



Sustentabilidad
de la explotación
de las aguas
subterráneas

P. 8



Legislación, normatividad
y competencias para la
gestión integral de aguas
subterráneas

P. 36



De la visión estática
a la gestión dinámica
del agua

P. 48



VERTIENTE

NOVIEMBRE DE 2016, EDICIÓN N°17

El Código de Aguas mirando al futuro

Índice

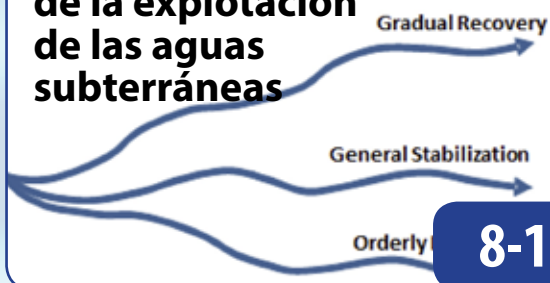
Editorial

1

Visión de Alhsud Chile:
Gestión dinámica de cuencas

2-7

Sustentabilidad de la explotación de las aguas subterráneas



8-13

Visión del Estado:
Perspectiva de la Dirección General
de Aguas

14-20

Gestión integrada
de recursos hídricos y reforma legal

22-26

El mercado como distribuidor del agua

28-35



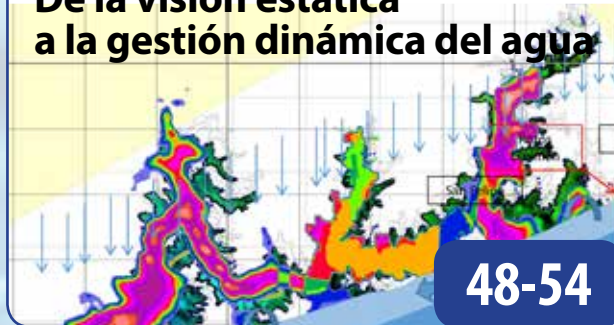
36-42

Legislación, normatividad y competencias para la gestión integral de aguas subterráneas

Visión crítica y propositiva
frente a las modificaciones
en trámite al Código de Aguas

44-47

De la visión estática a la gestión dinámica del agua



48-54

¿Qué están midiendo verdaderamente
sus pozos de monitoreo?

56-60



Directorio de ALHSUD Capítulo Chileno:

Presidente: Pablo Rengifo Oyarce. **Vicepresidente:** Francisco Echeverría Ellsworth. **Director-tesorero:** Gerardo Díaz del Río. **Director-secretario:** Francisco Suárez Poch. **Directores:** Orlando Acosta Lancellotti, José Luis Fuentes Vásquez, Pablo Jaeger Cousiño, Héctor González Maureira, Fernando Peralta Toro, Hernán Llona Gajardo e Ignacio Popelka Jiménez. **Past-Presidentes:** Eugenio Celedón Cariola, Nelson Pereira Muñoz, Jaime Muñoz Rodríguez y Eugenio Celedón Silva. **Comité Asesor:** José Luis Delgado Escárate, Gonzalo Lira Canguilhem, Luis Simón Figueroa del Río, José Luis Arumí y Luis Jorquera Galaz.

Dirección periodística: Pilar Castillo Muñoz.

Diseño y producción: Mónica Maldonado Cea.

Revista Vertiente es el órgano oficial de difusión de ALHSUD Capítulo Chileno y tiene por finalidad entregar información a entidades nacionales e internacionales, autoridades, profesionales, técnicos y estudiantes vinculados a las aguas subterráneas.

Providencia 2330, oficina 63. Santiago de Chile - comunicaciones@alhsudchile.cl - www.alhsudchile.cl

Editorial



Pablo Rengifo Oyarce

Presidente de Alhsud Chile.

Pablo Rengifo es ingeniero civil de la PUC y posee más de 20 años de experiencia profesional en consultoría. Actualmente se desempeña como gerente de Negocio, Medio Ambiente y Recursos Hídricos en Arcadis.

La Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea para el Desarrollo (Alhsud) reconoce su origen en la reunión de hidrogeólogos realizada en Bolivia durante 1987, cuya primera instancia de trabajo culminó en la celebración de la Segunda Conferencia Latinoamericana de Hidrología Urbana de Buenos Aires (Argentina), en 1989.

Tras el paso de destacados especialistas que presidieron nuestro organismo matriz, Aldo Rebouças (Brasil), hasta 1999; Mario Hernández (Argentina), hasta 2006; y Jorge Montaña (Uruguay), hasta 2014; hoy la presidencia de Alhsud (Internacional) está en manos de Miguel Rangel, destacado especialista mexicano y doctor en Ciencias de la UNAM, quien hace sólo tres meses lideró la organización del XIII Congreso Latinoamericano de Hidrogeología, celebrado en Yucatán (México).

Dicha instancia, de la cual Alhsud Chile fue parte activa a través de la participación de nuestro past-presidente Eugenio Celedón Cariola, quien expuso sobre la realidad hídrica en nuestro país, fue el corolario de la estrecha relación que hemos ido generando y cuyo último gran hito fue la realización en Chile del XII Congreso Latinoamericano de Hidrogeología (2014), titulado "Agua, Medio Ambiente y Sociedad". Éste convocó a 800 asistentes provenientes de 20 países, junto a autoridades locales y académicos, que durante una semana se reunieron para intercambiar ideas y conocimientos en torno


a la gestión del agua. Conferencias internacionales, cursos pre-congreso y más de 700 trabajos dieron vida al evento hídrico organizado por Sochid-AIHR y Alhsud, en Santiago de Chile.

Alhsud Chile cuenta con 23 años de activa trayectoria. En marzo de 1993 comenzó su quehacer con la organización del Segundo Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea, realizado en 1994 en Santiago de Chile, que convocó la presencia de altas autoridades, incluido el entonces Presidente de la República, Eduardo Frei Ruiz-Tagle.

A poco andar y conscientes de la necesidad de profundizar el análisis en torno a la gestión del agua subterránea y de los recursos hídricos, a partir de 1996 iniciamos la publicación anual de nuestra revista Vertiente, medio oficial de difusión del conocimiento que este 2016 presenta su edición número 17, titulada "El Código de Aguas mirando al futuro".

Así, en las próximas páginas esquematizamos los principales aspectos abordados y trabajados durante el último año, específicamente en nuestro seminario 2015 y durante el primer semestre de 2016, incorporando el análisis y propuestas de Alhsud Chile en relación a las modificaciones en trámite al Código de Aguas, insistiendo en la necesidad de que una política hídrica para Chile debe estar basada en el conocimiento, cuantificación y buena administración del recurso, mediante una operación informada y monitoreada en terreno, en conjunto con los usuarios y no desarrollada desde la escasez.

Nuestro seminario 2016 tiene como tema central la "Explotación dinámica de acuíferos: Solución para épocas de sequía". Tema de la mayor relevancia, considerando la prolongada sequía que ha afectado a nuestro país en los últimos años, sumado a los efectos del cambio climático y a la creciente demanda por recursos hídricos. Sin embargo, para una eficiente y efectiva gestión dinámica de las aguas subterráneas, que permita usar las importantes reservas existentes en numerosos acuíferos de nuestro país y afrontar los períodos de sequía facilitando posteriormente su recuperación en períodos de abundancia hidrológica (ya sea restringiendo las explotaciones y/o facilitando la recarga artificial de acuíferos), se requiere de voluntad para su realización y un marco jurídico – administrativo apropiado. En este contexto, las reformas al Código de Aguas, actualmente en discusión, plantean una oportunidad única para introducir los cambios requeridos. Estos deben apuntar, principalmente, a favorecer la gestión integrada de cuencas y la flexibilidad en el uso de derechos de aprovechamiento de aguas superficiales y subterráneas.

Finalmente, no puedo dejar de nombrar a mis antecesores: Eugenio Celedón Silva, Jaime Muñoz Rodríguez, Nelson Pereira Muñoz y Eugenio Celedón Cariola. Gracias a su comprometida y entusiasta labor, hoy podemos seguir dando sólidos pasos en el crecimiento de nuestra institución. 

Visión de Alhsud Chile:

Gestión dinámica de cuencas



Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea para el Desarrollo (ALHSUD) Capítulo Chileno.

Visión de Alhsud Chile presentada durante la ponencia realizada por Pablo Rengifo en el Seminario 2015 de Alhsud Chile: El Código de Aguas mirando al futuro.

* Alhsud Chile es un organismo centrado en la difusión del conocimiento y convocatoria al debate participativo e intercambio de ideas de sus socios en torno a la adecuada gestión del los recursos hídricos, promoviendo y facilitando las condiciones técnicas, legales y culturales en beneficio de las personas y de las actividades productivas de los sectores económicos involucrados en el uso del agua (sanitario, agrícola, minero e industrial), bajo criterios de preservación y sustentabilidad.

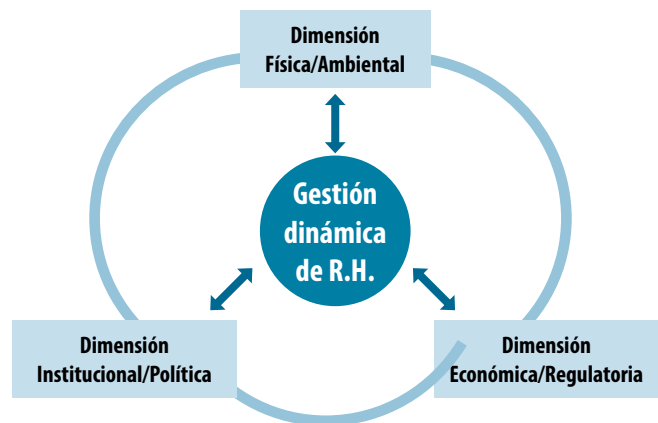
En términos de conceptos, existen tópicos muy conocidos en el ámbito de la gestión dinámica de cuencas, tales como el cambio climático, la sequía –que será un escenario cada vez más recurrente– y otros aspectos asociados a la sustentabilidad.

De distintas maneras, el marco regulatorio ha buscado proporcionarle mayor resguardo a la sustentabilidad y al abastecimiento de agua potable (ambos asociados a gestión del agua), contexto en el cual la gestión dinámica del agua involucra tres dimensiones, que aunque diferentes entre sí, se encuentran altamente relacionadas (ver Figura 1):

1. Dimensión física-ambiental: Corresponde al estudio de las cuencas y de los sistemas.
2. Dimensión económica-regulatoria: Dice relación con las leyes, el Código de Aguas y otros reglamentos
3. Dimensión institucional o política: Funcionamiento de la institucionalidad para la aplicabilidad del marco regulatorio.

A partir de estas tres dimensiones puede concluirse que la principal característi-

Figura 1: Tres dimensiones para la gestión dinámica del agua.



Fuente: Modificado de Water Management in Arid and Semi-Arid Regions (2006).

ca de la gestión del agua es la naturaleza multifacética y compleja del problema; además de que ésta requiere la integración de las ciencias naturales y sociales, que exigen un trabajo interdisciplinario para la definición de estrategias de desarrollo sustentable.

En este contexto, la gestión del agua debe basarse en el conocimiento técnico y en una participación responsable de los grupos interés (público y privado) involucrados en el proceso.

El conocimiento de las cuencas

Las cuencas hidrográficas son unidades territoriales propicias para la gestión del recurso hídrico (ver Figura 2). En ellas se pueden plantear modelos conceptuales de funcionamiento hidrológico (superficial y subterráneo) y balances hídricos para conocer la disponibilidad de éstas; además de desarrollarse herramientas para la gestión, como modelos numéricos.

Figura 2: El Conocimiento de las cuencas - unidad de gestión.

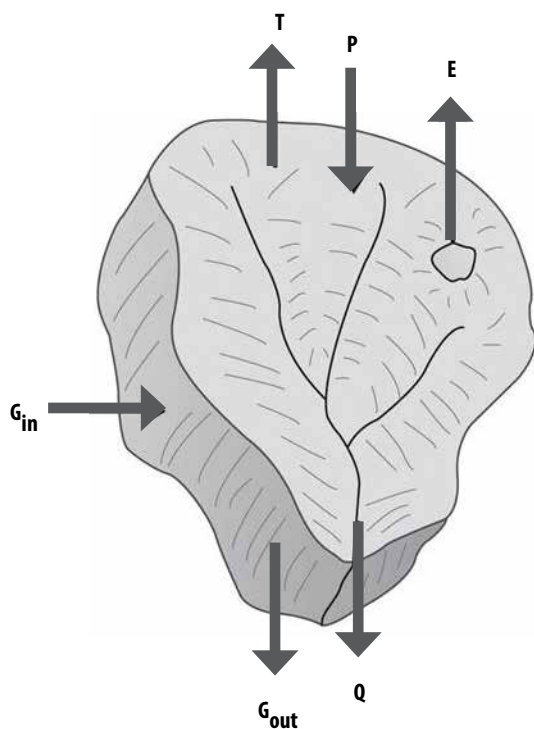


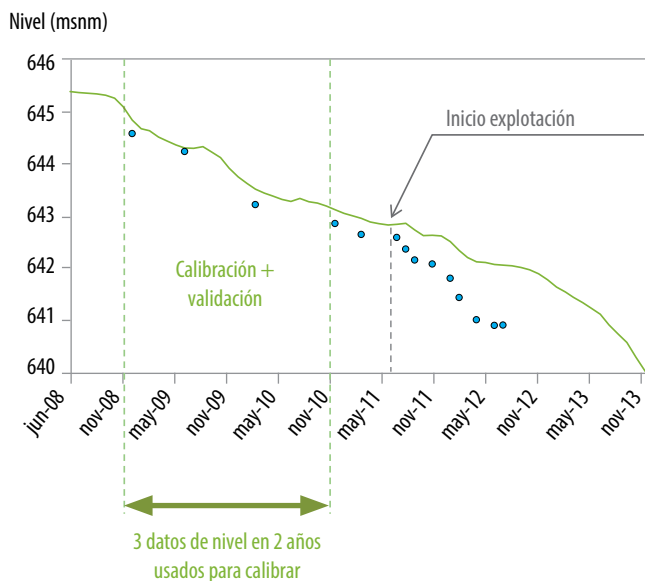
Figura 3: Monitoreo de cuencas.



Sin embargo, el verdadero conocimiento de las cuencas no se establece con modelos, sino que con el uso del recurso hídrico. Así, antes de ello sólo predominarán supuestos respecto de cómo se comportará una cuenca en escenarios de explotación (independiente de la magnitud); mientras que el conocimiento real dependerá de un adecuado monitoreo, determinando cuáles son sus resultado en

términos de caudales, niveles y calidad (ver *Figura 3*), pues sólo al explotar un sistema y medir estas variables se obtendrá información. Por tanto, es patente la necesidad de control y monitoreo, pues en la medida de que se monitoreen adecuadamente los recursos hídricos, principalmente subterráneos, se tendrá mayor certeza respecto del funcionamiento a futuro (ver *Figura 4*).

Figura 4: Resultado de un modelo calibrado que no predice la explotación.



En este contexto, la gestión adaptativa de cuencas toma este conocimiento y lo utiliza para decidir y realizar cambios sobre la distribución del recurso. Entonces, el concepto de utilizar la información para ir generando transformaciones es lo que define la gestión dinámica de cuencas, es decir, la información recopilada y el comportamiento observado en los sistemas determinará las condiciones y ajustes de una operación en una cuenca. Lo anterior, sin embargo, necesariamente requiere de una institucionalidad adecuada en el Estado, de un marco regulatorio acorde a estos procesos y del conocimiento técnico de los organismos que garanticen esta regulación.

Aguas subterráneas y superficiales

La gestión de las aguas subterráneas no puede realizarse con pautas similares al manejo o gestión

de las aguas superficiales, que es como usualmente se ha ejecutado. Por tanto, ambos escenarios no son comparables y requieren de un tratamiento distinto.

La génesis del Código de Aguas chileno radica en el manejo de las aguas superficiales, inclusive, su reforma en trámite no aborda un capítulo específico para el tratamiento de las aguas subterráneas. El desarrollo de éstas, en general, es menos complejo que para el caso de la infraestructura que requiere el manejo del agua superficial. Por ejemplo, una batería de pozos bien planificada puede tardar sólo algunos meses, además de implicar menores inversiones y plazos de ejecución más breves.

