, se deben identificar las particularidades de la cuenca. Se definen las áreas de vigilancia, que son sub-cuencas en las cuales se va a exigir determinados valores y niveles para los distintos parámetros. Estas áreas de vigilancia se definen considerando todos los objetos que tiene la cuenca; por ejemplo, si hay especies con alguna figura de protección, si hay sitios prioritarios dentro de la cuenca, si hay actividades económicas, entre otros. Se superpone toda esta información y se analiza lo que es posible exigir, qué queremos conservar y qué queremos mejorar.

Al definir las normas secundarias, las áreas de vigilancia y los límites de parámetros, no solamente pensamos en los objetos de conservación ecológica, sino que también en los servicios que presta la cuenca. Por ejemplo, en el caso del río Biobío sus aguas abastecen el 80% del agua potable de la región. Allí también existen intereses de comunidades indígenas con usos culturales distintos. La vigilancia y los parámetros también se determinan en función de esos servicios ecosistémicos que tiene la cuenca.

Finalmente, en las normas se generan “Tablas de Calidad” o “Clases”, donde se define que en la cuenca hay determinados niveles para cada parámetro que le otorga distintas clases: clase excelente, sectores casi prístinos de la cuenca, clase buena, en donde hay un mayor desarrollo de la biodiversidad, y una clase regular, mala o muy mala, que es donde ya tenemos alteraciones. A partir de esta tabla y del estado actual de cada área de vigilancia se determinan los objetivos para cada zona.

En Chile actualmente hay 6 normas secundarias vigentes por medio de Decreto Supremo: Río Maipo, Lago Villarrica, Lago Llanquihue, Río Serrano, Río Valdivia⁹ y Río Biobío. La norma del Lago Villarrica es una de las más antiguas, mientras que la norma del Río Valdivia incluye el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter, que es donde se produjo el problema de la muerte de los cisnes en 2004. En el río Biobío hay 7 especies en peligro de extinción y 7 en estado de vulnerabilidad. Una de las especies que está en peligro de extinción era el tollo, que tiene una distribución restringida a una parte de la cuenca del Biobío, que no existe en ninguna otra parte del planeta y, por lo tanto ahí claramente había que procurar la protección de esta especie, así como de la otras especies endémicas.

Red de Información de la Línea Base País

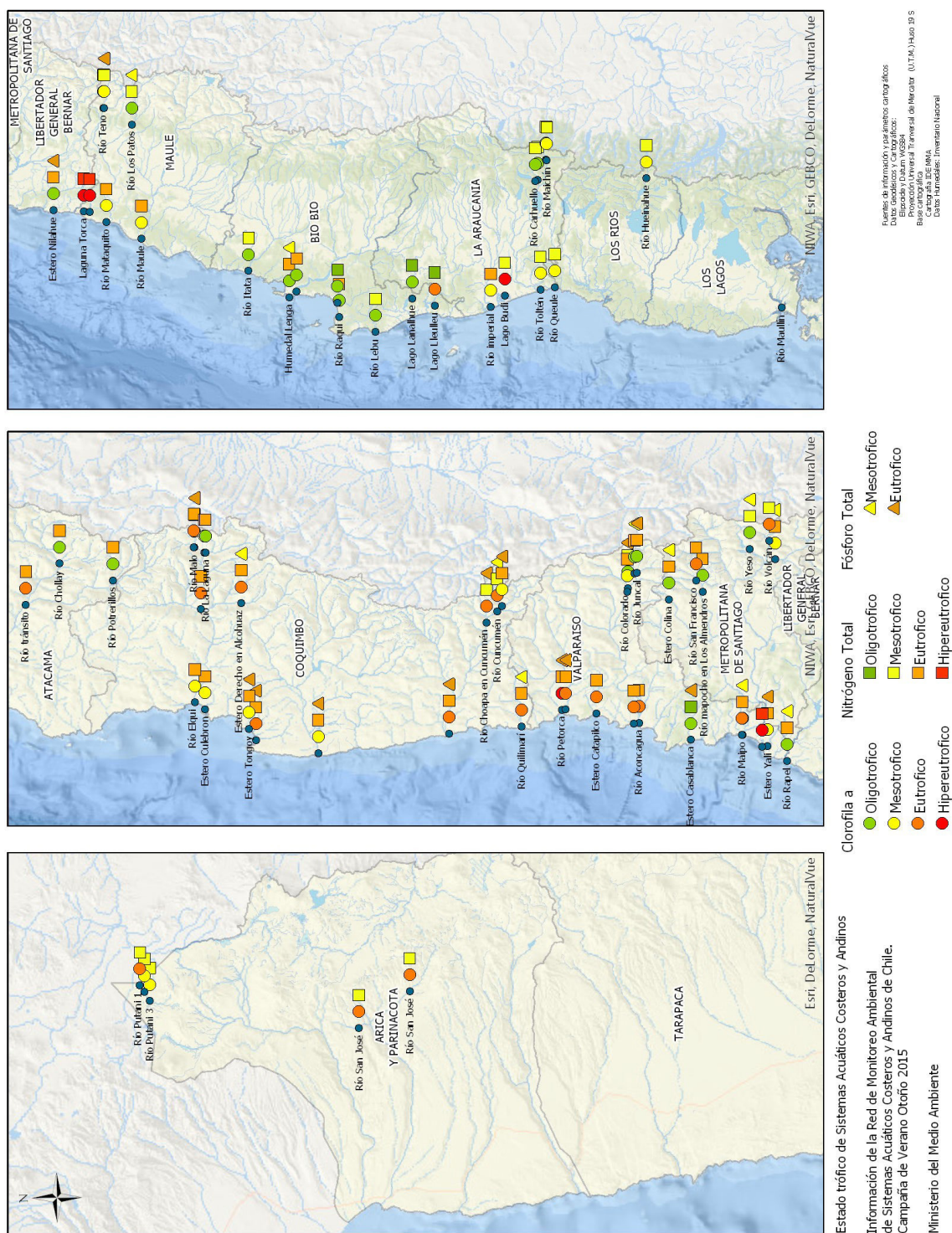
La existencia de una línea base a nivel país es sustancial para diseñar, tomar y ejecutar cualquier instrumento de gestión del MMA, por lo que dicho Ministerio necesita completar, en conjunto con las universidades e institutos de investigación, la Red de Información de la Línea Base País. El Ministerio se ha focalizado en las variables tróficas: fósforo, nitrógeno y clorofila, los que poseen índices conocidos internacionalmente y pueden definir la condición trófica de los sistemas (oligotrófico, mesotrófico o endotrófico), y dar una indicación de alerta a través de un sistema de semáforo. La Figura 8 muestra el detalle del estado trófico de los sistemas acuáticos costeros y andinos de Chile.

El análisis de línea base se realiza todos los años, efectuándose al menos un monitoreo que complementa la línea base que posee la DGA en relación a la calidad fisicoquímica de las aguas. Es decir, el énfasis está en estos parámetros donde la DGA no es tan fuerte. Esto permite el control de los nutrientes, los que son uno de los grandes problemas que existen actualmente, debido a que la fijación atmosférica y las fuentes urbanas antrópicas están generando una gran cantidad de nitrógeno que se está acumulando en océanos y otros cuerpos de agua.

Recomendaciones de la OCDE

La OCDE recomienda seguir expandiendo las normas de calidad de agua, recopilar y publicar datos de calidad de agua, mejorar las formas de medición del suelo, y proteger a los ecosistemas, con especial énfasis en los medios acuáticos. Estas son las tareas que la OCDE ve como prioridad y que el MMA ha tomado como hitos para trabajar.

9 A la fecha de la presente publicación esta norma secundaria no se encuentra vigente.



VI. El futuro de la energía

Ginger Sigmon, Centro para la Energía Sustentable, Universidad de Notre Dame, EE.UU.

Un mundo sin energía

Imaginen un mundo sin energía: ¿cómo sería su mundo?, ¿qué tipo de cosas vienen a su mente? Lo primero que se viene a la mente es ¿cómo habría llegado a este seminario? A menos que caminen o anden en bicicleta, las personas usan algún tipo de energía, tanto si toman el transporte público o usan un automóvil. Otras cosas que se vienen a la mente son la iluminación de esta habitación, la energía que necesita el proyector y los micrófonos que estamos usando.

Si nos trasladamos 500.000 años al pasado, estaríamos reunidos todos en una cueva en torno a una fogata para proveernos de luz y calor. Si avanzamos en el tiempo, en el siglo XIX, aparece la electricidad. Antes de esto, usaríamos velas para iluminar este cuarto. El primer alumbrado público aparece en Londres alrededor de 1820, la estación hidroeléctrica de Pearl Street Station en Nueva York funcionó por primera vez en 1882 y, finalmente vemos el marketing que se ha creado con las ampolletas fluorescentes desde 1980.

El costo de la energía ha disminuido muchísimo desde 1800 hasta el año 2000 (Figura 9). Por ejemplo, consideremos una ampolleta cuya potencia es de 100 W. El costo para electrificar esa ampolleta sería de alrededor de 0,1 centavos de dólar por hora. Si vemos todas las luces de la habitación, nos costaría alrededor de 20 o 30 centavos de dólar iluminarla. Pero si volviéramos al siglo XIX, nos hubiera costado 5 dólares mantener encendida cada una de estas ampolletas, por lo que estar en esta habitación tendría un costo de 100 dólares por hora, solamente por concepto de iluminación.

Otras aplicaciones con altos consumos energéticos son los diagnósticos médicos basados en técnicas de rayos X, escáner, etc. La calefacción y el aire acondicionado de casas y oficinas consumen mucha energía, así como muchas cosas de nuestra vida cotidiana. Los fármacos que consumimos requieren mucha energía para producirlos y también para transportarlos hasta nuestro alcance. Dispositivos que tenemos en casa como el lavavajillas, el calefón, por ejemplo, consumen energía. Cosas que miramos todos los días, como el celular, los computadores, la televisión, los videojuegos, la manufactura, también consume cantidades grandes de energía. Lo mismo ocurre con el tratamiento de agua sin el cual toda el agua usada no podría ser reprocesada y devuelta a los cuerpos de agua. Y por supuesto, no olvidemos ese partido nocturno en nuestro estadio de fútbol favorito.

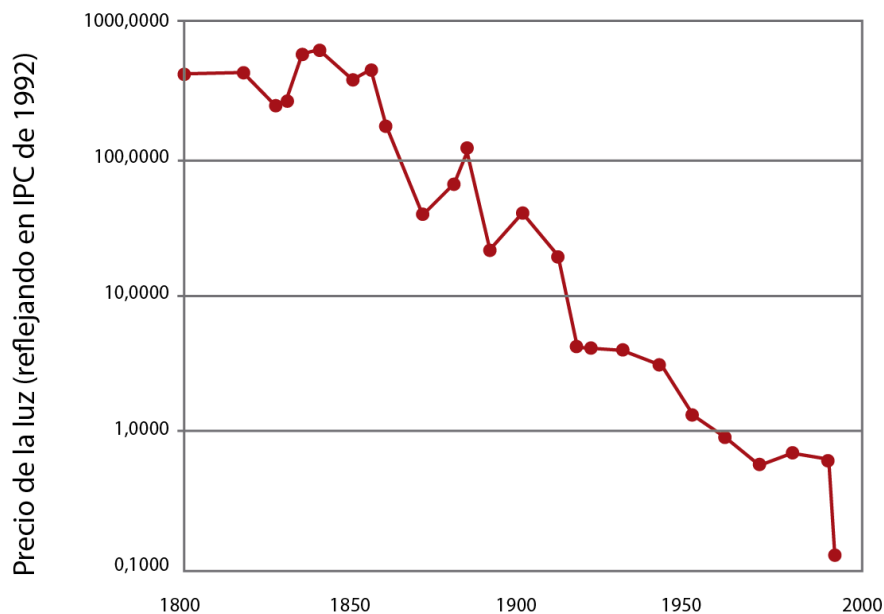


Figura 9. Evolución del precio de la luz (centavos de dólar por 1.000 lumen-horas)
(Elaborado por Jeannette Zarate en base a Nordhaus (1996)).

Cuatrocientos años de uso de energía en Estados Unidos

Las fuentes de electricidad han variado en el tiempo. Desde 1600 hasta 1800 tenemos nulo uso de electricidad o consumo de energía. A principios del siglo XIX se comenzó a utilizar leña para calentar los hogares, alrededor de 1850 apareció la generación eléctrica en base a carbón. Ya en el siglo XX comienza la energía hidroeléctrica a ser usada, también el petróleo y el gas natural, y no es hasta 1960 cuando se ve la aparición de la energía nuclear (Figura 10).

Durante todo este tiempo hay numerosas cosas que han sido inventadas: el motor a vapor en 1782, las ampolletas incandescentes y el motor de combustión de cuatro tiempos en 1870, o el primer sistema de línea de ferrocarril a mediados del siglo XIX. En 1935 se crea la Administración de Electrificación Rural, que trajo la luz eléctrica a todos los hogares de los Estados Unidos; y finalmente en 1956 aparece un sistema de Autopistas Interestatales.

Todas estas cosas fueron añadidas a nuestra historia mediante la energía. Aun así hoy dependemos todavía en un 80% de los combustibles fósiles. El problema es que el único modo de usarlos es quemarlos: así el gas natural, petróleo y carbón son quemados o combustionados para producir calor con el objeto de realizar algún tipo de trabajo, como por ejemplo calentar agua para producir vapor la que es usada en una planta de energía.

Pero el futuro debe ser muy diferente: tenemos que usar la radiación solar, agua, viento, energía geotérmica y biocombustibles para reducir el uso de combustibles fósiles, e ir por una conversión directa entre la energía y los combustibles, produciendo iguales cantidades de energía.

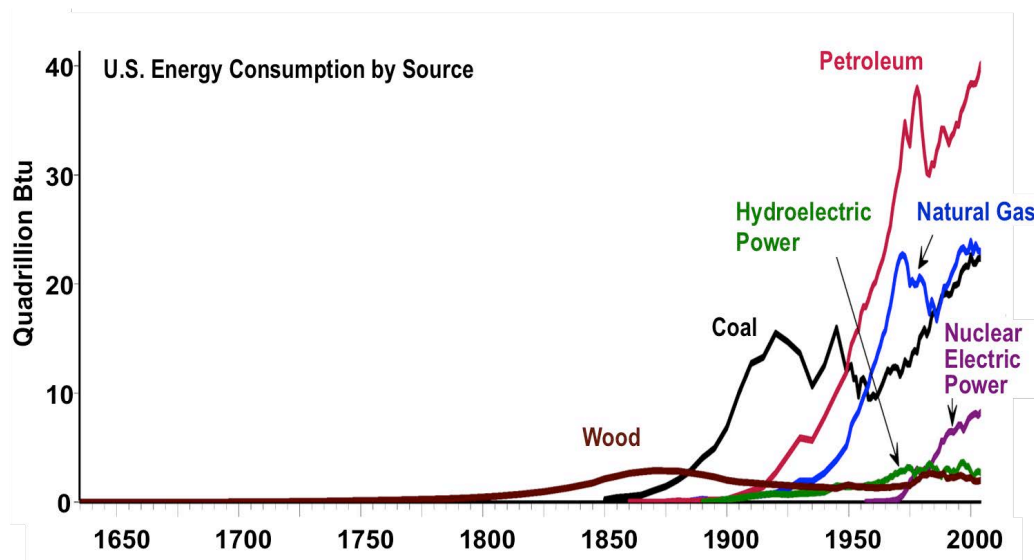


Figura 10. Consumo de energía en Estados Unidos por fuente (U.S. Energy Information Administration, 2013).

Fuentes de energía y sectores de consumo en Estados Unidos

El Diagrama de Sankey (Figura 11) permite ver las fuentes y usos de energía: a la izquierda se tienen las fuentes de energía que entran al sistema y a la derecha, dónde están siendo consumidas. USA consume 97 quads (1 quad = 1015 BTU), a la vez que importa, 29 quads y produce internamente 78 quads.

Un análisis más detallado de las distintas fuentes, la producción doméstica viene del carbón, gas natural, petróleo crudo, energía nuclear y energías renovables ; por otra parte, todas las importaciones fueron de petróleo. Esta energía está yendo básicamente a cuatro grupos de consumidores: residencial, comercial, industrial y transporte (Figura 12).

Un diagrama similar (Figura 13) muestra las fuentes de energía a la izquierda: solar, nuclear, hidráulica, eólica, geotérmica, gas natural, carbón, biocombustibles y petróleo. También se muestra las mismas cuatro áreas de consumo: residencial, comercial, industrial y transporte. Lo principal de este diagrama es el grosor de las líneas. El petróleo se destina mayoritariamente para el transporte, una parte menor para la industria y muy poco en comercio y áreas residenciales. La generación eléctrica viene principalmente del carbón, gas natural, energía nuclear y pequeñas cantidades de energías renovables: todos sus productos van para el uso residencial, comercial e industrial. El gas natural va aproximadamente un tercio a electricidad y el resto va a áreas residenciales e industriales.

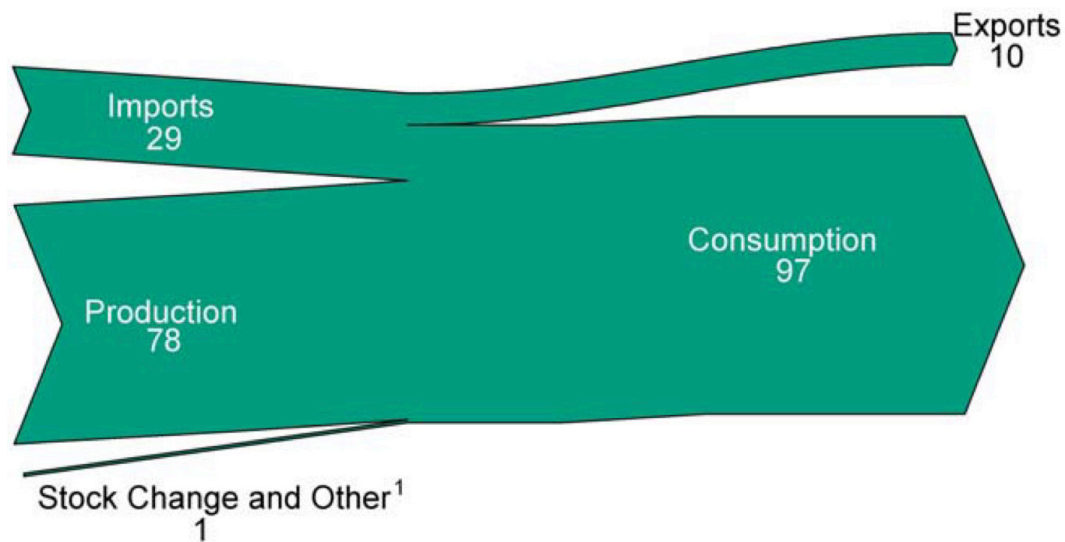


Figura 11. Balance de energía en Estados Unidos, año 2009 (U.S. Energy Information Administration, 2011).