No obstante lo anterior, el desarrollo incontrolado de las aguas subterráneas puede causar impacto sobre los ecosistemas, lo que si bien pueden estar compensados por las ventajas socioeconómicas positivas que

Recuadro 1: Algunos elementos donde se requiere coordinación público - privada.

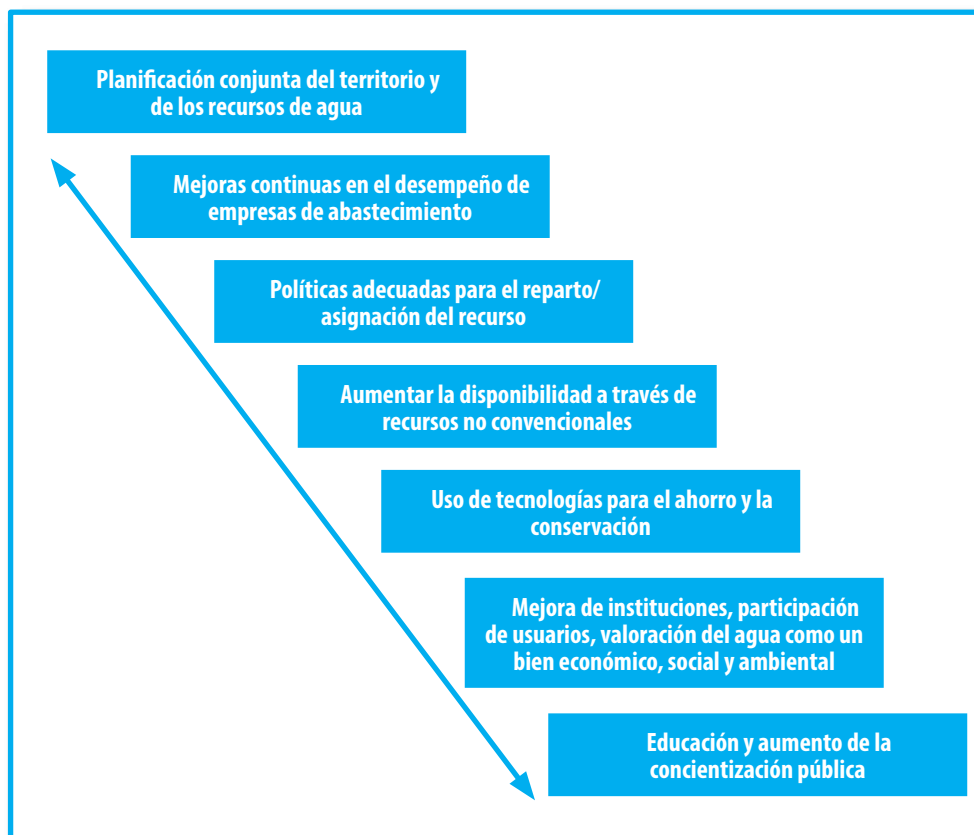
MEJORAS EN EL ABASTECIMIENTO	Exploración de nuevos recursos
	Uso de aguas superficiales y aguas subterráneas
	Desalinización
	Importación de agua y/o transferencia entre cuencas
	Re-utilización del agua
MANEJO DE LA DEMANDA	Mejoras en la infraestructura para reducir pérdidas
	Gestión de cuotas y manejo del abastecimiento
	Mejoras en los métodos de riego
	Reciclaje en el uso doméstico e industrial
POLÍTICAS DE DESARROLLO SOCIAL	Mejoras en procesos industriales y uso de materias primas
	Cambio en prácticas agrícolas
	Cambio en políticas de desarrollo regional
POLÍTICAS INSTITUCIONALES	Políticas económicas (precio del agua, costos de recuperación, incentivos)

Fuente: Modificado de Coping with Water Scarcity (2007).

Figura 5: Uso de recursos de agua no convencionales en la industria minera.



Fuente: El Mercurio. Infografía publicada por diario El Mercurio (octubre, 2015).

Recuadro 2: Principales aspectos para enfrentar escenarios de escasez en zonas áridas.

puedan traer, para el caso de las aguas subterráneas, existirá siempre un impacto mientras se las explote.

Uso de recursos de agua no convencionales

Son utilizados en distintos lugares del mundo y se pueden incorporar a la matriz hídrica. Se trata de recursos no convencionales tales como agua tratada, agua salada, agua desalinizada, captura de niebla, siembra de nubes y trasvase de cuencas, entre otros. Algunos de estos se utilizan con más éxito que otros, sirviendo para poblaciones o industrias de distintos tamaños y con

diversos requisitos de calidad.

Actualmente, en Chile existe un amplio desarrollo del uso de agua de mar, particularmente en el norte del país, tanto para abastecimiento de las ciudades como para la industria minera. En octubre de 2015, El Mercurio publicó un diagnóstico respecto de las inversiones y la dotación de personas que serán abastecidas con agua desalada durante los próximos años; y tal como se evidencia en la infografía de la *Figura 5*, la cifra alcanza las 173 mil personas beneficiadas con la instalación de nuevas desaladoras en el norte.

Este nuevo recurso (el agua desalada) ha sido capaz de

solventar el creciente consumo de agua producto del aumento de la población, así como por el incremento de la demanda debido al desarrollo industrial y a la materialización de nuevos proyectos mineros. Su uso también se ha visto incentivado por el agotamiento de nuevos derechos de agua, por los impactos provocados por el uso de aguas subterráneas y también por causa de los efectos del cambio climático.

Todo esto conlleva a que el uso de distintas fuentes de agua sea fundamental para contar con una matriz hídrica adecuada. En ese sentido, se observa que muchas de estas aguas no convencionales

no forman parte ni son consideradas en la reforma en trámite al Código de Aguas, o al menos no son abordadas con la importancia que debieran tener.

Complementando la cifra anterior, de acuerdo a los datos proporcionados por la Comisión Chilena del Cobre (Cochilco) en 2015, para la minería del cobre se proyecta un aumento de un 330% en el consumo de agua de mar y una disminución del 19% en el consumo de agua fresca a 2026 (ver *Figura 6*). En la minería, estas cifras ya están consideradas e internalizadas para sus próximos proyectos, demostrándose que son los mismos usuarios los que al verse enfrentados a situaciones propias del uso del agua, finalmente buscan fuentes alternativas para el abastecimiento.

Otro tema relevante es el relacionado con el reciclaje y el reúso del agua, cuyos principales procesos orientados a aumentar la "eficiencia del uso" en la industria se ven graficados en *Figura 7*: allí se visualiza primeramente el suministro del agua (que es almacenado y tratado, según sea el caso), utilizado en procesos productivos determinados. Muchas veces esa misma agua puede ser reciclada y aprovechada nuevamente en el mismo proceso; o dependiendo de su calidad, podrá destinarse para uso en nuevos procesos (lo que se conoce como reúso). Finalmente, el agua que no se utilice podrá ser descartada, tratada para aguas de rechazo o para entrar nuevamente al ciclo de uso.

El esquema de la *Figura 7* es un modelo que las empresas mineras tienen incorporado en su ADN. Actualmente son muy eficientes en el uso

del agua, lo cual no sucede en la agricultura, donde su uso, salvo para la región de Copiapó, no presenta el mismo criterio de eficiencia.

Uso conjunto y alternante

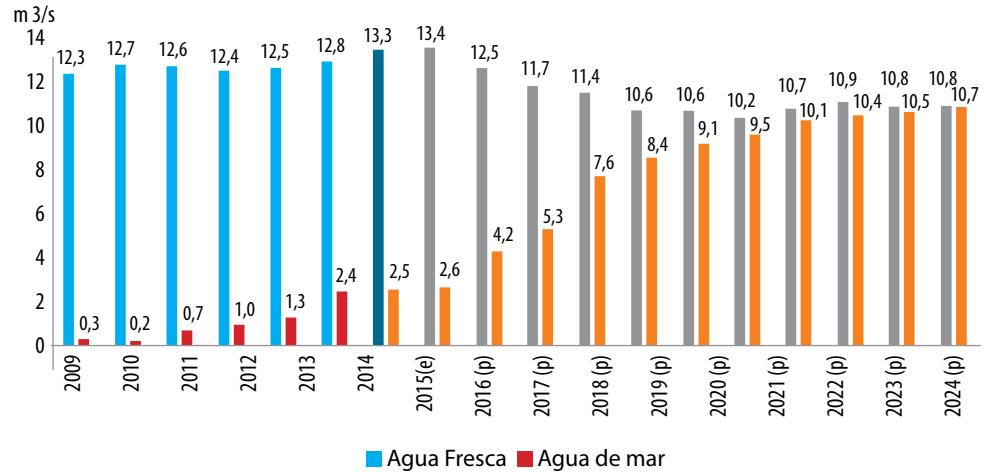
Históricamente, una parte de la demanda de agua se ha cubierto sólo con aguas superficiales, mientras que el resto ha sido con aguas subterráneas (en aquellos sectores donde conviven las dos fuentes). Sin embargo, en las últimas dos décadas se ha incrementado el uso de aguas no convencionales, complementándose con las anteriores.

En función de la demanda, es conveniente establecer un uso alternante de las distintas fuentes, a menos que el precio y la disponibilidad indiquen otra cosa (uso conjunto, por ejemplo). La regla general indica que se debe utilizar más agua superficial durante los años húmedos (que hay más agua en ríos y embalses) y más agua subterránea en los años más secos.

Luego, al aumentar los bombeos en años secos se puede incrementar la disponibilidad y con ello la garantía por el recurso o seguridad de abastecimiento. De hecho, utilizar más aguas superficiales en los años húmedos hace disminuir los bombeos de acuíferos y, por tanto, aumentar su recuperación. Se presentan menores inversiones y costo del agua; se aprovecha más agua superficial sin construir embalses y aumenta el almacenamiento de los acuíferos o disminuye la sobreexplotación.

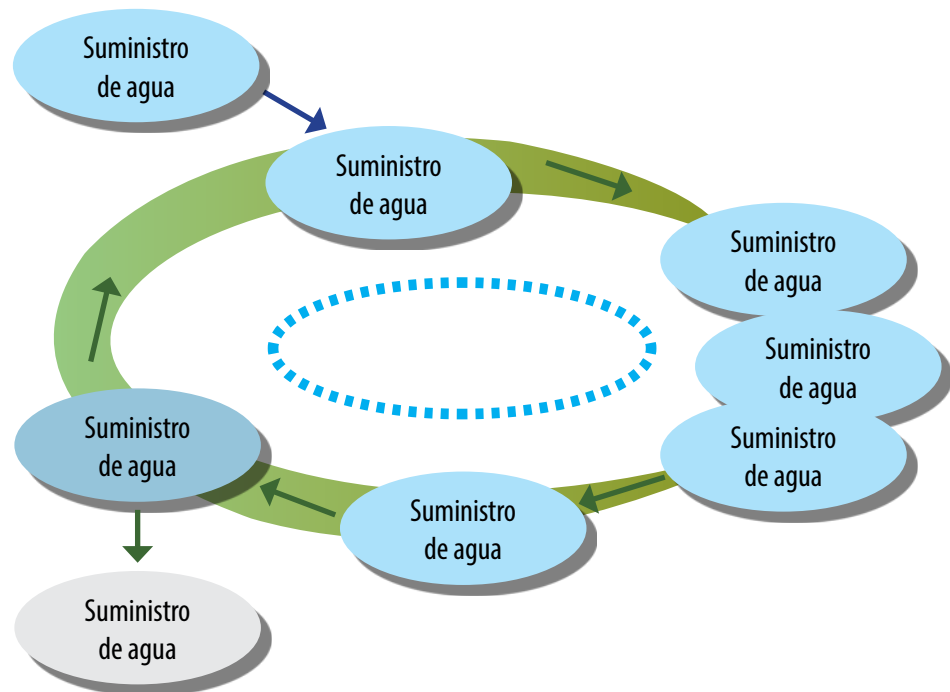
En términos muy generales, una alternativa para recuperar los acuíferos es la recarga artificial, la cual se observa en la Figura 8 a través de un ejemplo que

Figura 6: Proyección de uso de agua fresca y de agua de mar para la minería.



Fuente: Cochilco, 2015

Figura 7: Reciclaje y reúso del agua en la industria.



Fuente: Modificado de Copinh with Water Scarcity (2007).

muestra cómo a nivel de una cuenca se pueden realizar distintas obras para favorecer la infiltración hacia las aguas subterráneas.

Entonces, favoreciendo las condiciones de infiltración, el sólo hecho de planificar el uso adecuado del territorio conlleva a la optimización del recurso para la reducción de la

pérdida de agua y la recarga de los acuíferos.

Así, se cumple la premisa del uso conjunto y alternante, que consiste en satisfacer las demandas según su ubicación y necesidades específicas de cantidad y seguridad (entre otras), combinando las distintas fuentes de agua a los menores costos de producción

y respetando el cuidado del medioambiente (ver Figura 9).

Participación de grupos de interés

Las mejoras en el abastecimiento, el manejo de la demanda, las políticas de desarrollo social e institucional requieren de la participación de los usuarios del

agua y del Estado. Ésta debiese ser obligatoria, asumiendo cada cual una responsabilidad mínima en la gestión conjunta de un recurso que es vital para la vida de las personas y para el desarrollo del país, y en la cual todos los actores debiesen ser parte activa, tanto para su gestión como para la toma de decisiones.

Conclusiones

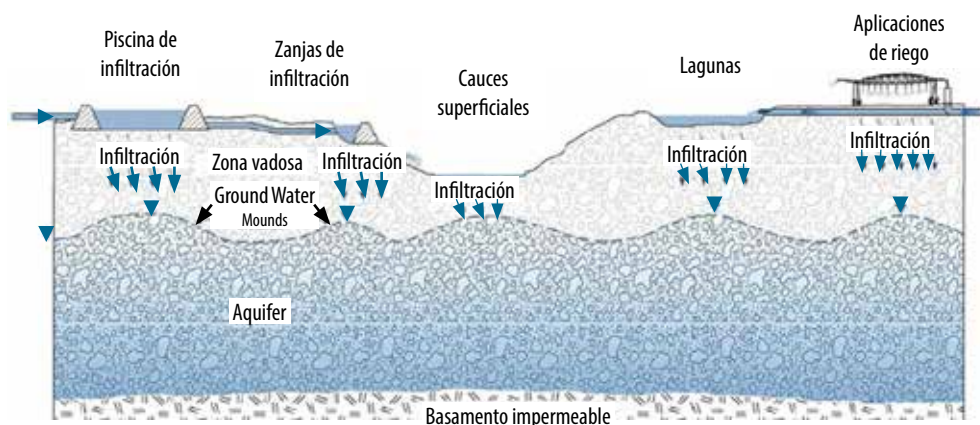
El problema de la gestión del agua es complejo y requiere de un trabajo interdisciplinario para avanzar en la búsqueda de soluciones. En este contexto, es relevante entender que el verdadero conocimiento se obtiene a partir de la explotación, para lo cual también es preciso disponer de un marco regulatorio apropiado. Asimismo, también se debe contar con un adecuado monitoreo y con la capacidad técnica necesaria de parte del Estado.

Las aguas superficiales, subterráneas y otras no convencionales se deben utilizar de manera alternante o combinada, según produzcan mayor beneficio. Igualmente, es fundamental contar con una mayor participación y responsabilidad de los usuarios de agua a nivel de cuenca, incluyendo al Estado, para la coordinación eficiente y segura de su uso.

En Chile existe un buen diagnóstico de la situación y se debe seguir avanzando en la ejecución de los planes.

Finalmente, el pensamiento de Alsud Chile plantea que: "Una política hídrica para Chile debe basarse en el conocimiento, la cuantificación y la buena administración de los recursos, mediante una operación informada y monitoreada en terreno, en conjunto con los usuarios del recurso y no desarrollarse desde la escasez".

Figura 8: Recarga artificial para la recuperación de acuíferos.



Fuente: Modificado de Copinh with Water Scarcity (2007).

Figura 9: Uso conjunto - uso alternante combinando distintas fuentes de agua.



Sustentabilidad de la explotación de las aguas subterráneas



Emilio Custodio*

Ponencia realizada durante el Seminario 2015 de Alhsud Chile "El Código de Aguas mirando al futuro".

* El doctor Emilio Custodio es profesor emérito de Ingeniería de Terreno-Hidrogeología- Hidrología subterránea de la Universidad Politécnica de Cataluña (Barcelona, España), Presidente de la Consejo Asesor de la Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea y miembro honorario de Alhsud. Posee más de cuarenta años de trayectoria profesional en áreas relativas a la hidrología subterránea, hidrogeología, hidrogeoquímica e isotopía ambiental, recursos de agua y técnicas nucleares.