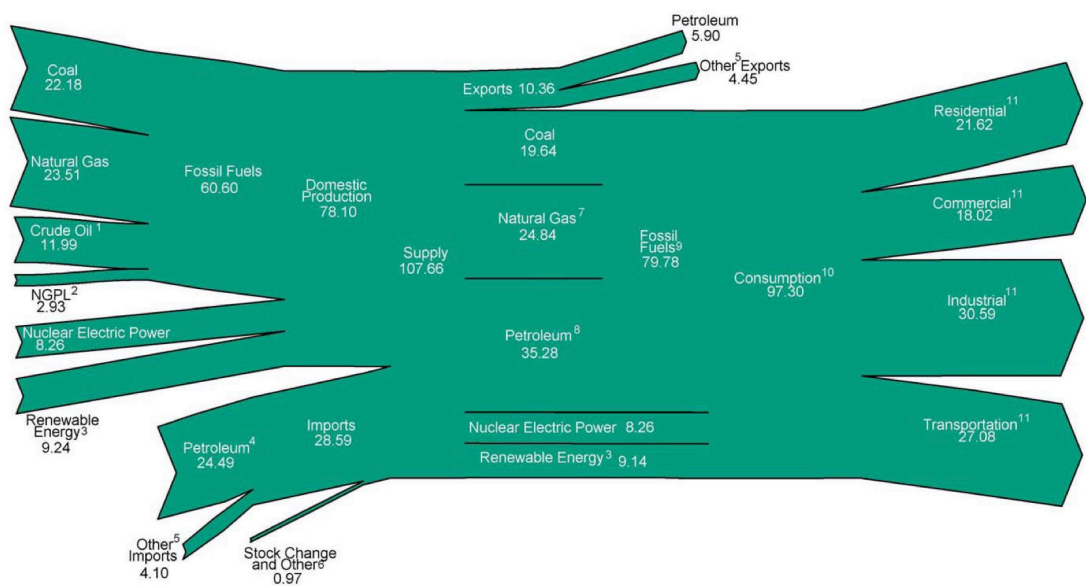
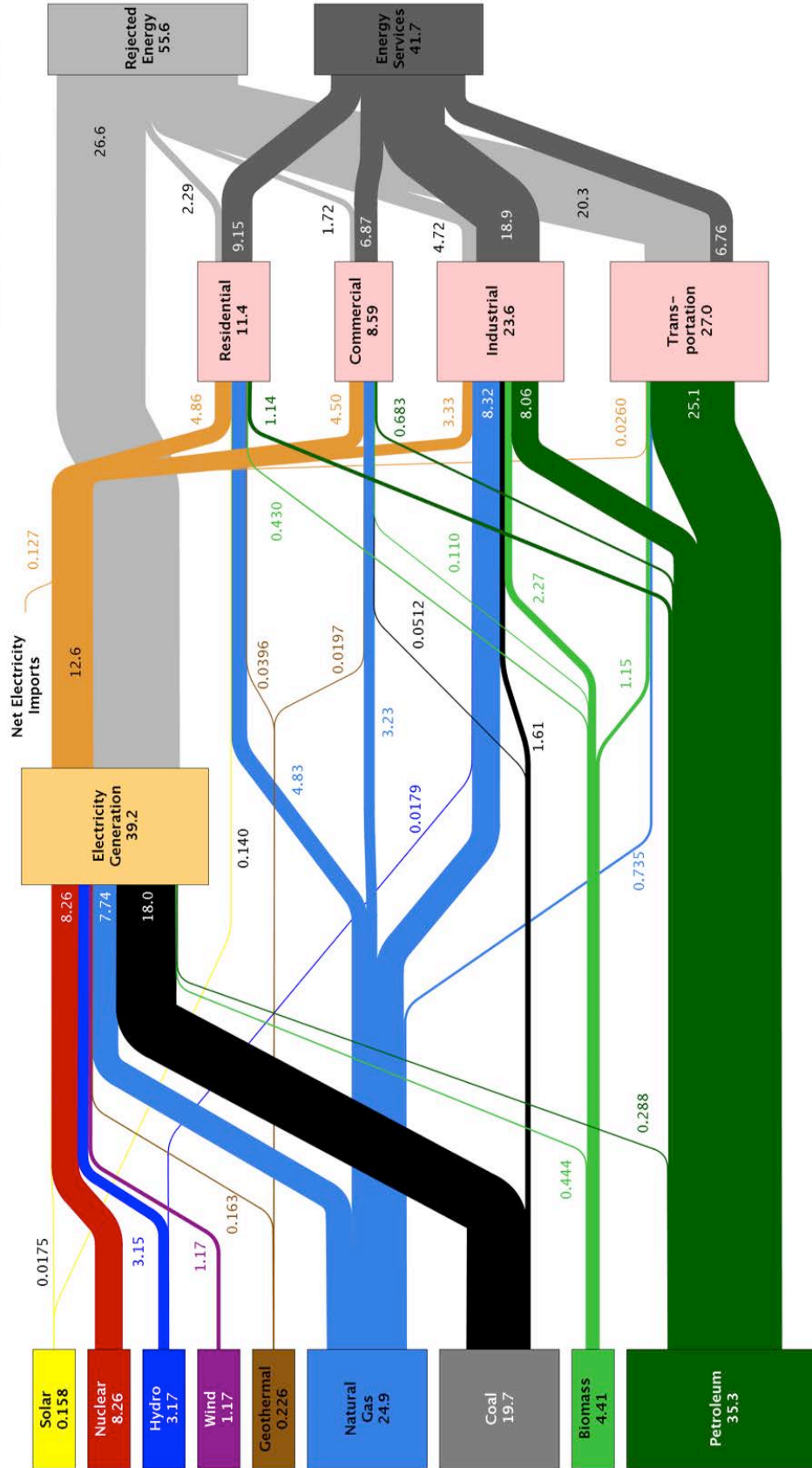


Figura 12. Balance de energía en Estados Unidos por fuente y sector de consumo, año 2010 (U.S. Energy Information Administration, 2012).

Estimated U.S. Energy Use in 2011: ~97.3 Quads



Source: LLNL 2012. Data is based on DOE/EIA-0384(2011), October, 2012. If this information or a reproduction of it is used, credit must be given to the Lawrence Livermore National Laboratory and the Department of Energy, under whose auspices the work was performed. Distributed electricity represents only retail electricity sales and does not include self-generation. EIA reports flows for non-thermal resources (i.e., hydro, wind and solar) in BTU-equivalent values by assuming a typical fossil fuel plant "heat rate". The efficiency of electricity production is calculated as the total retail electricity delivered divided by the primary energy input into electricity generation. End use efficiency is estimated as 80% for the residential, commercial and industrial sectors, and as 25% for the transportation sector. Totals may not equal sum of components due to independent rounding. LLNL-MI-410527

Figura 13. Flujo de energía en Estados Unidos, año 2013 (Lawrence Livermore National Laboratory, s. f.).

Conexión entre agua y energía

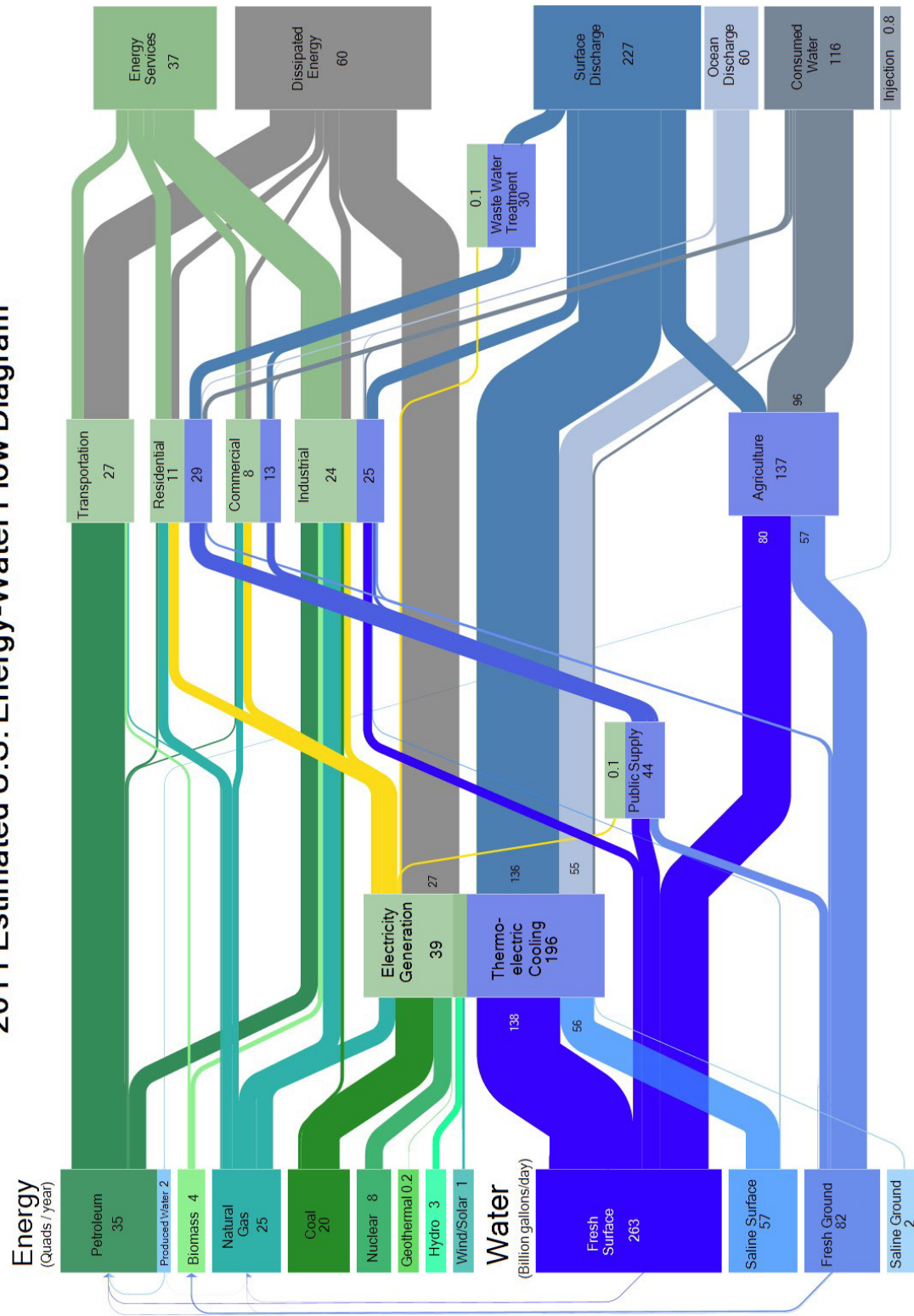
Para producir esta energía se necesita mucha agua, y, similarmente, se necesita energía para producir agua. ¿Cómo usamos el agua para la energía? En el caso de la generación eléctrica, el agua es usada en el enfriamiento de las plantas de generación. En el caso del petróleo y gas, el agua es usada en el proceso de destilación y en recuperar combustibles fósiles. Si consideramos las energías renovables, el agua es usada en hidroelectricidad, en la concentración de energía solar, geotermal y producción de biocombustibles. Por otra parte se necesita energía para producir y distribuir el agua: para bombearla desde los diferentes acuíferos, para desalar agua de mar y tratar aguas servidas.

Si se ponen juntos los diagramas de flujo de energía y agua (Figura 14), se ve que el agua dulce superficial es usada en su mayoría para enfriamiento térmico de las plantas de generación eléctrica. Es decir, el agua va a las plantas para generar vapor y para producir energía; una cantidad menor va a suministros de agua y el resto se destina a agricultura. También está el agua dulce de origen subterráneo, que mayoritariamente se destina a la agricultura, aunque una parte de ella va directamente a suministros comerciales, industriales y públicos.

Es importante abordar esta interacción entre energía y agua, en primer lugar, desde la lógica del cambio climático, considerando los escenarios futuros de temperatura y precipitación. En segundo lugar, bajo el contexto del crecimiento de la población y la migración, ya que hay una gran cantidad de personas moviéndose a las ciudades y más agua será requerida, y por lo tanto, también más energía será necesitada. Las normativas deben ser desarrolladas para conciliar un manejo integrado de la energía y el agua, pudiendo influenciar las diferentes decisiones que se toman en las ciudades, y también afectar la economía y las regulaciones.

Veamos unos pocos ejemplos: si la temperatura aumenta, entonces también tendremos un aumento en la demanda eléctrica, haciendo más difícil para las plantas de generación eléctrica mantenerse al nivel de la demanda. Los climas extremos pueden amenazar la infraestructura crítica del agua y de la energía. Las sequías pueden llevar a que tengamos menos energía hidroeléctrica, biocombustibles y menor extracción de gas natural. Las temperaturas más altas también significarían derretimientos más tempranos de nieve lo que podría significar que la electricidad no será producida en sincronía con la demanda; y los cambios en los patrones de precipitación implican menor cantidad de lluvia, lo que llevaría a variaciones regionales y racionamientos de los suministros de aguas.

2011 Estimated U.S. Energy-Water Flow Diagram



Energy reported in Quads/year. Water reported in Billion Gallons/Day.

Figura 14. Flujos de energía y agua en Estados Unidos, año 2011 (U.S. Department of Energy, 2014).

En el 2015, el Departamento de Energía de los Estados Unidos desarrolló un Reporte de Agua y Energía, el que identifica seis pilares fundamentales como estrategias para abordar estas interacciones agua-energía: (1) optimizar la eficiencia del agua dulce en la producción de energía, generación de electricidad y en los nuevos sistemas, (2) optimizar la eficiencia de la energía en el tratamiento de aguas, distribución y en los nuevos sistemas, (3) mejorar la confianza y la resiliencia de sistemas de energía/agua, (4) aumentar el uso seguro y productivo de aguas de fuentes no tradicionales, (5) promover operaciones energéticas responsables con respecto a la calidad de las aguas en pos de los ecosistemas, y (6) explorar las sinergias entre los sistemas de agua y energía.

Para abordar estos desafíos podemos considerar las distintas tecnologías y los avances que existen en el uso de agua para la energía. Podemos empezar por mirar los avances para el control del uso del agua; explorar la recuperación de las aguas servidas y tecnologías de enfriamiento usando combustibles alternativos, y ver la eficiencia de los procesos. También podemos desarrollar tecnologías nuevas y mejoradas para la producción de energía con fuentes no tradicionales, mejoras en el tratamiento de aguas servidas y desalinización. Otras consideraciones a tener en cuenta para mejorar los sistemas de agua y energía incluye el uso eficiente de agua en enfriamiento, y la optimización en el consumo de agua y energía usado en actividades comerciales e industriales. Para lograr que esto pase, se necesitan cambios en las normativas y la participación de los actores locales y los consumidores.

Ciudades sustentables

Un modo de responder a los desafíos anteriores es mediante las ciudades “vivas” sustentables (Figura 15). Los sistemas de una ciudad viva están muy interconectados. Las fuentes de energía (en naranja) abastecerían a una red inteligente (en morado) y los sistemas de transporte subterráneos y usos de suelo (en verde), que harían la ciudad más amigable para caminar.

En resumen, los sistemas de energía y agua están muy conectados, necesitamos energía para obtener agua y agua para producir energía. Nuevas tecnologías deben ser desarrolladas para poder mejorar este sistema. Las ciudades sustentables pueden ser un paso en la dirección correcta hacia la comprensión de estas interacciones. Por otra parte, energías renovables tendrían que desplazar a los combustibles fósiles para ayudar a regular el cambio climático.

CIUDAD VIVA

ENERGÍA
USO DEL SUELO Y TRANSPORTE
TECNOLOGÍA E INFORMACIÓN
AGUA

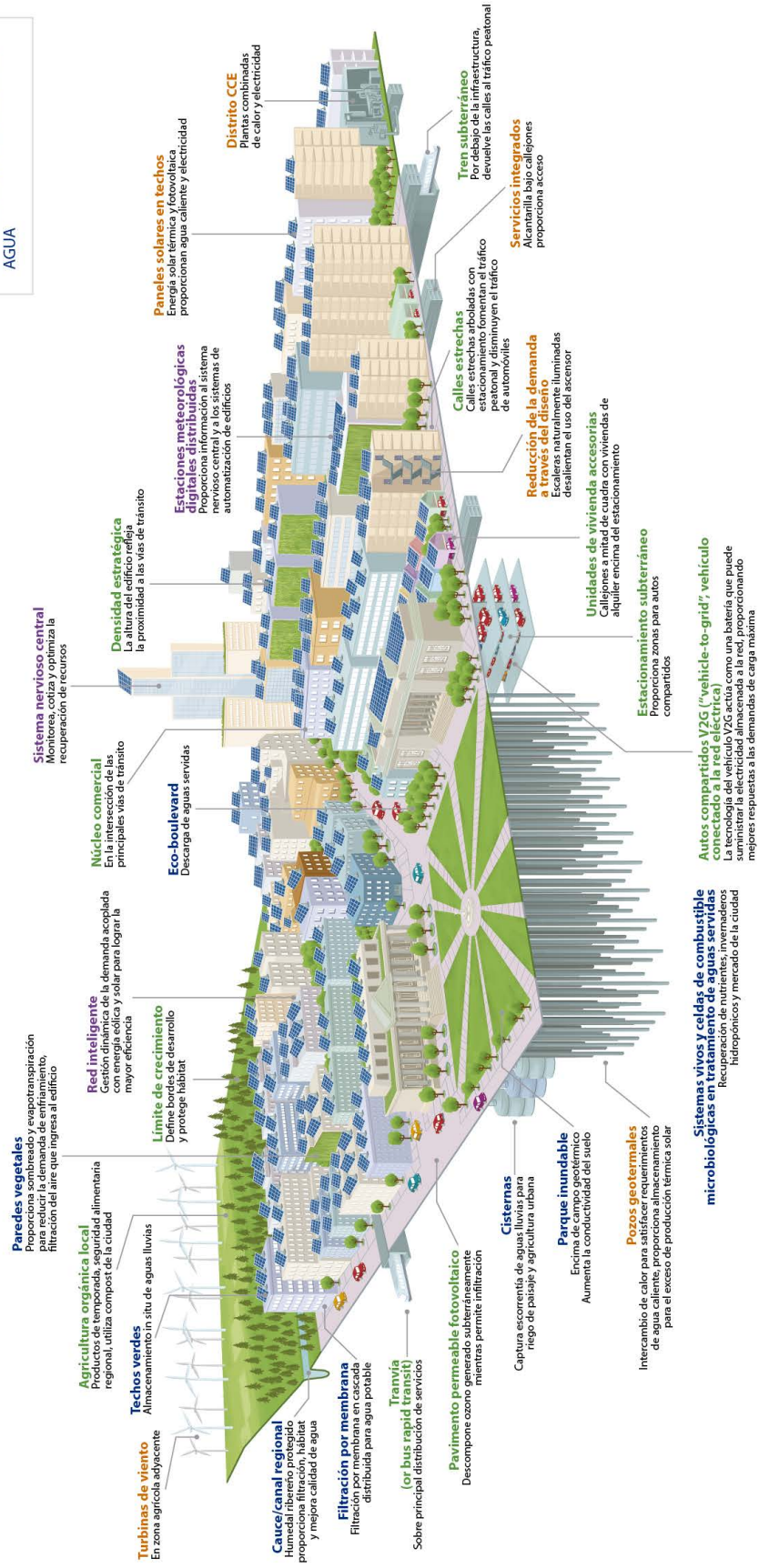


Figura 15. Retrato de una ciudad viviente (Elaborado por Jeannette Zarate en base a Farr Associates, 2015).

4. Propuestas y Lineamientos para la sustentabilidad hídrica

4.1 Propuestas de las ponencias

A continuación, en la Tabla 3, se presentan las propuestas presentadas por los distintos expositores, para luego desarrollar un breve análisis de alguna de éstas por parte del equipo de CEDEUS, de modo de avanzar en algunos lineamientos para el logro de la concreción de alguna de éstas.

Tabla 3. Resumen de propuestas de ponencias.

Gestión del recurso hídrico • Reconocer el agua como bien nacional de uso público • Reconocer la cuenca como unidad territorial • Acordar una pirámide de priorización de usos (ecosistemas, uso humano, agricultura, usos productivos) • Crear una autoridad que lidere instancias públicas y permita la asociación entre los actores (por ejemplo, Subsecretaría de Recursos Hídricos o Consejo Ministerial Intersectorial) • Contar con mecanismos de resolución de conflictos por competencia creciente antes los usos múltiples • Fortalecer las organizaciones de usuarios y aumentar la participación ciudadana • Priorizar acciones de prevención y mitigación a través de incentivos y sanciones • Identificar los riesgos de avalancha, inundaciones y elevación del nivel del mar • Mejorar la cantidad y calidad de las información, y consolidar estudios realizados • Desarrollo de normativa para posibilitar uso de aguas grises, reutilización de los lodos de las plantas de tratamiento y la medición y control de contaminantes emergentes	Gestión de aguas lluvias • Pasar de un paradigma de evacuar aguas lluvias lo más rápido posible a un sistema que regule y contenga la escorrentía, que presente además usos alternativos • Mantener un sistema de información geográfica que presente la infraestructura mapeada • Aumentar la infraestructura gris y verde Abastecimiento y saneamiento • Contar con una instancia pública cuya función sea liderar la creación de nuevos objetivos país para el sector hídrico en general y para el sector sanitario en particular • Reconstrucción de la alianza público-privada • Mejorar la calidad del servicio (continuidad, calidad y cobros correctos) • Mejorar la capacidad de tratamiento de aguas servidas Uso eficiente del recurso • Mejorar eficiencia del uso del agua dulce en sistemas de producción de energía (sistemas de enfriamiento) • Optimizar la eficiencia energética en el tratamiento y distribución de agua
---	---

4.2 Lineamientos para la sustentabilidad hídrica

4.2.1 Visión y gobernanza

Desde la perspectiva de lo discutido en este Seminario y en el trabajo que han desarrollado los investigadores del CEDEUS, estimamos que en relación a la sustentabilidad urbana y los desafíos para la gestión del agua existen tres principios rectores:

(i) Bienestar personal mínimo

Consideramos aquí las necesidades básicas de acceso al agua y al saneamiento como un derecho fundamental que debe ser resguardado. Como se señaló anteriormente, hoy en día no existe en el ordenamiento una consagración del derecho humano al agua ni al saneamiento, sino solo un reconocimiento legal a la posibilidad de no tener que obtener un derecho de aprovechamiento si se trata de usos menores para las bebidas y usos domésticos. En la línea de lo recogido en los tratados internacionales de la materia, esto debiera cambiar próximamente, y de hecho en ese sentido se pronuncia la reforma en trámite del Código de Aguas al pretender introducir un reconocimiento expreso del acceso al agua potable y el saneamiento como derechos humanos esenciales e irrenunciables, además de declarar al consumo humano, uso doméstico de subsistencia y el saneamiento como usos prioritarios.