La ley de aguas no es sólo un elemento legal, sino también técnico. Para el caso de España (ver Figura 1), a través del Tribunal de las Aguas de la Vega de Valencia –institución que data del año 960 aproximadamente– los regantes han acordado que mediante un tribunal nombrado por ellos se decidan las diferencias que puedan existir sin posibilidad de apelación. Este sistema, con más de mil años de funcionamiento, refleja que cuando verdaderamente las personas sienten que el agua es un elemento esencial para sus vidas, pueden llegar a instancias de acuerdo.

Un aspecto técnico que debe manejarse es que el ciclo del agua (ver Figura 2) es un concepto básico para la gobernanza del recurso y que, por tanto, debe considerarse a la hora de establecer una ley de aguas. Sin embargo, pese a lo elemental que pueda resultar, muchas leyes en materia hídrica se han generado sin considerar el ciclo del agua, que establece una íntima relación entre sus componentes, como lo son las aguas subterráneas y superficiales. Así, deberá hablarse siempre del conjunto de elementos, reconociéndolos



Figura 1: Tribunal de las Aguas de la Vega de Valencia, en funcionamiento desde el año 960.



expresamente en la legislación y en la gobernanza.

Conocimiento del agua subterránea

Este proceso debe iniciarse desde la hidrología subterránea (ciencia aplicada que incorpora a la ingeniería y tecnología), que integra componentes ambientales, económicos y energéticos, los cuales de a poco se han integrado con los aspectos legales, administrativos, sociales y éticos, todos elementos que no pueden disociarse unos de otros.

Entonces, para el caso de las aguas subterráneas se deben considerar una serie de facetas, como su calidad de soporte esencial para los valores ecológicos y como elemento de abastecimiento; su componente económico y el hecho de que se transforma en una reserva a largo plazo para la mitigación de sequías, cambios climáticos y especialmente, para los cambios globales. Este último fenómeno presenta implicaciones energéticas, pues en muchos lugares del mundo la profundidad de bombeo es tan elevada que supone una parte importante del consumo energético de una determinada región, por lo que hay que integrarlo con otros recursos hídricos, naturales y actividades territoriales.

Así, la forma adecuada de acción e integración de todas estas facetas varía de acuerdo a la problemática a tratar. No es lo mismo el abastecimiento agrícola, que el humano o industrial; así como tampoco serán necesariamente iguales las características geográficas y climáticas de determinadas zonas en un mismo país, lo cual para el caso chileno queda graficado en las diferencias que presenta el norte y sur del país, con algunas zonas una escasez relativa de forma estacional, frente a otros sectores en los que esto ocurre como algo sistemático.

Estas diferencias deberán ser consideradas por la legislación, pues se trata de un proceso no estático que está en continuo cambio, en el cual deben considerarse aspectos como la calidad del agua, su real disponibilidad y también de la existencia de otros recursos, como los recuperados y producidos (por desalinización y desalobración).

Todo este conocimiento es incierto, pues en la naturaleza la incertidumbre es una característica que acompaña a los recursos naturales y hay una parte de esta que es reducible a través del estudio, observación, control y modelación, acciones que requieren de inversión y que son viables en la medida de que los usuarios dispongan

de recursos para ello. Así, para el establecimiento de una legislación y planificación y gestión del recurso, siempre deberá internalizarse esta incertidumbre, pues de lo contrario, se presentarán continuamente problemas en la aplicación práctica de la ley.

El papel de las aguas subterráneas

Las aguas subterráneas cumplen el rol de mantener el caudal base de los ríos, manantiales, humedales, lagos y de los ecosistemas hídricos. Además, proporcionan servicios ecológicos de valor social, a los cuales también se les pueden otorgar un valor económico, independiente de su utilización.

Y si bien este rol de las aguas subterráneas viene intrínseco con éstas, desde hace menos de un siglo que se ha perfeccionado su uso, convirtiéndose en un aspecto relevante no sólo para la naturaleza y sus servicios, sino también para el hombre, pues es un recurso vital y económico, un bien social y cultural, y una reserva a largo plazo que se mantiene al servicio de los ecosistemas.

En este escenario se genera una competencia entre sus diferentes usos. El cómo compartir estos recursos es una cuestión política, social y administrativa, sin embargo,

también involucra aspectos técnicos. Ambos lineamientos deberán estar vinculados, pues sin conocimiento no se encontrarán las soluciones más efectivas. Es decir, la técnica aportará el conocimiento, mientras que la decisión será política, social y administrativa, lo cual deberá reflejarse en la

legislación y en la actuación administrativa que derive, que es el sujeto básico de la gobernanza del agua.

Definiciones sobre aguas subterráneas

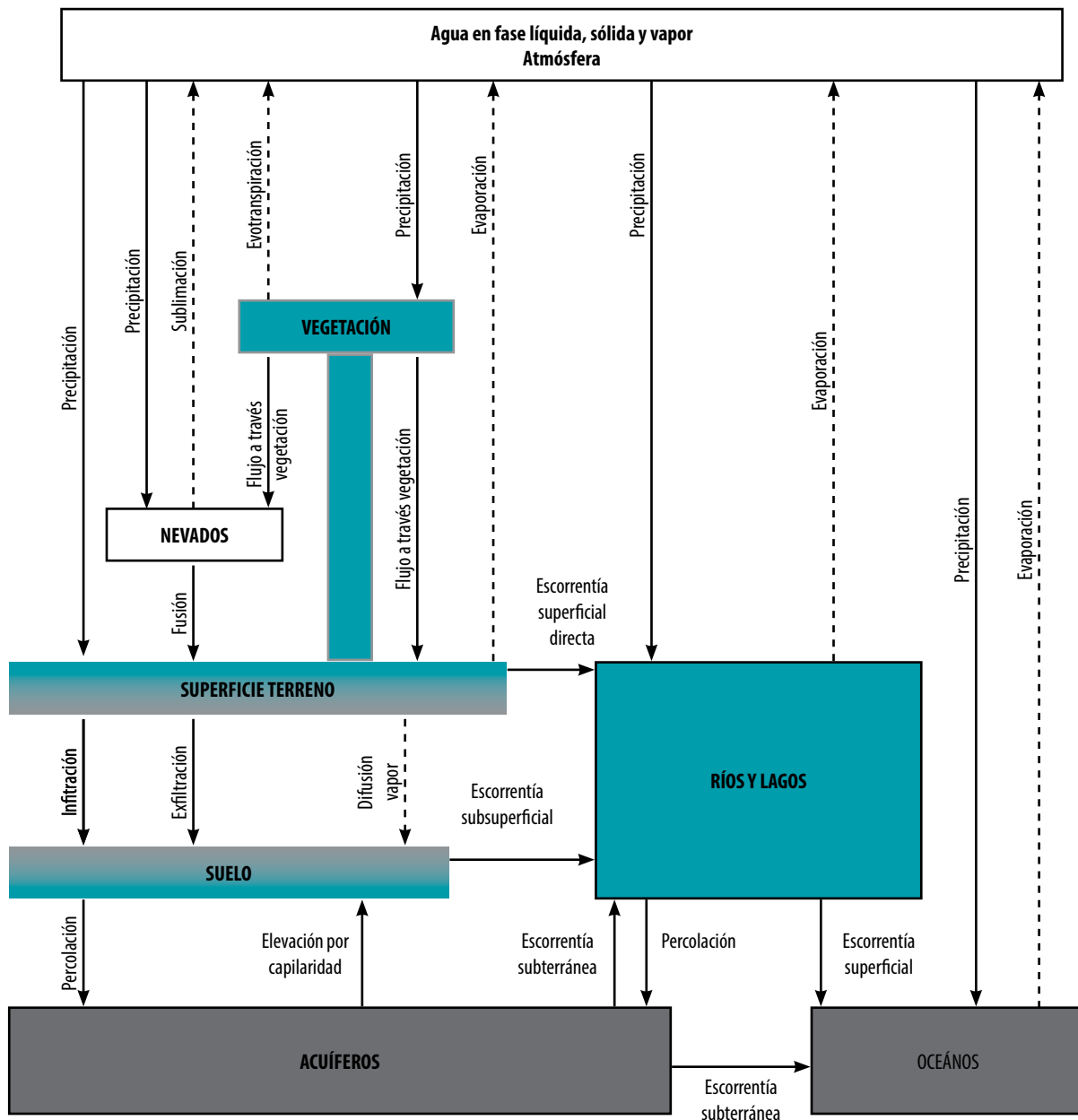
Si bien no existe consenso, se habla de recursos renovables al

referirse al agua, pues se concibe como un elemento que nunca se acabará. Dentro de los recursos renovables se consideran la recarga difusa por precipitación (lluvia + nieve), el intercambio entre ríos y lagos, la interacción de acuíferos y acuitardos, y los retornos de riego y fugas consolidadas. Esto es lo que se

renueva anualmente, en algunos períodos más que en otros, pero que a largo plazo presentan un valor promedio.

Si se extrae agua de un acuífero, algo cambiará en éste, y por tanto, existirá una externalidad negativa y una afección asumible, lo cual involucra aspectos sociales y políticos, ya

Figura 2: Esquema conceptual del ciclo hidrológico.



sea para la autorización de su uso como para su restricción. Las reservas de aguas subterráneas –representadas por el volumen de agua que hay en los acuíferos y que es posible extraer– en un país semi húmedo no implican más accionar que la regulación que se produce entre una época seca y otra húmeda. Sin embargo, en los países áridos, donde dichas reservas pueden vaciarse, se exige que la gobernanza y legislación enfrenten y manejen estas consecuencias como una realidad.

Efectos de la explotación

Al explotar un acuífero en estado natural se cambia radicalmente el sistema de flujo. Ya que el agua subterránea que se extrae proviene de otro sitio, no se dispondrá de ésta como caudal de base de los ríos ni manantiales, además se reducirá

la evapotranspiración, producida en áreas de humedales con valores ecológicos relevantes.

Y si bien depende de las condiciones y tamaño de cada acuífero, ante una explotación iniciada en un determinado momento, la reacción se producirá en los siguientes 10, 50 e incluso 100 años venideros. Ya que sus efectos se manifiestan tan a largo plazo, tocan una dimensión que difícilmente abordan las legislaciones, pues sus consecuencias pueden ir más allá de la vida política e incluso ni siquiera son percibidas por la sociedad.

Este aspecto debe ser atendido, pues actualmente y tras varias décadas de explotación, los problemas que hoy se evidencian no fueron provocados por la generación actual. Consecuentemente, las dificultades que hoy se provoquen se presentarán

como un corolario para las generaciones venideras.

Explotación intensiva

La consecuencia del uso intensivo del agua subterránea es la modificación del ciclo hidrológico y de sus relaciones internas y externas. A cambio de esto podrán evidenciarse notables beneficios económicos y sociales, los que ciertamente también irán asociados a costos directos e indirectos, como afecciones medioambientales y otros resultados, que podrán ser considerados negativos o positivos, según la perspectiva de cada usuario.

Para extraer el agua subterránea hay que producir cierto abatimiento y el consumo energético va aumentando con el tiempo. Esto no es grave si se estabiliza rápidamente con un descenso pequeño, sin

embargo, en muchos sistemas el coste energético del agua puede ser tan grande para alcanzar una nueva estabilización, que esto provoca que la explotación del recurso no termine siendo sustentable en términos económicos y sociales, aun cuando lo sea desde el punto de vista hidráulico.

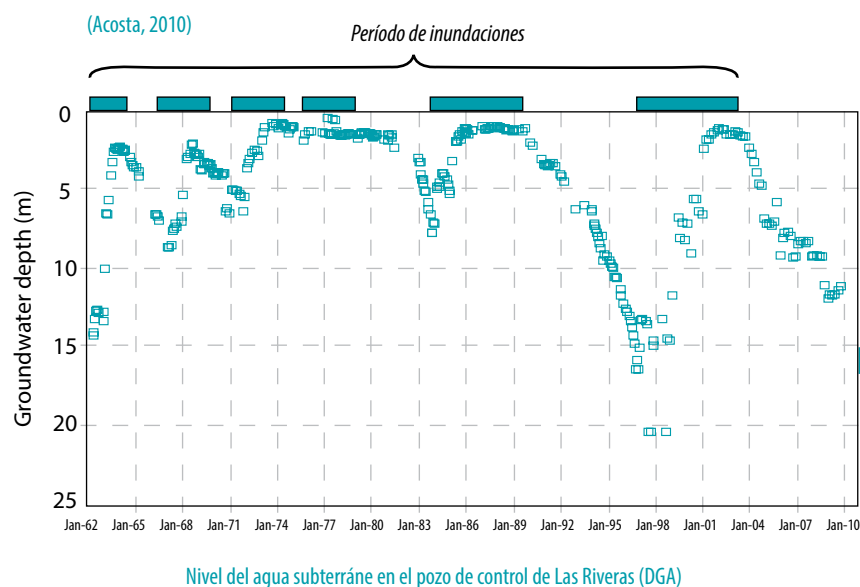
En cualquier escenario habrá que atender estas consecuencias y considerarlas a la hora de legislar, generando acuerdos que impliquen que la gobernanza y la planificación del agua sean posibles.

La experiencia del uso

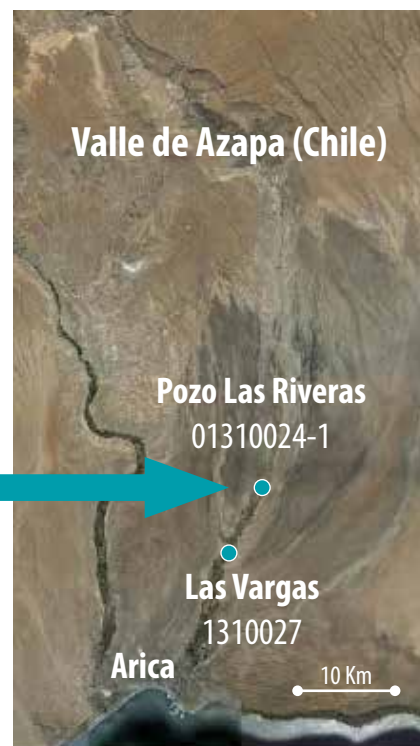
intensivo

La explotación intensiva del agua subterránea comenzó en Estados Unidos durante la época de 1920, por tanto, todavía no cumple 100 años. En Canarias (España) se inicia

Figura 3: Explotación intensiva en un acuífero aluvial recargado intermitentemente.



1996 → Decreto administrativo de zona de prohibición por rápido descenso del nivel freático.
En un siguiente período de lluvias intensas → recuperación



Zona de prohibición: Suspensión permanente de entrega de derechos de agua.

Fuente: Acosta, Orlando. Información: DGA (2010).

previamente a esa fecha; en México y África del Norte comienza en la década de 1940; en el resto España, países árabes y Australia en 1960; en India, Pakistán y China a partir de 1980; mientras que en Chile comienza a partir de la década de 1990.

La experiencia es más bien reciente, pues sus efectos son diferidos, lo que provoca que reiteradamente se deba replantear la legislación de las aguas, debiendo tomar decisiones “no tan justas”, pero que sean lo suficientemente amplias como para poder acomodar esta variabilidad.

En la *Figura 3* se observa la zona de Arica en Chile, cuyos acuíferos –cuando son explotados– presentan grandes descensos. ¿Por qué se producen éstos? Si esta figura representa las épocas en las que la pluviometría permite una recarga significativa al acuífero, hay períodos más o menos dilatados (las clásicas sequías que ocurren en todos los lugares del mundo), pues las aguas subterráneas proporcionan un almacenamiento que permite que el recurso esté disponible durante la sequía y mientras se recupera. Así, el descenso que se observa en el gráfico de la *Figura 3* no se torna preocupante en la medida de que se pueda retornar al punto inicial, pues forma parte de la sustentabilidad, siendo función de los acuíferos su llenado y vaciado.

Sin embargo, en este proceso sí se producen impactos ecológicos y en los servicios de la ecología, cuyo aspecto hay que prever respecto de cómo se compensarán esas pérdidas que produce la propia naturaleza del agua en el sistema.

Aspectos económicos del agua subterránea

El agua subterránea presenta aspectos económicos muy relevantes de considerar a la hora de la planificación y que deben ser objeto de la gobernanza del agua y del territorio, puesto que

las acciones territoriales tienen una influencia importante sobre la disponibilidad de las aguas subterráneas a través del impacto que, por ejemplo, puede tener sobre la recarga.