(ii) Habitabilidad del territorio

La consideración del territorio y su ocupación deben tomar en cuenta el comportamiento natural de las aguas y la cuenca como un sistema. Además, esto debe ser considerado por los instrumentos de ordenamiento territorial en donde una adecuada planificación debería reconocer las áreas sensibles (v.g. riesgos de inundaciones, avalanchas) y el diseño de obras de gestión de aguas lluvias multifuncionales.

(iii) Uso eficiente

La escasez del recurso hace de este principio un imperativo ético. El aprovechamiento de las aguas grises, la utilización de las aguas lluvias, y el desarrollo y masificación de técnicas constructivas son ejemplos que apuntan en tal dirección. En relación con esto, la modificación del Código de Aguas que se tramita hoy en el Congreso Nacional intenta precaver y sancionar la tenencia ociosa o especulativa de los derechos de aprovechamiento propiciada por la regulación actual, propendiendo entonces la reforma hacia un uso eficiente y efectivo del recurso hídrico¹⁰

La posibilidad de una buena administración del recurso hídrico, tiene múltiples aristas

10 Boletín 7543-12.

y dado el estado actual de nuestra institucionalidad y la escasez del recurso, se requieren varias modificaciones. Para efectos de este trabajo, nos referiremos más adelante a dos:

- Necesidad de modificaciones que permita una gestión coordinada del recurso hídrico-energético
- Creación de un ente que coordine la información

4.2.2. Reflexiones y propuestas

(i) Acceso humano al agua

En este respecto es interesante señalar que el Comité del Pacto Internacional de Derechos Económicos Sociales y Culturales ha definido el derecho humano al agua de la siguiente manera: “es el derecho de todos a disponer de agua suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal y doméstico. Un abastecimiento adecuado de agua salubre es necesario para evitar la muerte por deshidratación, para reducir el riesgo de las enfermedades relacionadas con el agua y para satisfacer las necesidades de consumo y cocina y las necesidades de higiene personal y doméstica”.

Veamos entonces qué existe en nuestro país en este respecto y algunos lineamientos que se podrían proponer.

El Código de Aguas faculta a cualquier persona para obtener del suelo propio “agua para la bebida y el uso doméstico”, es decir, es un derecho de aprovechamiento que se adquiere por el solo ministerio de la ley, sin necesidad de someterse al procedimiento administrativo previsto en el Código de Aguas para el otorgamiento de derechos por acto de autoridad¹¹. Esta es una situación excepcionalísima prevista en el Código de Aguas tendiente a que la población acceda fácilmente al recurso hídrico cuando se trate para estos fines.

En estos casos, como se dijo, se está en presencia de un derecho de aprovechamiento adquirido por el solo ministerio de la ley, y su titular goza de todas las prerrogativas que eso conlleva. En esa línea, el titular de este derecho podrá oponerse a la constitución de un derecho de aprovechamiento en caso que le afecte, o requerir a la DGA que adopte las medidas que estime procedentes en el evento que el derecho de aprovechamiento de un tercero esté impidiendo el ejercicio del propio.

Los servicios sanitarios de producción y distribución de agua potable y de recolección y

¹¹ En efecto, el artículo 56 del Código de Aguas establece en su inciso primero: “Cualquiera puede cavar en suelo propio pozos para las bebidas y usos domésticos, aunque de ello resulte menoscabarse el agua de que se alimente algún otro pozo; pero si de ello no reportare utilidad alguna, no tanta que pueda compararse con el perjuicio ajeno, será obligado a cegarlo”.

disposición de aguas servidas en zonas urbanas son considerados servicios público¹², y en cuanto tales deben ser prestados en forma continua –sin interrupciones-, obligatoria, y en condiciones de calidad y además, en términos de igualdad los usuarios deben acceder a los servicios y recibir un mismo trato.

En áreas rurales, en tanto, el acceso a estos servicios no es considerado un servicio público y su prestación dependerá de la iniciativa particular de organizarse bajo la figura de un Comité o Cooperativa. Esto constituye un importante avance en el tema de accesibilidad, ya que se permite dotar de servicios sanitarios a la población que habita en sectores ubicados fuera de las áreas cubiertas por una concesión.

En relación a esto último, cabe tener presente que el Proyecto de Ley de Servicios Sanitarios Rurales (aprobado a la fecha de publicación) pretende robustecer la normativa y dotar a este sector de una institucionalidad específica para estos fines.

Al respecto es necesario hacer hincapié en que, como ya se adelantó, el saneamiento, al igual que el acceso al agua, ha sido reconocido como un derecho humano por Naciones Unidas¹³, y en dicha declaración esta organización manifiesta su profunda preocupación por las personas que carecen de acceso al agua potable y saneamiento básico y por las enfermedades que ello conlleva, enfatizando la importancia de disponer de servicios de agua potable y saneamiento en condiciones equitativas como componente esencial del disfrute de otros derechos humanos, además de reafirmar que es responsabilidad de los Estados promoverlos y protegerlos.

En este contexto, las características de la Ley 18.778 de 1989, que creó el subsidio al pago de consumo de agua potable y servicio de alcantarillado de aguas servidas, tenderá a cubrir los estratos más pobres del país, como se refleja en los requisitos para postular al beneficio, focalizando el gasto de forma diferenciada según ingreso económico familiar. Así, este subsidio cubre entre el 25 y el 100% de los costos fijos y variables del consumo de agua. Dentro de quienes reciben este beneficio, se distinguen aquellos que registran un puntaje equivalente a “extrema pobreza” en el Registro Social de Hogares, por tanto, inscritos en el programa Chile Solidario, y el resto de quienes califican al subsidio sin pertenecer a este programa. Sólo aquellas familias o personas inscritas en Chile Solidario acceden al 100% de cobertura, el resto podrá aspirar a un máximo de un 85%. Adicionalmente, los primeros obtienen inmediatamente acceso al subsidio, mientras que los demás deben postular a sus respectivas municipalidades.

Estas características lo hacen un beneficio precario. En efecto, la completa dependencia a la distribución del presupuesto nacional, la revisión regular del cumplimiento de los requisitos por las municipalidades, pero por sobre todo el hecho de que pequeñas variaciones en la

12 Artículo 5° DFL 382 de 1988.

13 Resolución 64/292 de Naciones Unidas, de 28 de julio de 2010.

situación económica familiar puedan significar la pérdida del subsidio, lo hacen un beneficio incierto, por lo cual difícilmente se podría hablar de un derecho garantizado. Por otra parte, quienes acceden a este beneficio a través del programa Chile Solidario¹⁴ lo obtienen en condiciones que entregan mayor certidumbre, debido a su dependencia al Registro Social de Hogares y no a las municipalidades. Este grupo beneficiado es precisamente el que se encuentra en la situación económica más vulnerable por lo que la diferenciación entre el subsidio regular de la Ley 18.778 y este a través de Chile Solidario se justifica, pero entrega un carácter de subsistencia al subsidio en cuestión.

Atendiendo a la naturaleza del bien agua, el derecho a su acceso debiese garantizarse en forma sólida, no precaria, al menos respecto a los estratos sociales que, en términos relativos al ingreso, deben dedicar un porcentaje mayor del ingreso familiar al pago de este servicio. Concebido en estos términos, el acceso garantizado no debería limitarse a las personas de extrema pobreza sino al principio de que nadie debiese gastar más que cierto porcentaje de su ingreso familiar en acceder a agua potable y alcantarillado. Estos datos pueden extraerse del actual Registro Social de Hogares y ser administrado con mayor certidumbre por el Ministerio de Desarrollo Social, en vez de las municipalidades.

Por todo lo expuesto, el reconocimiento legal del agua para consumo humano y sus usos prioritarios debieran primar por sobre otros usos. En efecto, y la línea de lo declarado por Naciones Unidas¹⁵ el proyecto de ley que reforma el Código de Aguas¹⁶ define el acceso al agua potable y al saneamiento como un derecho humano esencial e irrenunciable, otorgándose al Estado la posibilidad de reservar aguas disponibles con el objeto de otorgar esos recursos en concesión para satisfacer estos usos, y declarando a esos usos como prioritarios por sobre otros.

Todo lo anteriormente expuesto constituiría un gran avance, dado que actualmente se trata a todos los usos por igual. De esta manera se mejoraría el acceso de la población al agua potable y saneamiento de aguas y nuestra regulación se estaría encaminando a los estándares internacionales en materia de derechos humanos.

Así, si bien la modificación del Código de Aguas constituye un avance, queda en deuda en relación a la gestión integrada de cuencas, la cual ha sido definida por la Asociación Mundial para el Agua como aquel “proceso que promueve la gestión y el desarrollo coordinados del agua, el suelo y los otros recursos relacionados, con el fin de maximizar los resultados económicos y el bienestar social de forma equitativa sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales”

Esta idea ha rondado las discusiones del último tiempo en nuestro país, sin embargo, no ha sido acogida en la legislación. A este respecto proponemos:

14 Ley 19.949 de 2004, que crea el programa de protección social denominado Chile Solidario.

15 Resolución 64/292 de Naciones Unidas, de 28 de julio de 2010.

16 Boletín 7543-12.

-
- Creemos que los distintos actores y usos debieran estar comprendidos en una gestión integrada a nivel de cuenca, lo que no ocurre hoy en día. La gestión integrada vendría a dar forma a un principio que acompaña al Código de Aguas desde su inicio, cual es la unidad de la corriente, toda vez que tal como lo señala este cuerpo legal¹⁷ las aguas que afluyen, continua o discontinuamente, superficial o subterráneamente, a una misma cuenca u hoya hidrográfica, son parte integrante de una misma corriente, y por ende, debieran ser gestionadas de forma integral.
 - Asimismo, proponemos analizar la inclusión y regulación de los usuarios de servicios sanitarios más vulnerables, de manera tal que sus preocupaciones y necesidades sean abordadas por la entidad que dirija o fije las directrices de esta gestión integrada. Algo así no existe hoy en día, toda vez que los directores de las organizaciones de usuarios no están asociados a usos determinados, sino que son elegidos libremente por los miembros de la respectiva organización. La presencia, por ejemplo, de un director en estas organizaciones que represente a los usos prioritarios de consumo humano y saneamiento iría de la mano de estos derechos humanos esenciales.

(ii) La habitabilidad del territorio

Las ciudades se ven expuestas a eventos hidrometeorológicos extremos que se producen cada cierto tiempo. Los efectos catastróficos que producen son variados, sin embargo, debido a ciertas características, hemos decidido clasificarlos en tres tipos: crecidas fluviales, aluviones y deslizamientos; crecidas pluviales e inundaciones urbanas; y finalmente, escasez hídrica y problemas de abastecimiento. Las crecidas fluviales, aluviones y deslizamientos se producen debido a eventos de crecidas que aumentan considerablemente el caudal transportado y la altura de agua del escurrimiento de un cauce, lo cual provoca inundaciones fluviales. Estas crecidas aumentan el poder erosivo y la capacidad de arrastre del flujo, provocando en muchos casos aluviones y remociones en masa de taludes. Esto genera enormes daños en las ciudades y comunidades humanas ubicadas en cercanías de los cauces (Contreras, 2016). Esta condición de riesgo natural se ve exacerbada producto del acelerado proceso de urbanización sin una planificación urbana adecuada, al posible aumento de las denominadas lluvias cálidas con una elevada isoterma producto del cambio climático y a una escasa red de monitoreo hidrometeorológico. En las crecidas pluviales e inundaciones urbanas se anegan zonas bajas altamente impermeabilizadas con una escasa o nula cobertura de sistema de drenaje. El origen de los problemas de carácter pluvial radica no sólo en la carencia de la infraestructura de drenaje, sino también en la escasa planificación y gestión de la ciudad, así como en la preponderancia de un paradigma “sanitario” en la gestión de las aguas lluvias. Según éste Según este paradigma sanitario, las aguas lluvias urbanas deben ser evacuadas rápidamente mediante colectores subterráneos, sin conciderar lo que hay aguas abajo y que la infraestructura se vuelve obsoleta al recibir cada vez más descargas. Si bien los Planes Maestros de drenaje urbano se han transformado en una guía para la gestión

17 Boletín 7543-12.

de las aguas lluvias, aún existen ciertas falencias vinculadas a la generalizada inacción en el tema previo a la ley N°19525. Algunas de estas falencias son: una falta de visión integral donde la cuenca y no la unidad administrativa es la unidad territorial relevante; la carencia de objetivos ambientales (i.e. preservación de cauces, control de la calidad del agua de cuerpos receptores); la nula o menor integración de distintas escalas espaciales (desde la escala domiciliaria hasta la regional) en el desarrollo de alternativas de gestión de escorrentía; el escaso uso de técnicas y obras basadas en infiltración y almacenamiento, por sobre conducción; la nula o baja vinculación con los Instrumentos de Planificación Territorial; y la orientación más bien “estructural”, siendo las medidas no estructurales y la gestión de zonas de inundación sólo abordadas parcialmente. Acerca de la problemática de la escasez hídrica y problemas de abastecimiento, recientes estudios muestran una tendencia a la disminución en las precipitaciones y los caudales anuales, y un aumento de las temperaturas para los próximos años en Chile. Esto vuelve especialmente vulnerables a aquellas cuencas de régimen nival donde una importante cantidad de la precipitación anual cae en forma de nieve, la que se derrite durante la primavera y verano. Se espera que las cuencas ubicadas entre los paralelos 30° y 42° S (zona que comprende aproximadamente desde la región de Coquimbo hasta la región de Los Lagos) experimenten una disminución de caudales disponibles. Esta tendencia produce una condición de estrés hídrico que podría afectar la cobertura del suministro urbano y la demanda agrícola. Este último sector es el principal afectado, ya que es el mayor usuario de agua en la actualidad, utilizando el 78% de los recursos hídricos a nivel nacional (Vicuña y Meza, 2013).

Es importante mencionar que debido al cambio climático, las condiciones hidrometeorológicas normales, así como la ocurrencia de eventos extremos, están sufriendo cambios importantes. Esto plantea un enorme desafío en el entendimiento de las características de estos eventos, así como en la planificación de ciudades mejor adaptadas a este nuevo escenario climático. En esta línea, a continuación se presentan algunas recomendaciones que se visualizan con el fin de guiar la toma de decisiones en la dirección de avanzar en transformar una ciudad vulnerable a una mejor preparada para enfrentar las amenazas de índole hidrometeorológico.

Una medida que se visualiza como altamente prioritaria y de corto plazo, es la zonificación única de las áreas de inundación de cauces y quebradas. Se recomienda la identificación de la zona de inundación para la crecida de 100 años de periodo de retorno, considerando que los flujos podrían eventualmente tener una concentración de sedimentos muy alta. Complementariamente, se vuelve necesario como medida de mediano plazo, mejorar la caracterización del desempeño hidrológico del pie de monte y las potenciales modificaciones de estas zonas de inundación. La determinación de la zona inundable permite contar con un antecedente fundamental para la implementación de medidas de prevención de desastres, y una hoja de ruta en la planificación urbana actual y futura para el sector. La caracterización de las zonas inundables se debe integrar a la planificación territorial, particularmente del pie de monte andino. La planificación territorial es clave no sólo para alcanzar una mayor resiliencia frente a eventos hidrometeorológicos extremos, sino también para lograr un uso sustentable del recurso hídrico. En esta línea, se vuelve necesaria la pronta construcción

de obras de control aluvional en las principales quebradas del sector precordillerano. Esto debido a la baja o incluso nula infraestructura, en algunos casos, que existe actualmente y a lo catastrófico que pueden resultar los eventos aluvionales sobre la población. En específico, se recomienda coordinar esfuerzos con la Dirección de Obras Hidráulicas del MOP, quienes han desarrollado estudios y diseños preliminares de este tipo de obras en la Quebrada de Ramón de la Región Metropolitana. Una medida no estructural relevante es la implementación de sistemas de monitoreo y uso de información en línea para la declaración de alertas y gestión de amenazas. En particular hay una falta de experiencia en el desarrollo y operación de sistemas que integren nuevas tecnologías de pronóstico meteorológico, monitoreo en línea y herramientas de modelación basadas en nuevo conocimiento científico. Estos elementos, sumados a un sistema de monitoreo robusto y un protocolo de acciones claramente definido, permitirían, en primer lugar, predecir la ocurrencia de un evento de crecida y, en segundo lugar, reducir enormemente los impactos negativos asociados a éste, permitiendo gestionar su control y las actividades de emergencia y evacuación necesarias. Finalmente, se propone avanzar en los desafíos relacionados con la investigación, los que deben ser abordados, en forma íntegra, por el mundo académico, público, privado y la sociedad civil. Algunas de las necesidades de investigación que se vislumbran incluyen: caracterización de los procesos físicos en el pie de monte andino; desarrollo de métodos para la explotación y uso de datos; modelamiento y pronóstico meteorológico en cuencas cordilleranas y precordilleranas; comprensión de los efectos del cambio climático y desarrollo de las correspondientes medidas de adaptación; y metodologías de evaluación socioeconómicas y ambientales.

(iii) Uso eficiente del recurso

La población urbana de Chile ha aumentado de 13,2 a 17,05 millones entre 1990 y 2017 y se estima que a mediados de este siglo más del 94% de la población será urbana (United Nations, 2009; INE, 2017). Asimismo, los porcentajes de saneamiento de agua han subido de 91% a casi 100% a nivel urbano, y con acceso a fuentes de agua potable mejoradas en casi 100% en los últimos años. En consecuencia, en los sectores urbanos la cobertura de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas servidas ha tenido un alza permanente que avanza hacia el 100%. Esto genera una creciente presión sobre el recurso hídrico, cuyo manejo y preservación constituye ya uno de los principales desafíos de las ciudades. Las prácticas tradicionales de diseño, construcción y operación de sistemas hidráulicos urbanos han llevado a las ciudades de Chile a la situación actual, donde por un lado hay una cobertura casi total de agua potable y alcantarillado, pero por otra parte es reciente el esfuerzo en lo referido al tratamiento de las aguas residuales, y aún más incipiente el manejo de la escorrentía urbana, la conservación del medioambiente, y la integración de la ciudad, el paisaje y el agua. La carencia de una planificación urbana en la que se busque replicar el balance hídrico natural y conservar la red de drenaje natural, ha significado el desarrollo de ciudades no sustentables. El crecimiento urbano descontrolado ha vuelto en muchos casos obsoleta la infraestructura. Un habitante de una ciudad promedio consume aproximadamente entre 200 y 300 litros al día, de la cual una cantidad muy menor es consumida directamente, siendo la mayoría utilizada en las distintas actividades domésticas que producen las llamadas aguas negras (alta carga de materia orgánica y patógenos) y aguas grises. Las aguas grises

son generadas en la ducha, bañera, la lavadora y los lavamanos, y corresponden al 50% a 60 % del uso domiciliario del agua. Al conocer esta cifra, surgen preguntas como ¿Es necesario potabilizar toda el agua a ser utilizada en el domicilio? ¿Se justifica enviar toda el agua residual domiciliar a las plantas de tratamiento a pesar que tienen distintos niveles de contaminación? ¿Existe alguna forma de reutilizar las aguas grises? La reflexión sobre cómo avanzar hacia una gestión sustentable del agua en la ciudad se relaciona directamente con la producción y suministro de agua potable, y por otro lado, con el sistema de recolección y tratamiento de aguas servidas. En esta línea, como primer esfuerzo cabe destacar la promulgación de la ley 21.075 que regula la recolección, reutilización y disposición de aguas grises en el 2018, la cual aun no entra en vigencia ya que el Ministerio de Salud no ha publicado su reglamento.