Esto debiera ejecutarse para que los beneficios directos de los usuarios sean mayores que los costos directos. Más importante aún es que para la sociedad, desde el punto de vista de la gobernanza, los beneficios totales obtenidos en la cuenca hidrográfica (o en la región) sean mayores que los costos totales.

Gobernanza del agua subterránea

Desde el punto de vista legal, la gobernanza del agua subterránea representa las reglas de los sistemas políticos para resolver conflictos entre actores y aportar decisiones. Desde la perspectiva de la legitimidad, en tanto, se dispone para el adecuado funcionamiento de las instituciones. Finalmente, desde el enfoque participativo, se establece para ser aceptada por el público y para lograr

el consenso a través de mecanismos democráticos.

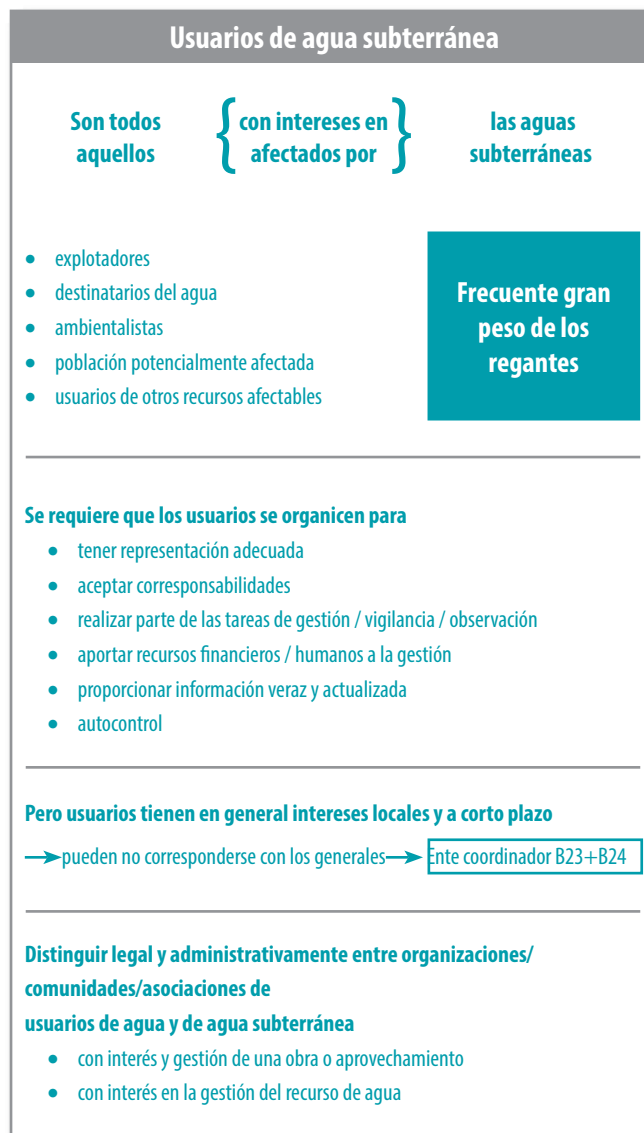
La gobernanza se evidencia como el mejor sistema para gestionar las aguas subterráneas y las aguas en general, lo cual implica una responsabilidad a nivel gubernamental, la cual también debe contar con los usuarios directos e indirectos. La sociedad civil, en tanto, a mediano plazo tiene la misión de medir las variaciones que se producirán en el tiempo; mientras que las decisiones políticas a largo plazo deberán considerar que existen derechos existentes que podrán ser supeditados al bien común, dando determinadas garantías, pues si estas no existen nadie invertirá en aguas subterráneas, superficiales ni en desalinización.

Legislación de las aguas subterráneas

La normativa varía mucho según la región y supone la existencia de derechos que suelen ser poco flexibles ante la necesidad de modificaciones, situación que generalmente provoca importantes dificultades.

Así, si los problemas reales no se abordan desde el punto de vista de los usuarios, se puede llegar a una situación de insumisión hidrológica, lo que implica que si un particular necesita agua, intentará extraerla de cualquier forma, sin considerar necesariamente lo establecido por la administración. Para efectos prácticos, siendo el agua subterránea un recurso de dominio público en muchas partes del mundo, parte de éstas podrían continuar luego bajo el dominio privado de acuerdo a alguna excepción legal.

La única posibilidad de que la vigilancia sea correcta es siendo practicada por los usuarios y la población. Y si



bien la legislación pretende que sea la administración la que lleve el control, si este proceso no se realiza con los usuarios, dicha normativa carecerá de elementos básicos para su aplicación.

Gestión del agua subterránea

Si existe una gobernanza, ésta vive su cotidianidad en la gestión del agua. Para las decisiones que se tomen se requiere que los usuarios se organicen y cuenten con una representatividad adecuada, que asuman responsabilidades y se vinculen a las tareas de gestión, vigilancia y observación, aportando también recursos financieros y humanos.

Si un acuífero representa un beneficio para un determinado sector de la sociedad y necesita de vigilancia, monitoreo y estudios, lo lógico es que el costo de éstos servicios sea financiado por quien recibe dividendos del acuífero. Si esto no ocurre en una primera etapa y el Estado entrega subvención, éste debe ser a corto plazo y en determinadas condiciones, pero no de manera permanente.

La planificación del agua implica la creación de un marco para disponer de los recursos hídricos a mediano y largo plazo, para que los años que vengan en un futuro, que no se sabe cómo serán, pero que al menos pueden intuirse, sean lo menos dramático y difícil de sobrellevar.

Los usuarios del agua subterránea representan un aspecto muy importante de las legislaciones. Cada país tiene sus formas, además de los aspectos éticos y morales que existen para uso de los acuíferos. Y ya que degradación y contaminación puede ser irreversible, resulta imperativa la existencia de una administración muy ligada a la sociedad civil, en el que el marco del agua no opere sólo

como una ley, sino como una directriz desde el punto de vista medioambiental.

Conclusiones

Para que cualquier acción en relación con las aguas subterráneas, hace falta que la normativa y la sociedad civil propicien el conocimiento, la observación, el monitoreo y la interpretación de datos.

Además, es necesario poder contar con un modelo hidrogeológico de funcionamiento sólido, validado y actualizado, con apoyo hidrológico e hidrogeoquímico-isotópico que considere las relaciones con aguas superficiales y otras.

Es fundamental la utilización de herramientas de estudio y análisis apropiadas, adecuándose a la importancia que presente cada caso, considerar que no sólo cada país es único, sino que cada lugar también lo es. Así, podrán generarse los planteamientos más apropiados ante la situación real hidrológica, económica y social que presente una determinada zona.

Asimismo, la normativa legal debe ser general, flexible y acomodarse a las excepciones, de modo que no cree disfunciones locales; con detalles disponibles para normativas de menos rango.

En este contexto, tanto Chile como España evidencian similitudes al presentar notables diferencias hidrológicas, económicas, sociales y de entorno en sus respectivos territorios, lo que para el caso chileno se evidencia en sus diferencias existentes entre el norte y sur del país. En este escenario, si bien ambas naciones muestran parecidos, al compartir aspectos históricos, de conocimiento e idiosincrasia, todas las comparaciones han de realizarse con gran prudencia, no pudiendo traspasar con superficialidad desde un país a otro su modelo de gestión.



smart-wells

Pozos inteligentes

Control a distancia

Información online

No se quede
sin agua
smart-wells
la diferencia
entre suponer
y saber



COMPAÑÍA CHILENA
DE PERFORACIONES LTDA.
agua subterránea

Tel: 2 2739 2971 - info@pozosdeagua.com
www.smart-wells.com

Visión del Estado:

Perspectiva de la Dirección General de Aguas



Carlos Estévez Valencia*

Ponencia realizada durante el Seminario 2015 de Alhsud Chile "El Código de Aguas mirando al futuro".

* Carlos Estévez es abogado de la Universidad de Chile y actual director nacional de la Dirección General de Aguas (DGA) del Ministerio de Obras Públicas (MOP). Se ha desempeñado como Director del Programa Nacional de Acceso a la Justicia del Ministerio de Justicia, Secretario Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo de la Región Metropolitana, Coordinador de Asesores del Ministro de Obras Públicas, Coordinador Legislativo del Ministro de Hacienda y asesor legislativo de Televisión Nacional de Chile.

El diagnóstico de la Dirección General de Aguas (DGA) se desarrolla a partir de las vulnerabilidades que se identifican en el marco legal e institucional. Al respecto, se ha advertido que Chile presenta una gran heterogeneidad hídrica, con herramientas y normas homogéneas que se aplican para abordar cuencas que son claramente diferenciadas unas de otras.

Sólo desde la perspectiva de la escorrentía de las aguas superficiales, Chile supera nueve veces la media mundial de escorrentías per cápita, sin embargo, en la Región Metropolitana el promedio es quince veces menor a la media mundial y 130 veces menor que la chilena, lo cual evidencia esta gran heterogeneidad hídrica.

Luego, frente a los fenómenos provocados por el Cambio Climático –cuyo escenario se contraponen con un marco legal que fue diseñado para la abundancia– se hace patente el hecho de que la escasez se regula muy excepcionalmente y en un sólo artículo (Art. 314), además del hecho de que los derechos de agua se entregan a perpetuidad, con la única (o, al menos, la más importante) limitante de la disponibilidad.

Un tercer diagnóstico es que ante el imperativo urgente de contar con herramientas flexibles para la gestión de un recurso escaso, el Código

de Aguas de 1981 tiende a rigidizar el problema de sobreotorgamiento del recurso, más que a darle una solución. Además de ello, se privilegia excesivamente el componente jurídico por sobre la investigación aplicada, la gestión y la planificación, tanto en la visión como en la gestión que realiza la Dirección General de Aguas sobre la materia.

Ante la necesidad de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos, se han identificado a más de cuarenta organismos con más de un centenar de funciones, lo que demuestra que son demasiados los «alters» para las Organizaciones de Usuarios del Agua (OUA) y que esto genera atomización, ineficiencia, sobreotorgamiento, yuxtaposiciones, puntos ciegos y desconfianza.

Y si bien el agua es un bien nacional de uso público, lo cual está establecido en los artículos del Código Civil y del Código de Aguas, surge la interrogante de cómo se garantiza ello cuando ni siquiera es aplicable para dar garantía al derecho a la vida por sobre el derecho a la propiedad. Esta es una pregunta que requiere una respuesta frente a la discusión sobre el actual marco legislativo, pues el funcionamiento de un mercado de derechos sobre un bien de uso público requiere tener tutela pública y de un sólido sistema de vigilancia del recurso.

Finalmente, en un último aspecto diagnosticado por la

DGA, se constata que Chile carece de una Política Nacional Hídrica vinculante. Más allá de los documentos elaborados y publicados sobre estrategias y directrices en materia hídrica, estos si bien representan aportes a la discusión, no son vinculantes. Además, se necesita una adecuada gobernanza para la gestión integrada del recurso por cuencas y de un marco normativo e institucional que así lo posibilite. Desde esa perspectiva, el Gobierno de Chile ha abordado estos desafíos combinando básicamente tres dimensiones: a) gestión, b) inversiones y c) nuevas regulaciones e institucionalidad.

Lineamientos de la Reforma Legislativa

De las seis líneas que la DGA ha planteado a la Reforma Legislativa, tres de ellas son proyectos de ley que se encuentran en trámite y se trata de indicaciones sustitutivas. El primero de estos plantea la intensificación del carácter de bien público de las aguas, del principio de sustentabilidad del acuífero y de la tutela del Estado (Boletín 7543-12). El segundo es sobre el fortalecimiento de las atribuciones públicas para generar información, fiscalizar y sancionar. (Boletín 8149-09); mientras que el tercero se refiere a la indicación sustitutiva que se presentó sobre la ley especial de protección de glaciares (Boletín 9364-12).

Respecto de los otros tres lineamientos –que están constituidos como anteproyectos de ley en trabajo pre legislativo– existe uno relativo a las modificaciones al título de las organizaciones de usuarios de aguas (2015-2016) y en cuya discusión se ha trabajado conjuntamente con la Confederación de Canalistas de Chile (CONCA) y con el Capítulo Chileno de la Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea para el Desarrollo (ALHSUD), entre otros organismos.

Además, la DGA ha fortalecido el ingreso a la discusión parlamentaria de la Subsecretaría del Agua en el Ministerio de Obras Públicas (MOP), con el objetivo de convertirla en una institucionalidad coordinadora de todas las actividades en materia hídrica, con impacto

presupuestario y con la capacidad de fijar la Política Nacional Hídrica.

Finalmente, además del trabajo en el anteproyecto de Gestión Integrada del Recurso Hídrico por cuencas, a partir de 2016 la DGA trabaja en experiencias pilotos sobre cuencas del país, como Choapa, Maule y Copiapó.

Directrices de la Reforma

Se prioriza el uso del agua para el consumo humano, fines de subsistencia y se establecen criterios de interés público, tanto para constituir derechos como para limitar su ejercicio, de conformidad a las disposiciones del Código de Aguas (Art. 5).

Además, se fortalece la facultad de la administración para el prorrato de las aguas, tanto superficiales como subterráneas. En el caso de las superficiales, una de las notas más interesantes

es que en aquellos lugares donde existen varias Juntas de Vigilancia se posibilita el prorrato aguas arriba y abajo sin necesidad de intervenir el río. En el caso de las aguas subterráneas, se modifica el artículo 62, orientado a la sustentabilidad del acuífero.

Para los nuevos derechos se establecen concesiones de hasta 30 años, los que son prorrogables salvo que se acredite el no uso efectivo del recurso (Art. 6 bis). Y para los derechos vigentes, al publicarse la ley se mantienen con los mismos atributos (uso, goce y disposición); Art. 1° transitorio. Para derechos nuevos y antiguos, estos podrán ser enajenados libremente y se extinguirán si no se hace un uso efectivo del recurso, es decir, con las obras para adecuada extracción, ya sea en 4 años para los derechos consuntivos o de ocho años para los no consuntivos (Art. 6° bis).

Respecto de los artículos antiguos de la norma transitoria, los fortalecimientos de facultades de la administración afectan, por tanto, a todos los derechos. A los grandes usuarios, titulares o a las organizaciones de usuarios se les obliga a instalar un sistema de medición de los caudales extraídos y también de transmisión de esta información a la Dirección General de Aguas (Art. 38) y se establece una sanción que actualmente no existe y por tanto, debe aplicarse el artículo 173 con un máximo de 20 UTM para ello. Esta misma obligación aplica para cualquier extracción de aguas subterráneas en áreas que sean de restricción o en zonas de prohibición.

Priorización de usos para la función de subsistencia

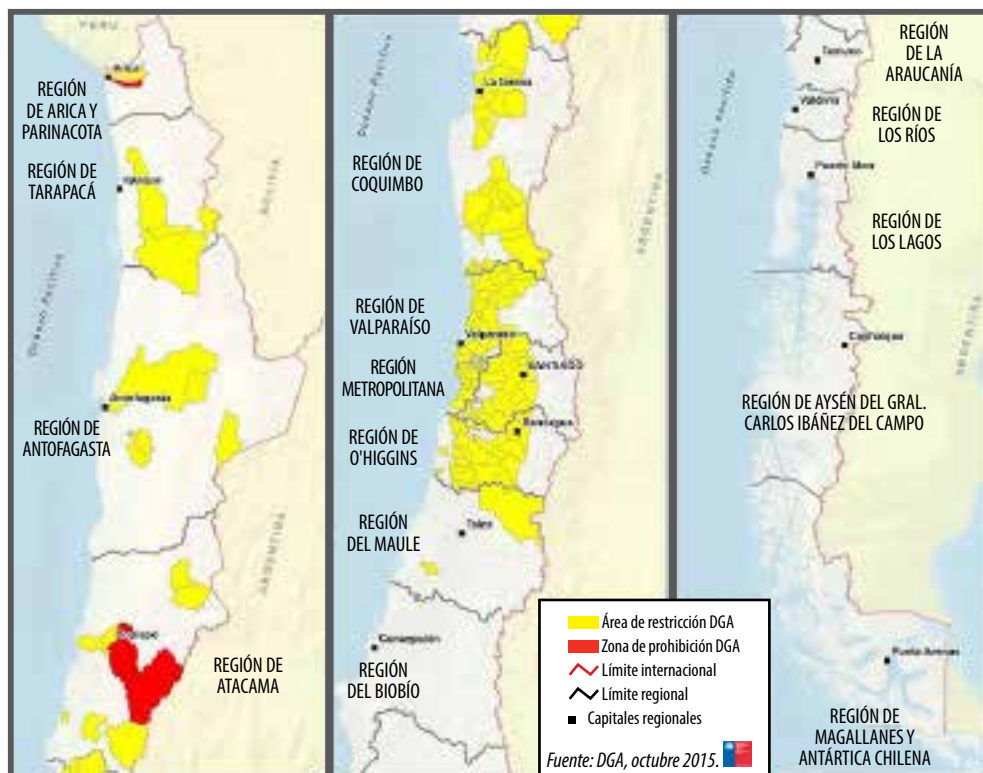
Lo primero que se establece es que va a prevalecer siempre el uso para el consumo humano, el uso doméstico de subsistencia y el saneamiento, tanto en el otorgamiento, como en la limitación al ejercicio de los derechos de aprovechamiento (Arts. 5 bis, 17, 62 y 314).

Además, se crea un permiso transitorio para que los Comités y las Cooperativas de Agua Potable Rural (APR) aprovechen las aguas solicitadas (hasta 12 litros por segundo), esto mientras se tramita la solicitud definitiva (Art. 5 bis).

Se establece también la posibilidad del Estado de reservar aguas disponibles, para otorgarlas luego en concesión y satisfacer los usos de la función de subsistencia. Y cuando se concedan derechos de aguas para el consumo humano y el saneamiento, no podrán utilizarse dichas aguas para fines distintos, no pudiendo venderse ni enajenarse.

Se modifican los artículos 20 y 56 –que son las excepciones a la regla general al sistema de trato separado entre aguas y tierras– permitiéndose que,

Recuadro 1: Situación actual áreas de restricción y zonas de prohibición.



Fuente: Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas.

con la finalidad de satisfacer la bebida y los usos domésticos de subsistencia, cualquier persona –de no existir un sistema de agua potable concesionada o rural– pueda extraer aguas de fuentes superficiales naturales (Art. 20) o que un Comité de Agua Potable rural, en la medida de que cuente con los permisos correspondientes, pueda hacerlo excavando en sus terrenos o en el de sus asociados (Art. 56 inciso 2°), sin necesidad de tramitar derechos.

Protección de áreas de importancia ambiental

Se establece que no se podrán constituir derechos de aprovechamiento en glaciares ni en áreas declaradas bajo protección oficial para la protección de la biodiversidad. Y se extiende además la protección de las áreas de vegas, bofedales y humedales, es decir, la prohibición para nuevas extracciones en aguas

subterráneas que las alimentan, a más regiones del país, desde Arica y Parinacota hasta la región Coquimbo.

Conjuntamente, se establece la exención del pago de patentes a los titulares de derechos no extractivos de aguas y para quienes no los utilicen con el fin de mantener la función ecológica de áreas que fueron declaradas protegidas por el Ministerio del Medio Ambiente.

Prorrato, redistribución y sustentabilidad

Otro eje de la Reforma ha sido el fortalecimiento de atribuciones de la administración para prorratar y redistribuir las aguas y preservar la sustentabilidad del acuífero. Primeramente, se establece que podrá actuarse de oficio o a petición de parte.

Para el caso de aguas superficiales, como ya fue mencionado, si existen dos o más Juntas de Vigilancia con

jurisdicción en una misma fuente de abastecimiento, por encontrarse ésta seccionada, la DGA podrá ordenar una redistribución de aguas entre las distintas secciones, tanto aguas arriba como aguas abajo (Art. 17).

En aguas subterráneas, si la explotación de éstas produce una degradación del acuífero al punto que pueda afectar su sustentabilidad, la DGA deberá limitar el ejercicio de las extracciones en la zona degradada, temporalmente y a prorrata de ellos (Art. 62).

En las zonas de prohibición y áreas de restricción, en tanto, las solicitudes de traslados podrán ser denegadas o autorizadas parcialmente si hubiese riesgo de intrusión salina, se afecte a terceros o se perjudique la sustentabilidad del acuífero. Además, en estas áreas se exige medir e informar las extracciones y no se permite que los derechos

provisionales se conviertan en definitivos.

Para el caso de que se requiera redistribuir las aguas con la finalidad de satisfacer los usos de la función de subsistencia, todos los usuarios deberán contribuir a prorrata.

Favorecer el uso eficiente de las aguas

Éste es un eje que se estimula, sancionándose el acaparamiento o la tenencia especulativa de derechos y se promueve el uso efectivo del derecho de aprovechamiento, sancionando su no uso, con patentes incrementales (duplicidad cada 4 años) y con la extinción del derecho si no se verifica la existencia de las obras necesarias y aptas para captar, conducir y restituir las aguas.

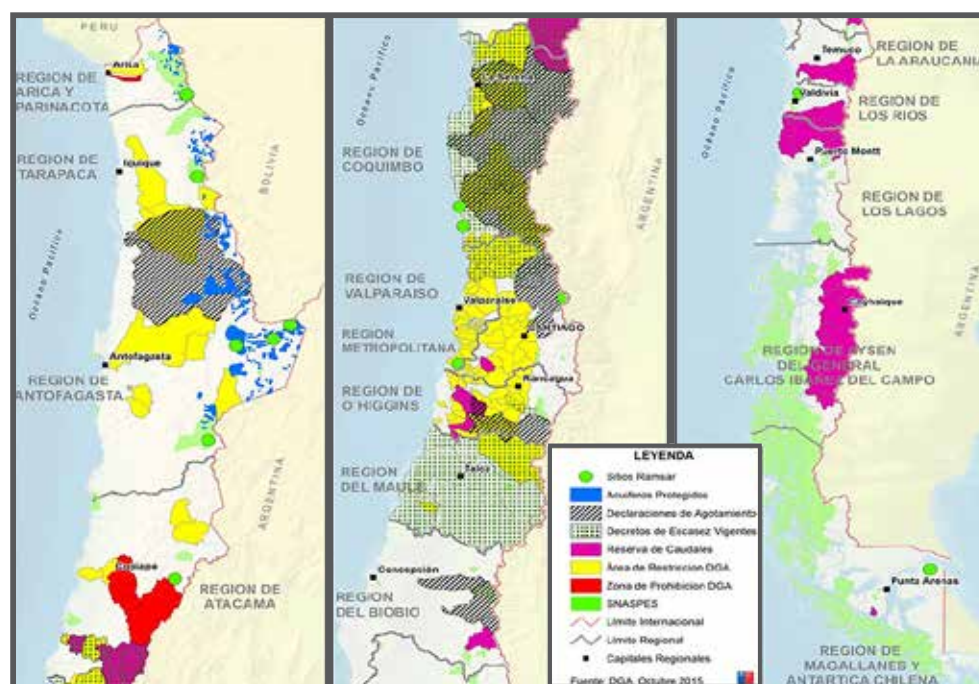
Se establecen también plazos de contabilización para la extinción de los derechos de aprovechamiento por no uso, que son suficientes y susceptibles de ser suspendidos (derechos nuevos y antiguos).

Para el titular que se sienta perjudicado se establece un procedimiento público para rebatir esta medida, susceptible de reconsideración (en sede administrativa) y de reclamación ante la Corte de Apelaciones (otro Poder del Estado).

Además, se aumenta la efectividad en el cobro de patentes por no uso efectivo y se establece un procedimiento de remate más expedito y menos costoso para la administración.

En cuanto a la regularización de usos consuetudinarios y derechos de aprovechamiento provenientes de predios CORA, si bien las regularizaciones explican un componente de aquellas cuencas con sobre otorgamiento y originalmente la indicación sustitutiva del Ejecutivo propuso terminar con los artículos 2 y 5 transitorios, finalmente se votó por unanimidad una última indicación de la DGA, la cual

Recuadro 2: Limitaciones a la explotación del agua en Chile.



Fuente: Sitios RAMSAR (Convención Internacional de Protección de Humedales) y SNASPEs (Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado).

posibilita la regularización, pero ya no como un procedimiento ante tribunales no especializados, sino como un procedimiento administrativo general en la Dirección General de Aguas, siempre apelable ante las cortes.

Hay un plazo de cinco años para presentar una solicitud y se permite que la regularización de usos (individual) pueda ser presentada por la Junta de Vigilancia de forma colectiva. La resolución que regulariza deberá inscribirse dentro de un plazo de seis meses en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces para evitar la caducidad.

Algunos mitos sobre la reforma

Esta es una reforma que sólo afecta a los derechos nuevos, los cuales no superan el 10% del total de los derechos otorgados.

Es correcta la aproximación de que los derechos ya otorgados para aguas superficiales se han otorgado en su gran mayoría y son del orden de un 90%, pero es incorrecta la afirmación respecto de la disponibilidad de derechos para aguas subterráneas, donde aún existen unos 300 mil litros por segundo por otorgar, es decir, un poco más del 55% de la oferta.

No es real que la reforma sólo afecta a los derechos

por otorgar, a excepción de la modalidad de concesiones temporales prorrogables y la indicación de diputados respecto a la caducidad de los nuevos derechos por cambio espontáneo del uso.

Todos los demás cambios afectan tanto a los derechos nuevos como antiguos, vale decir, aumento del umbral de patentes, caducidad por no inscripción en el conservador de bienes raíces, extinción del derecho por no realización de las obras de aprovechamiento dentro de un plazo, limitaciones al ejercicio del derecho cuando se requiera asegurar el consumo humano o cuando se afecte la sustentabilidad del acuífero, regla general y reglas especiales en materia de control de extracciones y aumento del umbral de sanciones, entre otros.

Se afirma además que esta es una reforma que transforma derechos perpetuos en concesiones temporales. Al respecto, es correcto afirmar que se crean concesiones temporales y prorrogables, pero esto se aplica para los nuevos derechos o para aquellos que caduquen o se extingan y entren al nuevo sistema como consecuencia de esto. Sin embargo, no es efectivo que un derecho antiguo pueda convertirse en uno nuevo para quien lo compre o herede, toda vez

que los atributos del derecho se mantienen atados a éste.

Se menciona también que la reforma debilita y «despropietariza» a los derechos anteriores a la publicación de la nueva ley. Efectivamente, el articulado permanente se escribe pensando en el nuevo sistema, razón por la cual se consolida el concepto titular de derechos y se desdibuja el de propietario. Sin embargo, es un dato evidente que el actual artículo 6° (corazón del derecho real de aprovechamiento) se refiere en sus incisos 2° y 3° al propietario como «titular».

Además, el artículo 1° transitorio del proyecto de ley es claro al señalar que «los derechos de aprovechamiento reconocidos o constituidos antes de la publicación de esta ley, seguirán estando vigentes, pudiendo sus titulares usar, gozar y disponer de ellos en conformidad a la ley».

Explotación de aguas subterráneas

El contexto general da cuenta de un sostenido crecimiento económico, de una creciente valoración del medio ambiente, de una demanda incremental por derechos consuntivos en aguas subterráneas, además de recursos superficiales casi enteramente comprometidos en usos actuales.

Otro aspecto destacado es el uso cada vez más intensivo del recurso (cambios

tecnológicos), los cambios en el uso para el cual fue solicitado originalmente, las extracciones ilegales y demanda por mayor fiscalización, la necesidad de mayor conocimiento de acuíferos y de implementar sistemas de control de extracciones, además del fomento a las creación de organizaciones de usuarios (nuevas CASUB). Finalmente, el cambio climático se identifica como un fenómeno que genera mayor presión sobre los recursos hídricos.

Principales modificaciones legales a las aguas subterráneas

En lo que respecta a los derechos adquiridos por el solo ministerio de la ley, se mantiene el texto que indica que cualquiera puede cavar en suelo propio pozos para las bebidas y usos domésticos, con la sola limitación del perjuicio ajeno derivado del ejercicio abusivo del derecho.

Se incorpora con las mismas prerrogativas y limitaciones que el caso anterior, el derecho de los comités de APR a hacer uso de las aguas subterráneas destinadas al consumo humano, la que podrán extraer de pozos cavados en el suelo propio de la organización, de algunos de los integrantes de ella, o en terrenos del Estado, previa autorización en los casos señalados.

Recuadro 3: Zonas de prohibición dictadas.

Región	Acuífero	Sector	Tipo	Año Dictación
XV	Azapa	Azapa	Zona de Prohibición	1996
III	Copiapó	Sector 4 Mal Paso - Copiapó	Zona de Prohibición	1994
		Sector 3 La Puerta - Mal Paso	Zona de Prohibición	1994
		Sector 2 Embalse Lautaro - La Puerta	Zona de Prohibición	1994
		Sector 1 Aguas Arriba Embalse Lautaro	Zona de Prohibición	1994
V	Estero El Membrillo	Estero El Membrillo	Zona de Prohibición	1983

Fuente: Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas.

Además, en las denominadas “aguas” del minero, se aprobó una modificación por unanimidad y se integra la obligación de informar a la DGA –para su registro– las aguas encontradas por los concesionarios mineros. Se agrega la necesidad de solicitar una autorización para aprovecharlas, en su caso, la que podrá denegarse si es que con ello se afecta la sustentabilidad del acuífero o los derechos de terceros.

Además, se determinan las causales de extinción de este derecho, asimilando la prerrogativa descrita a las normas contempladas en el Código de Minería.

La ley rige in actum, es decir, hacia adelante en lo referido a estas autorizaciones, pero deberán informar las aguas que extraigan desde la publicación de la ley en adelante, aunque lo hicieran desde antes.

Prorrata temporal del ejercicio de derechos de aprovechamiento

Siempre en el ámbito de las aguas subterráneas, se fortalecen las atribuciones de la DGA para limitar el ejercicio de los derechos de aprovechamiento de aguas a prorrata al permitir temporalmente su intervención, ello para casos en que existan varios titulares de derechos y las extracciones provoquen una degradación del acuífero.

También podrá ejercer esta atribución al ampliar los casos de intervención, no sólo a la afectación de derechos que se sientan perjudicados, sino también al supuesto en que la explotación de las aguas produzca una degradación del acuífero al punto de que se afecte su sustentabilidad, pudiendo actuarse de oficio.

Finalmente, al posibilitar que la DGA alce estas medidas si es que a su juicio se constata que hubieren cesado las causas que la originaron.

Zonas de prohibición

Se mantiene la definición de la zona de prohibición del Art. 63, inciso 1° y se incorpora un incentivo para que se organice la comunidad de aguas que se origina producto de la declaración de zona de prohibición. Para ello existe un plazo de un año, requiriéndose su organización para autorizar cambios de punto de captación.

Se condiciona, además, la autorización del cambio de punto de captación si la situación hidrogeológica del acuífero presenta descensos significativos y sostenidos que puedan poner en riesgo la sustentabilidad del mismo, si implica un grave riesgo de intrusión salina o si afecta derechos de terceros.

Se impide también la autorización de cambios de punto de captación a aquellos solicitantes que tengan litigios pendientes relativos a extracción ilegal de aguas en una zona de prohibición.

Y, finalmente, los titulares de derechos de aprovechamiento de aguas, concedidos en zonas declaradas de prohibición, deberán instalar y mantener un sistema de medición de caudales y volúmenes extraídos, de control de

niveles freáticos y un sistema de transmisión de la información que se obtenga, arriesgando pena de multa en caso de incumplimiento.

Áreas de restricción

Se les aplica la misma limitación a la autorización de los cambios de puntos de captación que a aquellos que se verifiquen en una zona de prohibición. Además, se impide la constitución de derechos de aprovechamiento definitivos y se restringe el otorgamiento de derechos provisionales a que no se afecten derechos preexistentes y/o la sustentabilidad del acuífero o de uno o más sectores del mismo.

A la Dirección General de Aguas (DGA) se le permite limitar total o parcialmente los derechos provisionales, incluso dejarlos sin efecto, pudiendo suspender total o parcialmente su ejercicio si constata una afectación temporal a la sustentabilidad del acuífero o perjuicios a otros derechos ya constituidos.

Se exige a la DGA reevaluar las circunstancias que dieron origen a la declaración de área de restricción transcurridos cinco años contados desde

esa fecha y si se comprueba que la disponibilidad esté comprometida, dicha área se declarará zona de prohibición.

Además, los titulares de derechos de agua concedidos en áreas de restricción, deberán instalar y mantener un sistema de medición de caudales y volúmenes extraídos, de control de niveles freáticos y un sistema de transmisión de la información que se obtenga, so pena de multas.