Cuatro décadas atrás el foco en los países estaba en controlar las inundaciones y disfuncionalidades que provocan las lluvias en la ciudad. Posteriormente, a partir de la década de 1970 hasta fines de siglo, se le dio relevancia al control de la calidad de los cursos y cuerpos de aguas receptores de escorrentía urbana (Gironás, 2013). En los últimos años, se dio cuenta de un cambio desde una visión sanitaria dominante en el siglo pasado a una concepción en que el agua es vista siempre como un recurso en la urbe. Aproximadamente el 20% del país ocupa un sistema de alcantarillado unitario (conduce las aguas lluvias y servidas), el cual data de los años 1930 y solo fue evitado a partir de la década del 1980. Si bien la carencia de infraestructura puede ser vista como una debilidad, también es posible pensar en ella como una oportunidad para desarrollar soluciones innovadoras, tomando en cuenta la experiencia de otras ciudades así como nuevo conocimiento generado para adaptarse al cambio climático. El análisis de esas experiencias nos muestra una ruta de acción bastante similar que se inicia con la definición y desarrollo de medidas estructurales y no estructurales orientadas a: controlar en términos de acceso a cantidades adecuadas de agua a través de transferencias de agua entre sectores, re-uso, construcción de obras de almacenamiento, mejoras en los sistemas de distribución, controlar el exceso de escorrentía producida por las urbanizaciones, y minimizar el riesgo de inundaciones y sus efectos a la comunidad.

Entre las medidas que buscan una transición hacia un drenaje urbano sustentable, se destaca en términos de suministro de agua las acciones asociadas a redefinir lo que se entiende como la cantidad "adecuada" de suministro. En esta línea, se incorporan opciones que alteran la demanda de agua sin reducir el bienestar o utilidad productiva alcanzada por el consumo de agua, las cuales apuntan al cambio de comportamiento producto de efectos en tarifas, campañas de concientización, o cambios regulatorios que pueden alterar la disponibilidad de tecnologías o afectar las prácticas de consumo. Además, se debe avanzar en reducir las ineficiencias en la distribución y consumo de agua. En la actualidad, casi el 30% de las extracciones de agua superficial no llegan a los consumidores finales, sobre todo como consecuencia de fugas de tuberías subterráneas. Por lo tanto, una forma de mejorar la eficiencia es mediante la mejora de la infraestructura de red. La eficiencia también podría abordarse desde un enfoque basado en la demanda, por ejemplo, a través de políticas que fomenten la conservación y el consumo eficiente del agua doméstica. Según estimaciones, un aumento en la eficiencia de más del 20% se puede lograr con la instalación a corto plazo

de accesorios y electrodomésticos eficientes en los hogares y oficinas (Observatorio de Ciudades UC, 2009).

En la línea de desarrollo de infraestructura verde se propone realizar medidas orientadas al control en la fuente, localmente, de retardo o transporte lento y de aguas abajo. Las de control de la fuente se refiere a obras menores o simples prácticas de gestión no estructurales, generalmente localizadas en la propiedad privada, tales como desconexión de techos y áreas impermeables, techos verdes, jardines infiltrantes y pavimentos permeables. A nivel local corresponden obras menores de control en terrenos públicos, en las zonas altas, antes de que la escorrentía entre en los elementos de conducción, como los estanques de detención. Para promover el transporte lento, se recomiendan obras de conducción abiertas que agregan almacenamiento adicional previo a la red de drenaje principal y tienen un uso alternativo o al menos no interfieren el funcionamiento de la ciudad, como una zanja verde. Finalmente, en aguas abajo serían útiles obras de control mayores para la detención relativamente masiva de escorrentía en las partes bajas del sistema de drenaje, como por ejemplo estanques de retención, humedales y lagunas. Con respecto a re-uso de aguas grises, se propone crear unidades de tratamiento local diseñadas para satisfacer las necesidades de un grupo menor de viviendas (por ejemplo departamentos de un edificio o casas de condominios), donde son tratadas con sistemas bastante simples de sedimentación, filtración y desinfección. La experiencia internacional muestra que las aguas grises tratadas de una casa de 4 personas pueden eventualmente suplir las necesidades de W.C. de la familia y permitir el regadío por goteo de 100 m² - 120 m² de jardín al día. Así, de acuerdo a las medidas mencionadas se busca generar un sistema integral de drenaje sustentable que considera: control local domiciliario, retención local en suelo público, transporte superficial lento, almacenamiento a mayor escala en suelo público, y conducción controlada a través de elementos de transporte y su posterior descarga a cursos y cuerpos receptores.

(iv) Necesidad de modificaciones que permita una gestión coordinada del agua y la energía

- **Desde el punto de vista normativo**

En primer lugar, desde el punto de vista normativo, creemos que en Chile debiese existir una Estrategia de Desarrollo Nacional sujeta a Evaluación Ambiental Estratégica (EAE)¹⁸ y una modificación a la Ley 18.575 sobre Bases General de la Administración del Estado que ordene la coordinación entre estrategias y los instrumentos de ordenamiento territorial.

Recordemos que hoy en Chile, sólo existen estrategias a nivel regional y comunal, la primera denominada Estrategia Regional de Desarrollo¹⁹ y la segunda Plan de Desarrollo

¹⁸ La Ley 19.300 permite que planes y políticas no incluido en los que se enumeran taxativamente en el artículo 7 bis también someterse a EAE, previa proposición del Consejo de Ministros al Presidente de la República. En caso de crearse esta figura, se propone incluirla expresamente.

¹⁹ Regulada en la Ley 19.175 Orgánica Constitucional sobre Gobierno y Administración Regional.

Comunal²⁰, pero no existe un enfoque a nivel país, que permita a los distintos ministerios contar con un instrumento de coordinación que sea vinculante con niveles inferiores de la administración.

El hacer vinculantes las políticas de los distintos sectores, incluidas las referentes a recursos hídricos y energéticos, implicaría modificaciones legales. Por ejemplo, en la Ley Orgánica Constitucional de Bases Generales de la Administración del Estado, en la Ley de Gobiernos Regionales y en la Ley de Municipalidades.

Por de pronto se sugiere modificar aditivamente dos artículos de la Ley 18.575 de Bases Generales de la Administración del Estado. El primero es lo referente al principio de coordinación. Este principio está contenido en los artículos 3° y 5°, de la ley mencionada. Se sugiere añadir un inciso tercero al artículo 5°, del siguiente tenor: “El principio de coordinación tendrá especial aplicación en las materias referentes al desarrollo social, ambiental y económico, la que se plasmará en una Estrategia de Nacional de Desarrollo”. A su vez, el artículo 22 en su inciso segundo dice lo siguiente: “Para tales efectos, (los ministerios) deberán proponer y evaluar las políticas y planes correspondientes, estudiar y proponer las normas aplicables a los sectores a su cargo, velar por el cumplimiento de las normas dictadas, asignar recursos y fiscalizar las actividades del respectivo sector”.

Se sugiere agregar un inciso tercero, pasando el actual inciso tercero a ser cuarto. El nuevo inciso propuesto es el siguiente:

“En el ejercicio de las facultades mencionadas los ministerios deberán actuar coordinadamente y resguardar por la aplicación de los lineamientos establecidos en la Estrategia de Nacional de Desarrollo”.

Lo anterior, permitiría en el caso de aguas y su relación con energía que los órganos a cargo del otorgamiento de derechos de agua y de planificación de las necesidades y disponibilidad de energía del país, en una fase preliminar discutan y tomen decisiones que los afectan a ambos. Del mismo modo el órgano superior de la planificación del territorio urbano (MINVU) y el que administra los bienes fiscales, también podrían priorizar áreas para el desarrollo de determinados proyectos.

Por su parte, la EAE permitiría, por una parte, que los diversos actores (v.g. Ministerios de Energía, Minería, Obras Públicas) puedan participar en la decisión y tener un involucramiento temprano en materias que debiesen afectar a sus sectores. Por otra parte, puede ser un instrumento que permita la coherencia entre la Estrategia Nacional de Desarrollo que se propone crear y otros instrumentos como:

20 Regulada en el DFL 458/1975, Ley General de Urbanismo y Construcciones.

a) Los derivados del ordenamiento territorial, incluidos no sólo los Instrumentos de Planificación Territorial (IPT) sino también las zonificaciones sujetas a protección especial (ZSPE)²¹.

b) La gestión integrada de recursos hídricos (GIRH), en el deseo que el manejo integrado de cuencas, se convierta en un instrumento de toma de decisiones y planificación, en donde la Estrategia que se propone sería un insumo necesario para poder realizar dicha gestión²².

c) Los planes maestros de aguas lluvias.

Por último, se sugiere la presentación de un proyecto de ley de coordinación estatal, en donde se mencione como uno de los ejes centrales la gestión de los recursos hídricos y energéticos.

- **Aspectos institucionales en la Administración Pública y Control de Gestión**

- a) Administración Activa**

Como es conocido la coordinación de la Administración del Estado está entregada al Ministerio Secretaría General de la Presidencia (SEGPRES), por la Ley N° 18.993, en especial artículo 1°, artículo 2° letra b). Este último artículo señala que le corresponderá especialmente “b) Propender al logro de una efectiva coordinación programática general de la gestión de gobierno. Esta labor la realiza a través de la División de Coordinación Interministerial, a la cual el artículo 7° de la Ley 18.993 le entrega, entre otras funciones, “la preparación de decisiones en materias que afecten a más de un Ministerio” y “servir de apoyo técnico a los Comités Interministeriales que se establezcan”.

Por ello se sugiere crear en el seno de esta División una oficina de coordinación estatal en materia de recursos hídricos y energéticos.