Zonas de protección ambiental y patrimonial

No podrán otorgarse derechos de aprovechamiento de aguas en las áreas declaradas bajo protección oficial para el resguardo de la biodiversidad, como los Parques Nacionales, Reserva Nacional, Reserva de Regiones Vírgenes, Monumento Natural, Santuario de la Naturaleza, humedales de importancia internacional y para aquellas zonas contempladas en los artículos 58 y 63 del Código de Aguas, a menos que se trate de actividades compatibles con los fines de conservación del área o sitios referidos, lo que deberá ser acreditado mediante informe del Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas.

Extinción de los derechos de aprovechamiento

Los derechos de aprovechamiento consuntivos de ejercicio permanente, respecto de los cuales su titular no haya construido las obras señaladas en el inciso primero del artículo 129 bis 9, estarán afectos al pago de una patente anual a beneficio fiscal, monto fijado de acuerdo a la proporción no utilizada de sus respectivos caudales medios, definidos de la siguiente manera:

- En los primeros cuatro años, los derechos de ejercicio permanente pagarán una patente anual, cuyo

Recuadro 4: Reservas decretadas en fuentes subterráneas.

Región	Nombre Reserva	Año Dictación	Tipo Reserva
III	El Transito	2013	APR
III	Embalse Santa Juana	2013	APR
III	Freirina Alto	2013	APR
III	Freirina Bajo	2013	APR
III	Vallenar Bajo	2013	APR
III	Rio del Carmen	2013	APR
RM	Estero Popeta	2013	APR
VI	Estero Lolol	2013	APR
VI	Tinguiririca Inferior	2013	APR
VI	Nilahue antes de Quiahue	2014	APR
VI	Cadenas Marchigue	2014	APR

Fuente: Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas..

monto será equivalente a 1,6 unidades tributarias mensuales por cada litro por segundo.

b. Entre los años 5 y 8 años (inclusive) esta patente se multiplicará por el factor 2.

c. Entre los años 9 y 12 años (inclusive) la patente se multiplicará por el factor 4; y en los cuatrienios siguientes, su monto se calculará duplicando el factor anterior; y así sucesivamente.

d. El titular de un derecho de aprovechamiento constituido con anterioridad a la publicación de esta ley que no haya construido las obras descritas en el inciso primero del artículo 129 bis 9, habiendo transcurrido cuatro años contados desde la fecha de publicación de esta ley, quedará afecto a la

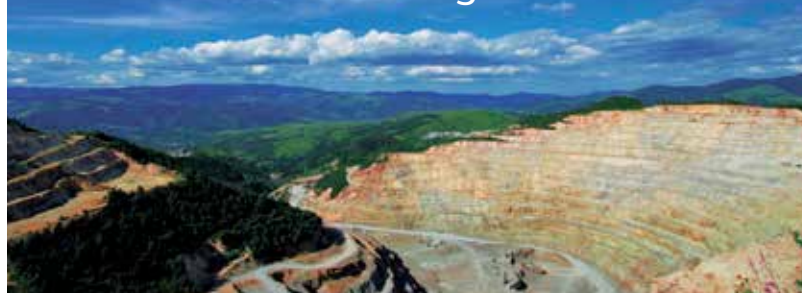
extinción de su derecho de aprovechamiento en aquella parte no efectivamente utilizada, de conformidad a las disposiciones y a las suspensiones señaladas en el artículo 6 bis y sujeto al procedimiento descrito en el artículo 134 bis. Sin perjuicio de las suspensiones legales (tramitaciones administrativas ante DGA y/o DOH; ONI por judicializaciones; y procedimiento de obtención de RCA).

Otros mecanismos para priorizar los usos de la función de subsistencia

1. Artículo 147 bis: Cuando se requiera reservar el recurso para satisfacer los usos de la función de subsistencia o para fines de preservación ecosistémica, el Presidente

ESPECIALISTAS EN EQUIPOS DE MEDICIÓN

Contamos con una amplia gama de equipos de medición de alta precisión para soluciones en hidráulica, minería e industria en general.



Recuadro 5: Reservas decretadas en fuentes superficiales

Región	Nombre Reserva	Año	Tipo Reserva
IX	Rio Tolten	2007	Extractivas
VIII	Rio Queuco	2009	Extractivas
X	Rio Cochamo	2009	Ambientales
X	San Juan de La costa	2013	Extractivas
X	Rio Petrohue	2009	Ambientales
X	Rio Rahue	2006	Extractivas
X	Estero Fandango	2015	APR
XI	Rio Cisnes	2009	Extractivas
XI	Rio Bravo	2009	Extractivas
XI	Rio Aisen	2009	Extractivas
XI	Rio Baker	2008	Extractivas
XI	Rio Murta	2009	Ambientales
XI	Rio emperador Guillermo	2009	Extractivas
XI	Rio Baker	2015	Ambientales
XI	Rio Pascua	2015	Ambientales
XII	Rio del Oro	2010	Ambientales
XIV	Rio Bueno	2009	Extractivas
XIV	Rio Pilmaiquen	2007	Extractivas

* Reservas extractivas consideran varios usos (uso doméstico y riego, entre otros).

Fuente: Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas..

NUESTROS PRINCIPALES PRODUCTOS:

- › Transductores de Presión
- › Transmisores de Presión
- › Sondas de Nivel
- › Data Loggers
- › Telemetría
- › Manómetros
- › Indicadores Digitales
- › Calibradores de Presión
- › Medidores de PH, Redox
- › Medidores Conductividad y Humedad
- › Turbidez y Densidad
- › Caudalímetros
- › Sensores de Oxígeno, CO2 y Concentración

NUESTRAS MARCAS:



de la República podrá – mediante decreto fundado y previo informe de la DGA– reservar el recurso hídrico, sin el requisito previo de que exista una solicitud particular en trámite. Esto, sobre aguas disponible. Igualmente, por circunstancias excepcionales y de interés nacional, podrá disponer la denegación parcial o total de solicitudes de derechos de aprovechamiento, sean estas para usos consuntivos o no consuntivos

2. Artículo 147 quáter (nuevo): Excepcionalmente, el Presidente de la República –previo informe favorable de la DGA– con la sola finalidad de garantizar los usos de la función de subsistencia y fundado en el interés público, podrá constituir derechos de aprovechamiento

aun cuando no exista disponibilidad. Lo anterior, con firma delegada en el Ministerio de Obras Públicas.

3. Artículo 314; El Presidente de la República –a petición o con informe de la Dirección General de Aguas– en épocas de extraordinaria sequía podrá declarar zonas de escasez por períodos máximos de seis meses, por un período máximo de un año y prorrogable por un período igual o menor. En caso que se acredite la existencia de graves carencias para suplir los usos de la función de subsistencia, la DGA podrá redistribuir las aguas existentes en las fuentes naturales, procurando satisfacer íntegramente dichos requerimientos por sobre los demás usos, sin indemnización y por tratarse de un uso prioritario.

Regularización de los usos consuetudinarios

Al actual texto se agregan las siguientes reglas: se desjudicializa el procedimiento de regularización, traspasándolo a sede administrativa (DGA) y sólo se aplica a los usos consuetudinarios. Reunidos todos los antecedentes y previo a la resolución, la DGA podrá consultar la opinión fundada a la Organización de Usuarios de Agua (OUA) respectiva, en caso de que existas.

Las OUA legalmente constituidas podrán presentar solicitudes de regularización de manera conjunta y en representación de sus usuarios que cumplan individualmente los requisitos para ello. El procedimiento sólo podrá iniciarse dentro del plazo de 5 años contados desde la fecha de publicación de esta ley.

Los titulares de solicitudes de regularización que hayan

presentado su requerimiento de conformidad a las normas vigentes con anterioridad, podrán voluntariamente someterse a este nuevo procedimiento, haciendo constar el desistimiento o renuncia, en caso de haberse iniciado la regularización en sede judicial.

Derechos provenientes de predios expropiados

Para los restantes derechos de aprovechamiento – provenientes de predios expropiados total o parcialmente, o adquiridos a cualquier título por aplicación de las Leyes números 15.020 y 16.640– se podrá requerir la regularización de ellos ante la DGA, cumpliendo las siguientes condiciones y reglas:

- a. Deberán acreditar la existencia de los derechos de aprovechamiento de aguas expropiados, la relación entre tales derechos y la superficie regada, y la circunstancia de que no existan otros derechos de aprovechamiento asignados al mismo predio. Para lo anterior, la DGA podrá requerir al Servicio Agrícola y Ganadero (SGA) un informe sobre la existencia y extensión de los derechos de aprovechamiento que corresponden a cada predio, el cual no tendrá carácter vinculante.
- b. Los propietarios de los predios comprendidos en la resolución de la DGA deberán inscribir a su nombre los derechos de aprovechamiento dentro de un plazo de seis meses.
- c. El procedimiento sólo podrá iniciarse dentro del plazo de cinco años. Los titulares de solicitudes de regularización que hayan presentado su requerimiento de conformidad a las normas vigentes con anterioridad a esta ley, podrán voluntariamente someterse a este nuevo procedimiento, haciendo constar su renuncia ante el SAG.

Recuadro 6: Estimación de disponibilidad en acuíferos estudiados.

Disponibilidad de recursos hídricos subterráneos en acuíferos estudiados					
Región	Oferta Total (m³/año)	Demanda (m³/año)	Disponibilidad (m³/año)	Disponibilidad (*) (l/s)	% por otorgar
XV	56.607.120	160.401.192	0	0	0
I	96.802.714	251.274.803	0	0	0
II	102.105.684	310.495.066	0	0	0
III	273.297.756	778.802.926	0	0	0
IV	577.578.687	735.460.354	0	0	0
V	42.431.690	54.187.752	0	0	0
RM	1.763.163.099	2.650.037.611	0	0	0
VI	1.631.761.885	1.470.243.401	161.518.484	5.122	10
VII	3.048.716.331	1.400.877.824	1.647.838.507	52.253	54
VIII	1.952.685.669	663.225.021	1.289.460.648	40.889	66
IX	2.676.091.811	433.266.414	2.242.825.397	71.120	84
XIV	1.843.465.636	317.521.244	1.525.944.392	48.387	83
X	3.085.499.264	529.410.498	2.556.088.766	81.053	83
Total	17.150.207.346	9.755.204.106	9.423.676.194	298.823	55

Notas (*): - En la VI región la disponibilidad existente corresponde a derechos provisionales. En la VII región del total disponible un 16 % corresponde a derechos provisionales (Teno-Lontue y Belco Arenal) y un 84 % a derechos definitivos. En VIII, IX, XIV y X regiones la disponibilidad existente corresponde a derechos definitivos.

Los datos anteriores corresponden a un balance a nivel regional. Si se observa la realidad local de cada acuífero, se puede afirmar que en algunos sectores de la III, IV, V y RM aún es posible otorgar derechos subterráneos en calidad de provisionales, principalmente. Fuente: DGA.

ASESORÍA ESTRATÉGICA
Y ESPECIALIZADA EN

RECURSOS HÍDRICOS Y MEDIO AMBIENTE

Puquíos, Salar Llamara
Región de Tarapacá - Chile

Arcadis, empresa de origen holandés, es reconocida mundialmente como líder en Diseño y Consultoría, en diversas áreas de la minería, infraestructura, energía, medio ambiente y recursos hídricos. Trabajamos junto a nuestros clientes para entregar soluciones sostenibles en el tiempo.

Contamos con un equipo técnico multidisciplinario para colaborar en todos los aspectos de la temática del recurso hídrico, desde las etapas tempranas de exploración, el diseño de infraestructura hasta el monitoreo y operación de obras hidráulicas.

Somos especialistas en modelación conceptual y numérica de aguas subterráneas y superficiales. Lideramos continuamente la aplicación de tecnologías avanzadas y enfoques innovadores en los proyectos, con una visión amplia sobre las distintas fases del ciclo del agua.

Entre los servicios que ofrecemos, cabe destacar:

- Estudios de hidrología, hidrogeología y evaluación de recursos hídricos
- Modelación de aguas subterráneas y superficiales
- Estudios de contaminación de aguas subterráneas
- Evaluaciones ambientales, planes de seguimiento y de alerta temprana
- Hidrogeología de campo y control hidrogeológico de sondajes
- Hidráulica y mecánica fluvial
- Estudios y evaluaciones sedimentológicas
- Recarga artificial de acuíferos
- Exploración y evaluación de recursos geotermales
- Ingeniería y diseño de obras de riego, drenaje, almacenamiento y conducción

MANEJO Y GESTIÓN SOSTENIBLE Y RESILIENTE A LARGO PLAZO

ESPECIALISTAS EN MODELACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

TRABAJO INTEGRADO ENTRE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE

AMPLIA EXPERIENCIA EN CONTROL HIDROGEOLÓGICO DE CAMPO

LÍDERES EN RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS EN CHILE

CONTACTO

Pablo Rengifo

Gerente Negocio de Medio Ambiente y
Recursos Hídricos
pablo.rengifo@arcadis.com

Gestión integrada de recursos hídricos y reforma legal



Humberto Peña*

Ponencia realizada durante el Seminario 2015 de Alhsud Chile "El Código de Aguas mirando al futuro".

* Humberto Peña es ingeniero civil Hidráulico de la PUC, ex director nacional de la Dirección General de Aguas (1994-2006), investigador en hidrología y recursos hídricos. Ha coordinado la representación de Chile frente a la OECD en materias de agua y se ha desempeñado como profesor asociado en la Universidad de Chile. Es consultor de DiAgua y ha sido presidente de la Sochid y miembro del Comité Técnico de la GWP.

Algunos de los problemas no resueltos en el sistema de gestión actual del agua justifican la necesidad de establecer un enfoque basado en la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH). Una lista de ejemplos sirven para graficar ello, como lo es el aprovechamiento sucesivo del agua en el país, especialmente en las cuencas del norte y en algunas de la zona central del país.

En el cuadro de la *Figura 1* se muestra un ejemplo de las cuencas del Limarí y Choapa, cuyo Factor de Reúso (FR) total (es decir, de cuántas veces se reutiliza en forma sucesiva el agua) fluctúa entre dos y cuatro veces, lo que significa que el accionar de los usuarios de aguas arriba es determinante para lo que ocurra en los sectores y en las secciones de aguas abajo, pudiendo generar una situación absolutamente crítica y cuyo contexto no está resuelto en la legislación de aguas actual, dado que los derechos están definidos de acuerdo a la capacidad de extracción del agua del cauce natural, pero no de lo que

sucede con las aguas que se vierten en los ríos a través de distintos mecanismos.

Entonces, ese fenómeno – que en años previos (siglo XIX y XX) no era relevante– hoy con el nivel de tecnología, uso eficiente y manejo del recurso, puede tornarse en un aspecto totalmente decisivo. En la actualidad, dichos fenómenos no están resueltos por la institucionalidad, lo cual sólo podrá enfrentarse con un cambio de reglas.

Otro ejemplo se relaciona con la evolución del balance de oferta y demanda en las cuencas. En este contexto, el cambio climático genera una distorsión relevante en la disponibilidad del recurso hídrico en sus diferentes secciones.

Existen también otros fenómenos, como la urbanización, forestación, procesos de deforestación, desarrollo de infraestructura y explotación de aguas subterráneas, los cuales implican grandes cambios en el balance hídrico de las distintas zonas de las cuencas o en la cuenca en su conjunto. Esto provoca la existencia de incertidumbres, conflicto y

pérdidas de inversión en el mediano y largo plazo.

Interacción de aguas superficiales y subterráneas

La interacción entre aguas superficiales y subterráneas es extremadamente activa en el país. Las pendientes y características de los acuíferos favorecen esto, sin embargo, la legislación de aguas establece un enfoque parcial que no fomenta el uso conjunto. Lo anterior genera una gran pérdida de oportunidades, puesto que las decisiones se toman sobre la base de la no afección a derechos de terceros, independientemente de que puedan existir mejores soluciones que confluyan con los intereses comunes.

Las consecuencias de este enfoque parcial generan una pérdida de oportunidades en torno a los beneficios compartidos, provocando situaciones de conflicto y la imposición de excesivas restricciones que la Dirección General de Aguas (DGA) debe establecer de acuerdo a la normativa vigente, pues no

existen otros mecanismos que permitan resolver optimizando el sistema.

Características comunes de los problemas

Primeramente, corresponden a procesos complejos, no evidentes, con múltiples externalidades y que a nivel de cuencas se manifiestan en el mediano y largo plazo. En este contexto, se evidencia la ausencia de una visión integradora y de futuro, además de no existir una institucionalidad que aborde los problemas que se presentan y que analice procesos, y en cuyo escenario las dificultades no se resuelven simplemente con más mercado. Además, involucra a actores y sectores muy variados, y no sólo a usuarios directos del agua.

Para muchos de los casos se requieren impulsar iniciativas de interés común, como la incorporación del concepto de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH), la cual, de acuerdo a la definición establecida por el Instituto de Ingenieros, "es un proceso permanente de coordinación entre entidades públicas y privadas, orientado

Figura 1: "Estudio de la Eficiencia del Uso del agua. Caso Región de Coquimbo". 2006. Fuente: CAZALAC/Rhodos/ Gobierno Regional.

	ELQUI	LIMARÍ	CHOAPA
Eg año promedio (%)	56	68	30
Eg en sequías (%)	56	77	72
FR total año promedio	2,4	3,8	1,6
FR total en sequías	2	3,8	2,7

Fuente: "Estudio de la Eficiencia del Uso del agua. Caso Región de Coquimbo". 2006. CAZALAC/Rhodos/ Gobierno Regional.

a entregar una visión de conjunto de las acciones que ellas realizan, de acuerdo con el marco jurídico, económico e institucional vigente, con el propósito de abordar y solucionar situaciones características de la interacción de la sociedad con los recursos hídricos en una cuenca o grupo de cuencas, en que las acciones independientes o parciales,

no ofrecen una adecuada respuesta y solución".

¿Cómo avanzar desde la institucionalidad?

Desde el punto de vista de la institucionalidad pública, resulta esencial que a nivel de Estado exista una visión de coordinación y gestión integrada, así como una perspectiva de largo plazo

que signifique la creación de un ente rector con liderazgo efectivo sobre el tema y que sea capaz de evitar la dispersión institucional y de formular y coordinar políticas públicas y de planificación estratégica.

La instancia que se propone a nivel de cuencas es la creación de los Consejos de Recursos Hídricos (CRH), propuesta desarrollada por el Instituto de Ingenieros y que busca generar un espacio institucional con participación pública-privada, reconocida como representante legítima de los beneficiarios e interesados de la cuenca (no sólo de titulares de Derechos de Aprovechamiento de Aguas), con capacidad de generar y promover una visión integrada y sustentable a mediano y largo plazo.

Se trata de una entidad formal y regulada por ley, de una constitución pública-privada con autonomía (no dependiente del gobierno), con una organización flexible y adaptable a las variadas situaciones existentes, con áreas de actuación exclusivas y excluyentes, y con jurisdicción sobre una zona en la cual se les reconoce su condición de representantes



“La interacción entre aguas superficiales y subterráneas es extremadamente activa en el país. Las pendientes y características de los acuíferos favorecen esto, sin embargo, la legislación de aguas establece un enfoque parcial que no fomenta el uso conjunto.”

legítimos de los intereses reflejados en esa cuenca.

Se propone que la composición del Consejo de Recursos Hídricos represente a los beneficiarios/afectados mediante la gestión de los recursos hídricos y a los involucrados en la generación de los problemas y las posibles soluciones. Esto implica que también estén presentes las instituciones públicas pertenecientes a la Administración Central del Estado, tales como la Dirección General de Aguas (DGA), la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), la Comisión Nacional de Riego (CNR) y la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), entre otros organismos.

Como proposición, se pretende que las organizaciones de usuarios cuenten con un 20% a 40% de representatividad; que las empresas u organizaciones de carácter empresarial posean entre un 10% y 20%; y que la ciudadanía beneficiaria o afectada (municipalidades,

representantes de Juntas de Vecinos, comunidades de pueblos originarios) cuenten con un 10% a 30% de representación.

Gestión y atribuciones del CRH

1. Plan Director de los Recursos Hídricos (actualizado en un rango de 5 a 10 años), orientado a promover una gestión integrada y sustentable de mediano y largo plazo.
2. Sistema de Información Integrado.
3. Informe anual de seguimiento.
4. Pronunciarse (convocar) sobre planes, programas e iniciativas del sector público y otras sometidas a su decisión, relacionadas con el tema (normas de calidad ambiental, SEIA, planes reguladores, planes de aguas lluvias, turismo, proyectos de riego, etc.)
5. Promover el Plan Director a través de convenios, postulación a fondos y acuerdos, entre otras instancias.

Figura 2: Cuadro comparativo de la gestión urbana versus gestión hídrica.

	GESTIÓN URBANA	GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS
Aspectos similares	Numerosos bienes públicos	
	Numerosas e importantes externalidades	
	Necesidad de tomar decisiones considerando el largo plazo	
	Necesidad de desarrollar obras y acciones de interés común	
Resguardo a interés privado	Propiedad privada del suelo	DAA, concesiones sobre un BNUP
INSTRUMENTOS DE GESTIÓN		
Regulaciones	Ordenanzas, normativas	Importantes externalidades no consideradas
Visión de largo plazo	Planos Reguladores	No existe normativa
Obras de interés común	Procedimientos para expropiación basada en la función social de la propiedad	No existe normativa

Fuente: Peña, Humberto.

¿Cómo avanzar desde el marco jurídico?

La situación actual –a partir de la resolución del Tribunal Constitucional y la Reforma de 2005– establece la existencia de dos instancias para las decisiones respecto del recurso hídrico: una es la constitución del derecho de aprovechamiento de aguas, mientras que la otra se circunscribe al papel que cumple la normativa legal al respecto.

Una vez constituido el derecho de aprovechamiento de agua, las decisiones básicamente recaen en manos de privados, existiendo un mercado, una garantía respecto de la propiedad y algunas restricciones comunes relacionadas, principalmente, con el tema ambiental.

Luego, en una segunda fase, el rol del Estado y el interés público es algo que en la legislación actual aún permanece difuso y expresado de forma muy débil. Así, para darle efectividad a una Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) se debe clarificar si es razonable o no la ausencia del Estado una vez que se han constituido los derechos de aprovechamiento y observar en qué medida esto es un obstáculo o favorece la GIRH.

Entonces, desde el punto de vista de lo que es una reforma legal y su propósito, las preguntas que hay que formularse son las siguientes: ¿cómo fueron constituidos estos derechos? y ¿cómo se hace presente en ello el interés común que trasciende los beneficios individuales ante problemas que se generen a nivel de la cuenca, así como otros aspectos que no están regulados?

Recuadro 1: ¿Cómo avanzar desde el marco jurídico?



Desde el punto de vista jurídico, para entender las debilidades del marco regulatorio resulta útil la comparación que se puede establecer entre la gestión urbana y la gestión de recursos hídricos (ver Figura 2). Ambas presentan características muy similares e involucran los mismos fenómenos, como contaminación, salud pública y desarrollo económico, entre otros.

En el ámbito urbano, el resguardo del interés está expresado en la propiedad privada del suelo, mientras que para el caso de la gestión de los recursos hídricos se otorgan derechos de aprovechamiento

de aguas que son concesiones de uso privativo para un bien nacional de uso público.

Ante la interrogante para determinar cuáles son los instrumentos de gestión desde el punto de vista de la regulación, los aspectos más destacables para la gestión urbana son la existencia de ordenanzas, normativas, planos reguladores y procedimientos para la expropiación, los cuales están basados en la función social de la propiedad. Sin embargo, para el caso de la gestión de los recursos hídricos, en general, todos estos aspectos están ausentes.

Existen importantes externalidades no considera-

das y no existen normativas equivalentes a los planos reguladores ni frente a procedimientos de expropiación basados en la función social de la propiedad, que para el caso de los derechos de aprovechamiento de agua su función social de la propiedad es doblemente relevante, dado que originalmente se otorgó como un derecho sobre un bien nacional de uso público.

Rol del Estado y DAA

Al pensar en el rol del Estado y los Derechos de Aprovechamiento de Agua (DAA) se debe buscar la compatibilización de ambos para la gestión del recurso hídrico desde esta nueva perspectiva. Así, el Estado debe velar porque su aprovechamiento se realice en función del bien común y se garantice el acceso a las necesidades básicas.

Los derechos de aprovechamiento se entienden como una concesión para uso privativo, pero que otorga derechos y obligaciones. Su esencia está presente en la utilización efectiva, razonable y beneficiosa para satisfacer el interés público, lo cual justifica su otorgamiento. Es decir, los derechos de aprovechamiento se otorgan a un particular porque existe un interés público de por medio, pues se entiende que, por ejemplo, el beneficio del desarrollo agrícola de un valle no va en beneficio exclusivo del titular de los derechos de aprovechamiento, sino que proporciona utilidades de interés público a través de la cadena productiva, del pago de impuestos y de otras múltiples actuaciones.

Los derechos de aprovechamiento otorgan a los particulares la propiedad sobre estos, sin embargo, existen limitaciones en conformidad a la función social y al carácter de bien de uso público, el cual se refleja en la forma en cómo se entrega este derecho.

Reformas Legales para la GIRH

Para hacerla más operativa, una visión de Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) pasa, primeramente, por una revisión de las obligaciones de los derechos de aprovechamiento, esto en el sentido del uso razonable y beneficioso del recurso hídrico y no sólo por interés puramente personal. Asimismo, existen otros aspectos que deben convertirse en obligaciones inherentes a los derechos de aprovechamiento, como su medición, facilitación de la fiscalización y entrega de información.

Igualmente, resulta relevante regular la expropiación por razones de interés público, definiendo las posibilidades de establecer su operatividad, tal y como ocurre cuando se expropia un terreno de un particular para ampliar una avenida, existiendo reglas establecidas y una entidad que toma las decisiones.

Para el caso del agua se deben definir las causales, cuáles serán los procedimientos, sobre qué montos se establecerá esa

La instancia que se propone a nivel de cuencas es la creación de los Consejos de Recursos Hídricos (CRH), que busca generar un espacio institucional con participación pública-privada, con capacidad de generar y promover una visión integrada y sustentable a mediano y largo plazo.

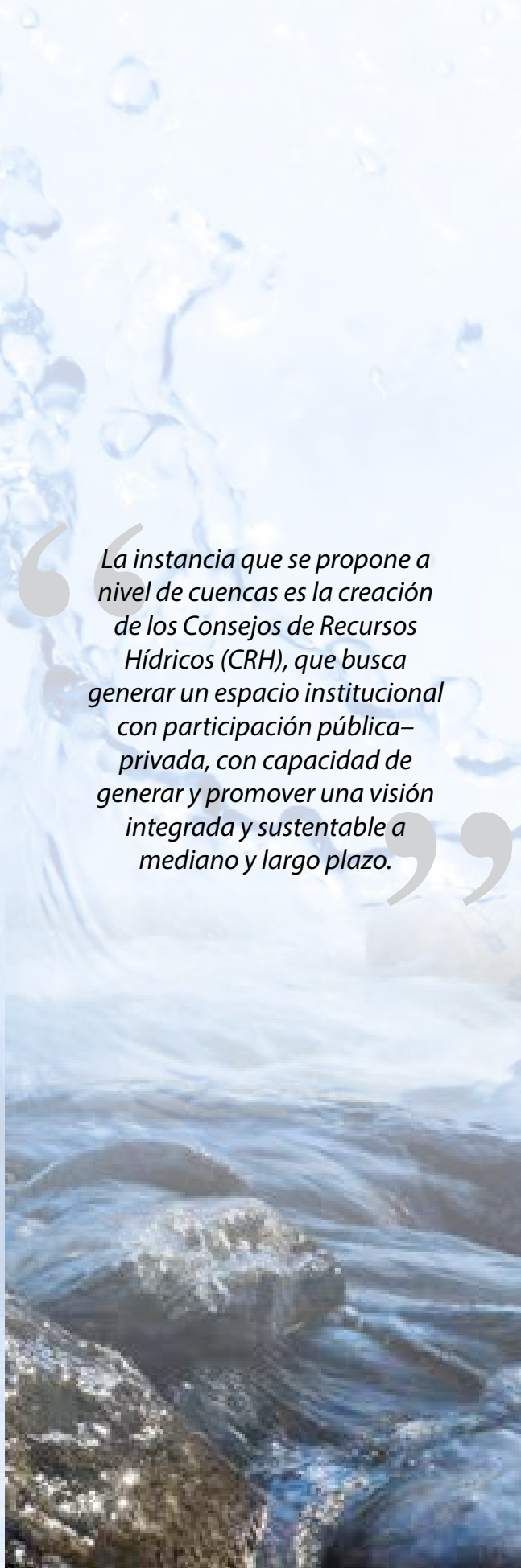
expropiación y a quién se le podrá expropiar. Para el caso de una cuenca, en tanto, se deberá definir cuál es el derecho de agua que hay que expropiar y cuál o cuáles son sus usuarios.

Otro aspecto fundamental es la incorporación de la función de planificación a la legislación de agua, la cual actualmente es prácticamente inexistente. Por ello, se deben consignar definiciones, objetivos, alcances, procedimientos de aprobación (CRH), participación e instrumentos, entre otros aspectos. A través de estos mecanismos se podrán establecer obligaciones de manera flexible según la condición de la cuenca y ante riesgos y amenazas a la sostenibilidad del desarrollo.

Mercado de DAA y GIRH

Son aproximaciones compatibles y complementarias, así como lo son los enfoques de mercado y planificación. El mercado presenta ventajas en relación a la reasignación administrativa en distintos aspectos: es voluntaria y presenta una baja conflictividad, considera una compensación, cuenta con eficiencia administrativa, mayor productividad y reduce los riesgos de corrupción.

La GIRH incorpora la regulación en función del interés común y de toda la gestión de impactos a terceros y externalidades. Y en este marco, el mercado es parte de la solución y no del problema. ☺





SUSTENTABILIDAD HÍDRICA

En Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi realizamos una gestión hídrica sustentable a través de una estrategia que permita ser un aporte para el entorno y la comunidad.

Collahuasi, somos mucho más que cobre



El mercado como distribuidor del agua



Guillermo Donoso Harris*

Ponencia realizada durante el Seminario 2015 de Alhsud Chile "El Código de Aguas mirando al futuro".

* Guillermo Donoso es Ph.D. Agricultural and Resource Economics (Agricultura y Recursos Económicos) de la Universidad de Maryland e Ingeniero Agrónomo de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Como profesor titular imparte las cátedras Economía de los Recursos Naturales y Optimización en la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Es relevante revisar los conceptos del mercado de Derechos de Aprovechamiento de Agua (DAA) como distribuidor y reasignador del recurso. Una reflexión en torno a alguno de estos puntos es crucial en el contexto de la discusión que se está realizando frente a las reformas que buscan implementarse al Código de Aguas.

¿Qué son las aguas?

En la actualidad, la discusión gira en torno al hecho de que las aguas son bienes nacionales de uso público, cuyo concepto detrás de esa frase es más bien de naturaleza jurídica. Luego, desde un punto de vista económico y para la toma de decisiones y su gestión, el agua es básicamente un bien común de libre acceso, cuya característica es la exclusividad, la no exclusión y su rivalidad.

El significado de la no exclusión refiere a que todas las personas tienen acceso al agua y a su extracción. La rivalidad, en tanto, implica que si alguien extrae el recurso, luego éste no estará disponible para su uso. Este hecho queda muy bien graficado en la "Tragedia de los comunes" de Garrett Hardin, que describe una situación en la cual varios individuos con un recurso común de libre acceso, pero sin acuerdos de gestión, terminan destruyéndolo y éste se agota. Esto demuestra que todo recurso natural

finito requiere de una gestión sustentable y de algún tipo de regulación.

En la gran mayoría de los países la regulación se basa en la idea de eliminar el problema de agotamiento y libre accesibilidad, creando accesos exclusivos para extraer agua y permisos de extracción, que para el caso de Chile se denominan Derechos de Aprovechamiento de Agua. Concede exclusividad al sostenedor (al titular del derecho) y de esa manera, se evita la sobreextracción y potencialmente, el agotamiento del recurso.

Distribución de permisos y derechos

Frente a la interrogante de cómo distribuir los permisos y a quién otorgar los derechos, las respuestas pueden plantearse desde distintas perspectivas. Desde el punto de vista del bienestar social y buscando alcanzar el mejor resultado

para la sociedad, en el gráfico de la *Figura 1* se observa la disponibilidad de agua en la distancia horizontal, en el sector izquierdo de éste a un usuario del agua (*Individuo 1*) y en el derecho a otro (*Individuo 2*), mientras que las curvas D1 y D2 se representa el valor social del recurso. Y el óptimo (donde se logra el mejor resultado para la sociedad) es en el punto de X marginalidad (donde se igualan las valoraciones marginales). Ese se transforma en el objetivo de la asignación y distribución del agua. Para lograr esto, por cierto, existen diversos mecanismos.