- Crear a nivel Presidencial una Comisión sobre recursos hídricos y energéticos, que reúna a los diversos actores (por ejemplo, Ministerios de Energía, Minería, Obras Públicas) para participar en las decisiones que afecten a sus sectores y tener un oportuno pronunciamiento, en lo posible temprano, en estas materias. Sería presidida por el Ministro SEGPRES y tendría como apoyo un Secretario Ejecutivo, designado por el Presidente de

21 Entendemos, siguiendo a Precht, Reyes y Salamanca en el libro “El Ordenamiento Territorial en Chile” (en prensa), por ZSPE a una “serie de figuras de protección que recaen sobre áreas o zonas del territorio nacional y que le otorgan un uso o función” (v.g. parques nacionales, santuarios de la naturaleza, zonas típicas o pintorescas).

22 Se define Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) como “un proceso que promueve el desarrollo y gestión coordinada del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el objetivo de maximizar el bienestar económico y social resultante de una manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales” (GWP 2000) en Informe Final Estudio “Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Chile”, U de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas.

la República a proposición en terna de los 2/3 de los Ministros de la Comisión.

- También en materia de control de gestión y mejoramiento de gestión se propone que la Dirección de Presupuestos establezca un programa específico de mejoramiento de gestión en materia de recursos hídricos y energéticos.

Lo positivo de esta alternativa es que no requiere modificaciones legales, por lo que entre tanto se elabora una modificación más estructural del Estado a través de la creación de la Estrategia Nacional de Desarrollo y de la Ley de coordinación estatal, se puede con la institucionalidad existente desarrollar actividades concretas en aras de una adecuada protección del recurso hídrico en relación a las necesidades energéticas del país.

Por su parte, a nivel de modificaciones legales y considerando la existencia del Consejo de Auditoría Interna General de Gobierno, que depende de SEGPRES (Decreto N°12 de 1997 MINSEGPRES), se sugiere convertirlo en un servicio público, como ya ha sido propuesto, el que comprendería una unidad específica preocupada de la auditoría y rendición de cuentas de las entidades involucradas en la gestión de las políticas públicas en recursos hídricos y energéticos del Ministerio de Hacienda.

b) Administración Externa: Incidencia en las tareas de la Contraloría General de la República

Como es conocido, la Ley Orgánica de la Contraloría General, le permite realizar auditorías. La facultad de auditoría está regulada por la resolución N°20, de 3 de marzo de 2015, del Contralor.

El artículo 18 de la Resolución incluye dentro de las modalidades de auditoría la llamada auditoría de cumplimiento, que es definida de la siguiente manera: “(la) destinada a verificar que las actuaciones, operaciones, sistemas y programas y los aspectos de probidad cumplan con el marco jurídico que rige al auditado.”

Por todo ello se sugiere que el Ejecutivo solicite al Contralor incluya, sea en el Plan Operativo, sea a través de instrucciones u órdenes de servicio, una especial atención a las auditorías en los órganos públicos que están facultados para administrar en materias referidas a recursos hídricos y energéticos.

c) Aspectos referidos a la fiscalización efectuada por la Cámara de Diputados

Además de la función legislativa, la Constitución en su artículo 52 número 1) dispone que la Cámara mencionada tiene la facultad de “Fiscalizar los actos del gobierno”.

Con el objeto de facilitar la función fiscalizadora se propone lo siguiente:

a) Dado que la Cámara tiene, a lo menos, tres Comisiones Permanentes relacionadas con el tema del presente informe (Medio Ambiente y Recursos Naturales; Minería y Energía y Recursos Hídricos y Desertificación), se sugiere que se traslade a la Comisión de Recursos Hídricos las materias referidas a Energía, o a lo menos que siempre que se trate de estos temas, se sesione en Comisiones Unidas.

b) A la Comisión Unida sugerida o a la Comisión de Recursos Hídricos de una asesoría permanente, al modo de la oficina permanente que tiene la Comisión de Hacienda. Esta asesoría debería prestarla un técnico que haya trabajado en la Administración, ya que la asesoría jurídica está garantizada por el Secretario de la Comisión y su equipo de abogados. Sería permanente porque estaría encargada del seguimiento de la ejecución de los programas referidos a recursos hídricos y energéticos.

c) Una vez al año los Ministros de Energía, Obras Públicas y Medio Ambiente en coordinación con el Ministro Secretario General de la Presidencia debería dar cuenta pública del avance de los programas hídricos y energéticos ante la Comisión Unida propuesta.

(v) Acceso a la información hídrica

En esta materia se requiere de un sistema de información que cumpla una doble función. En primer lugar, que permita un acceso efectivo, es decir, en un formato que facilite a los ciudadanos, a las empresas y al sector público el conocimiento de la situación hídrica en todas sus dimensiones tal como se detallará más adelante.

En segundo lugar, el registro debe estar actualizado y los puntos sensibles georreferenciados. Estimamos que la información debe considerar la cuenca como base geográfica, y contener por cada una de éstas: i) cantidad de agua disponible para ser utilizada; ii) calidad del recurso hídrico; iii) derechos de aprovechamiento constituidos o reconocidos por ley (v.g. caso de pueblos originarios); iv) declaratorias de zonas de prohibición o áreas de restricción; v) zonas sensibles, tales como: fuentes naturales agotadas; vi) zonas de escasez o áreas de reserva para el abastecimiento de la población declaradas por el Presidente de la República; vii) áreas sujetas a protección especial en donde el recurso hídrico resulte relevante (v.g. vegas y bofedales); viii) áreas de riesgo de aluviones, inundaciones, elevaciones del nivel del mar; ix) infraestructura; x) distintos usos que conviven en la cuenca; xi) organizaciones de usuarios que operan en el área de interés.

Esta red debiese estar mapeada y ser coordinada por la DGA, en razón de las atribuciones y funciones que le corresponden a este Servicio de acuerdo a lo previsto en los literales a) y b) del artículo 299 del Código de Aguas y conforme a lo dispuesto en el Decreto Supremo N°1.220 de 1997 que aprueba el Reglamento Ambiental del Catastro Público de Aguas, pero integrada al Sistema Nacional de Información de Chile (SINIA) que coordina el MMA.

5. Glosario

APR: Agua Potable Rural

DGA: Dirección General de Aguas

DOH: Dirección de Obras Hidráulicas

EAE: Evaluación Ambiental Estratégica

GIRH: Gestión Integrada de los Recursos Hídricos

MBN: Ministerio de Bienes Nacionales

MINVU: Ministerio de Vivienda y Urbanismo

MINSEGPRES: Ministerio Secretaría General de la Presidencia

MMA: Ministerio de Medio Ambiente

MOP: Ministerio de Obras Públicas

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico

OMS: Organización Mundial de la Salud

PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

RIL: Residuo Industrial Líquido

SEGPRES: Ministerio Secretaría General de la Presidencia

SEIA: Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental

SIG: Sistema de Información Geográfica

SINIA: Sistema Nacional de Información Ambiental

SISS: Superintendencia de Servicios Sanitarios

SMA: Superintendencia de Medio Ambiente

UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

ZSPE: Zonificaciones Sujetas a Protección Especial

6. Referencias

Bruna, R. (2016), Desafíos del sector Sanitario: una mirada desde el regulador sectorial. Seminario Sustentabilidad Urbana 2050: Desafíos para la gestión del agua: Santiago, Chile.

Contreras, M. T. (2016), Modeling of flash floods in the Andean foothills: reducing the uncertainty associated with the sediment concentration. Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Farr Associates. (2015), APEC Living Cities. Recuperado a partir de <http://farrside.com/research/apec-living-cities/>

Galilea, V. (2016), Agua y Ciudad: Visión desde la industria sanitaria. Seminario Sustentabilidad Urbana 2050: Desafíos para la gestión del agua: Santiago, Chile.

Gironás, J. (2013), Hacia un diseño urbano sensible al agua. Revista AIDIS 45, 32-37.

INE. (2017), Síntesis de Resultados CENSO 2017. Disponible en: <http://www.censo2017.cl/descargas/home/sintesis-de-resultados-censo2017.pdf>

Lawrence Livermore National Laboratory. (s. f.), Energy Flow Charts. Recuperado a partir de <https://flowcharts.llnl.gov/commodities/energy>

Mansilla, R. (2016), Desafíos y propuestas en la gestión de aguas lluvias. Seminario Sustentabilidad Urbana 2050: Desafíos para la gestión del agua: Santiago, Chile.

MINVU. (1996), Técnicas alternativas para solución de aguas lluvias en el sector urbano. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Santiago, Chile.

MOP. (2013), Manual de drenaje urbano. Ministerio de Obras Públicas. Santiago, Chile.

MMA. (2017), Guía para la Elaboración de Normas Secundarias de Calidad Ambiental en

Aguas Continentales y Marinas. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile.

Observatorio de ciudades UC. (2009), Formulación Sello de Eficiencia Hídrica. Recuperado a partir de: <http://documentos.dga.cl/OTR5402.pdf>.

Nordhaus, W. D. (1996), Do Real-Output and Real-Wage Measures Capture Reality? The History of Lighting Suggests Not. En T. F. Bresnahan & R. J. Gordon (Eds.), The Economics of New Goods (pp. 27–70). University of Chicago Press.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E. F., ... Foley, J. A. (2009), A safe operating space for humanity. *Nature*, 461(7263), 472–475. <https://doi.org/10.1038/461472a>

United Nations. (2009), World Urbanization Prospects The 2009 Revision, Highlights. Department of Economic and Social Affairs Population Division, United Nation.

U.S. Department of Energy. (2014), The Water-Energy Nexus: Challenges and Opportunities. Recuperado a partir de https://energy.gov/sites/prod/files/2014/07/f17/Water_Energy_Nexus_Full_Report_July_2014.pdf

U.S. Energy Information Administration. (2011), Annual Energy Review 2010. Recuperado a partir de <http://www.eia.gov/totalenergy/data/annual/archive/038410.pdf>

U.S. Energy Information Administration. (2012), Annual Energy Review 2011. Recuperado a partir de <https://www.eia.gov/totalenergy/data/annual/pdf/aer.pdf>

U.S. Energy Information Administration. (2013), Energy sources have changed throughout the history of the United States - Today in Energy. Recuperado a partir de <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=11951>

Vicuña, S., Meza, F. (2013), Cambio climático. En Marco estratégico para la adaptación de la infraestructura al cambio climático.