Las curvas observables en el gráfico representan valoraciones sociales, pero no económicas. Se deben considerar el consumo humano, la agricultura, minería e industria, sin embargo, en la gran mayoría de los debates queda afuera un usuario que es sumamente importante: el medioambiente.

Existe una suerte de sesgo negativo en torno al

Recuadro 1: Porcentaje del caudal total otorgado de DAA no consuntivos transado en el periodo 2005 - mayo 2012.

REGIÓN	EC	ED	PC	PD	PROMEDIO
O'Higgins	0,19	0,05	0,05	N/A	0,08
Maule	0,01	N/A	0,02	0,09	0,03
Biobío	0,04	0,02	0,11	0,00	0,36
Araucanía	0,01	0,04	0,01	0,6	0,13
De Los Lagos	0,01	0,84	0,02	0,78	0,28
Promedio	0,04	0,24	0,03	0,37	0,18

Fuente: Donoso, Guillermo. Seminario 2015 "El Código de Aguas mirando al futuro".

medioambiente, cuyo mejor ejemplo queda demostrado en la patente por no uso; si se adquieren derechos de aprovechamiento para mejorar los ecosistemas y no existen obras de captación, entonces, se debe pagar una patente.

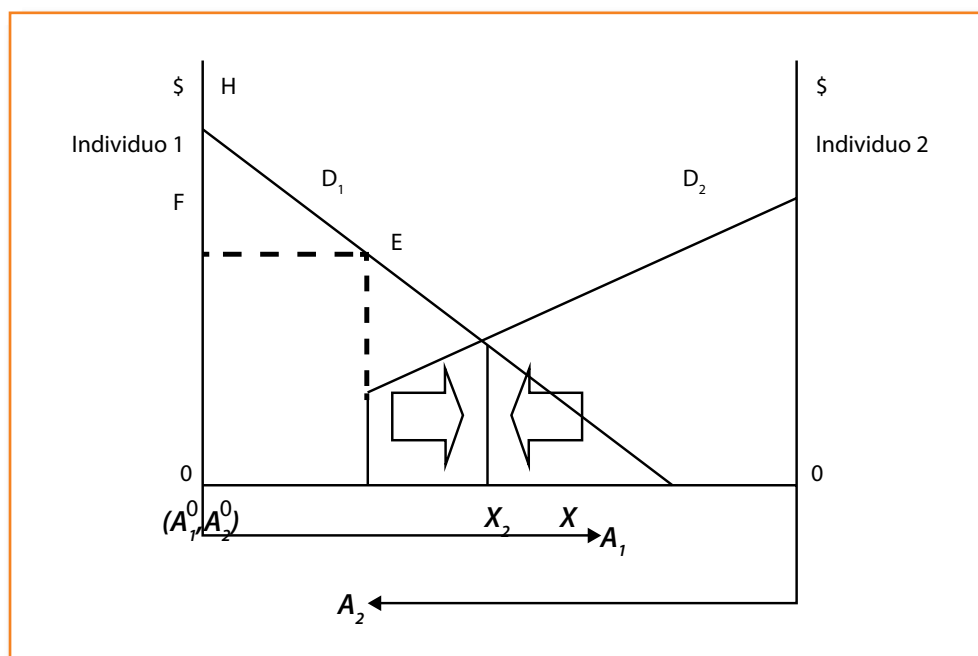
Los beneficios de los ecosistemas acuáticos no se suministran a través de un mercado, por tanto, al afirmar que el mercado es el reasignador que redistribuye las aguas, lo que primero debe hacerse es intentar proteger al medioambiente y asignar los recursos en función de éste. Si esto no ocurrió en el momento de las asignaciones, entonces deberá ser materia de discusión el cómo solucionar este aspecto.

Y así como se hace referencia a reservar y asegurar los recursos para el consumo humano, también debe existir un criterio similar a la hora de reservar los recursos para el medioambiente. El no hacerlo en el momento adecuado implica que después se deban asumir costos muy elevados.

Mecanismos de distribución del recurso

1. Administrativo: Un ejemplo en Chile es el Código de Aguas de 1967, en el cual el rol del Estado era el de reasignador.
2. Asignación basada en costos de oportunidad: Es el concepto de tarificación del agua. Su dificultad radica en la complejidad que existe

Figura 1: Distribución socialmente óptima de las aguas.



Fuente: Donoso, Guillermo. Seminario 2015 "El Código de Aguas mirando al futuro".

para poder contabilizar cuánta agua se consume. Si bien a nivel doméstico esto ya está resuelto, en el ámbito de la agricultura queda mucho por avanzar.

3. Mercado de los derechos de aprovechamiento: Existe en varios países y en Chile está presente desde la promulgación del Código de Aguas de 1981.

Análisis al mercado de DAA no consuntivos

El mercado no se encarga de

la distribución inicial de los derechos de aprovechamiento de agua, pues dicho proceso lo realiza el Estado. Sin embargo, una vez que se otorguen los derechos y las condiciones socioeconómicas vayan cambiando, los nuevos escenarios arrojan interrogantes respecto de si dichas asignaciones resultan adecuadas.

Bajo un sistema administrativo será el Estado la institución que deberá analizar, evaluar y reasignar; mientras que bajo un sistema de mercado

serán las transferencias entre los agentes las que definirán cómo se reasignan o redistribuyen los recursos.

¿Pero cómo ha operado este mecanismo para la redistribución de los derechos? Comenzando el análisis en el mercado de derechos de aprovechamiento no consuntivos, se analizaron las experiencias de transacciones y transferencias en las regiones de Arica y Parícuta, Metropolitana, O'Higgins, Maule, Biobío, Araucanía y Los Lagos, cuyos datos

corresponden a 10 años de análisis de transferencias.

En derechos no consuntivos, si primero se analizan cuántos de éstos se han otorgado en estas regiones, puede observarse que el otorgamiento se ha incrementado (ver *Figura 2*) hasta 2011. De este grupo, la región con la mayor cantidad

de derechos no consuntivos otorgados es la de La Araucanía, seguida por la de Los Lagos.

Luego, en el gráfico de la *Figura 3*, donde las barras son las transacciones en litros por segundo (lts/seg) y la línea naranja es el valor de la transacción (UF/l/s), se observa que en la Región Metropolitana y de Los Lagos

existen la mayor cantidad de transferencias (sobre los 600 mil lts/seg), mientras que el mayor valor se presenta en O'Higgins, con aproximadamente 350 UF el lt/seg.

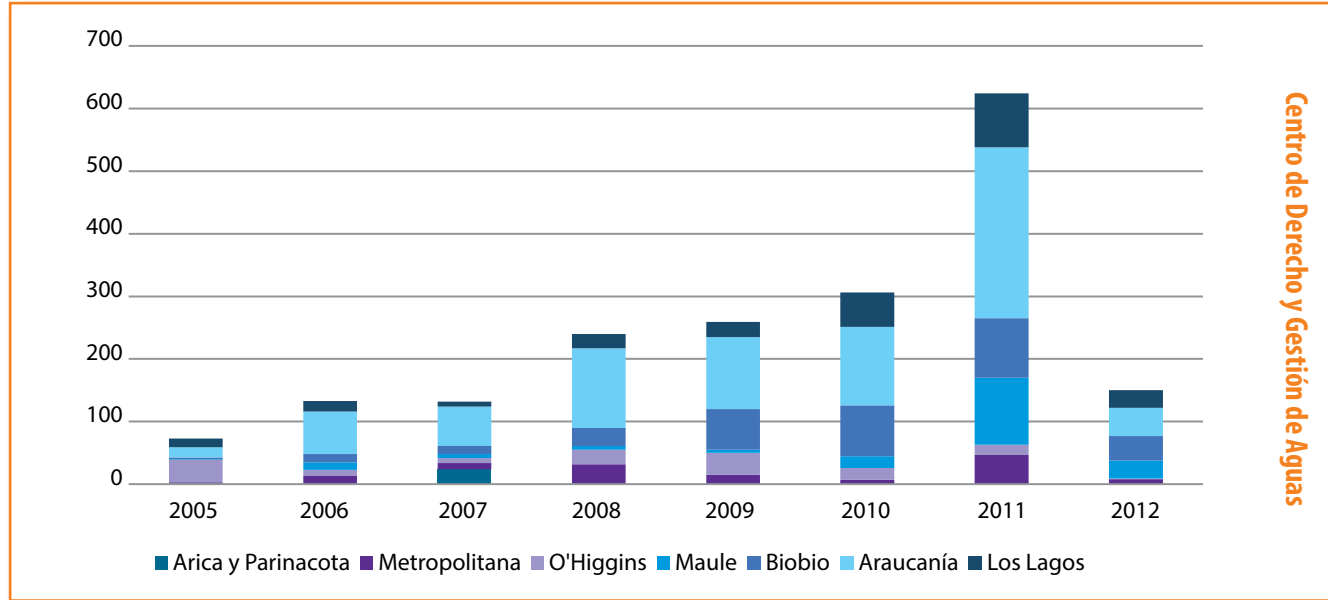
Síntesis del estudio

Los mercados de Derechos de Aprovechamiento de Agua

(DAA) no consuntivos han comenzado a desarrollarse en todas las regiones estudiadas a partir de 2005, cuando se establece la patente de no uso.

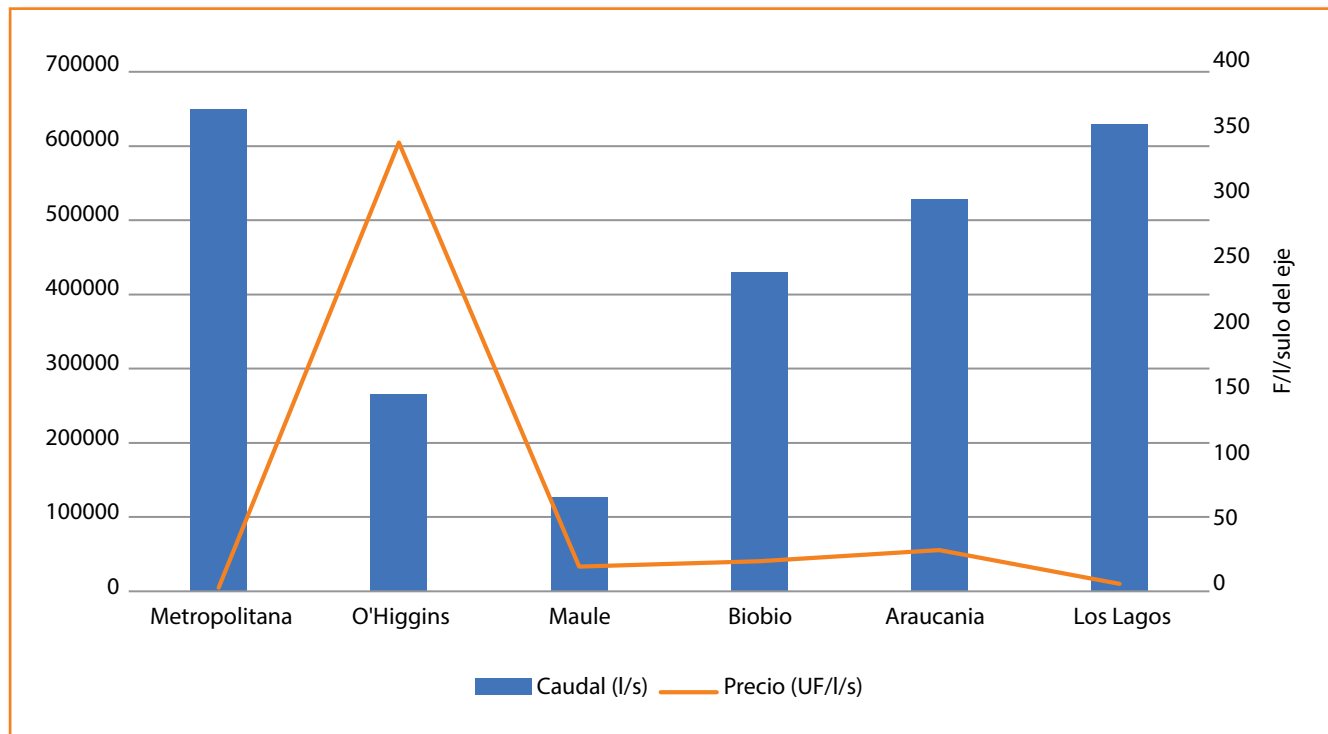
Las regiones que presentan mayores transacciones de caudales realizadas son la Región Metropolitana y de Los Lagos, mientras que las regiones

Figura 2: DAA no consuntivos otorgados.



Fuente: Donoso, Guillermo. Seminario 2015 "El Código de Aguas mirando al futuro".

Figura 3: Mercado de DAA no consuntivos.



Fuente: Centro de Derecho y Gestión de Aguas.

con mayor valor de Derechos de Aprovechamiento de Agua no consuntivos son las regiones de O'Higgins, Biobío y La Araucanía. Las indicaciones respecto de estos dos puntos es que debiera realizarse un seguimiento y análisis del comportamiento, de modo que se pueda fortalecer este mecanismo de reasignación.

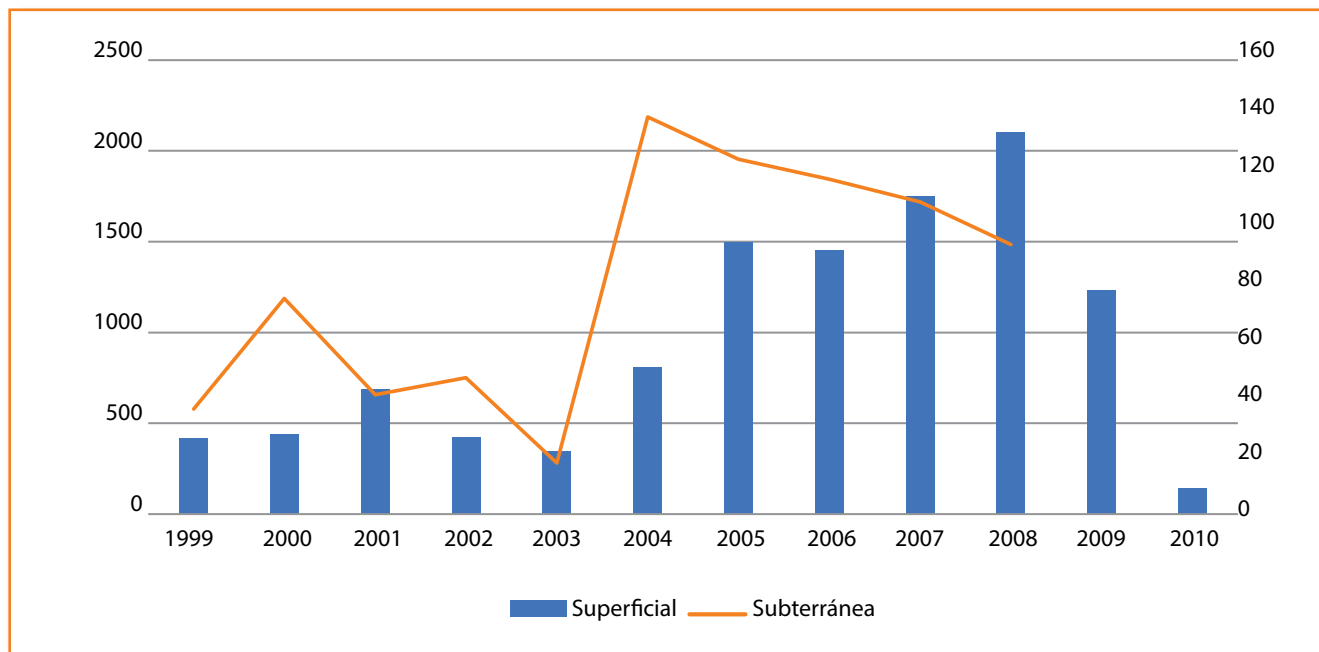
Análisis al mercado de DAA consuntivos

Para el caso de las regiones analizadas de Arica y Parincota, Metropolitana, O'Higgins, Maule, Biobío, La Araucanía y Los Lagos se observa un mercado bastante más activo. En el gráfico de la

Figura 4, donde las barras azules representan las aguas superficiales y las líneas rojas las transacciones de aguas subterráneas, se observa que durante la década las transacciones han ido aumentando y que ha crecido la escasez –que es el motor de la reasignación y redistribución

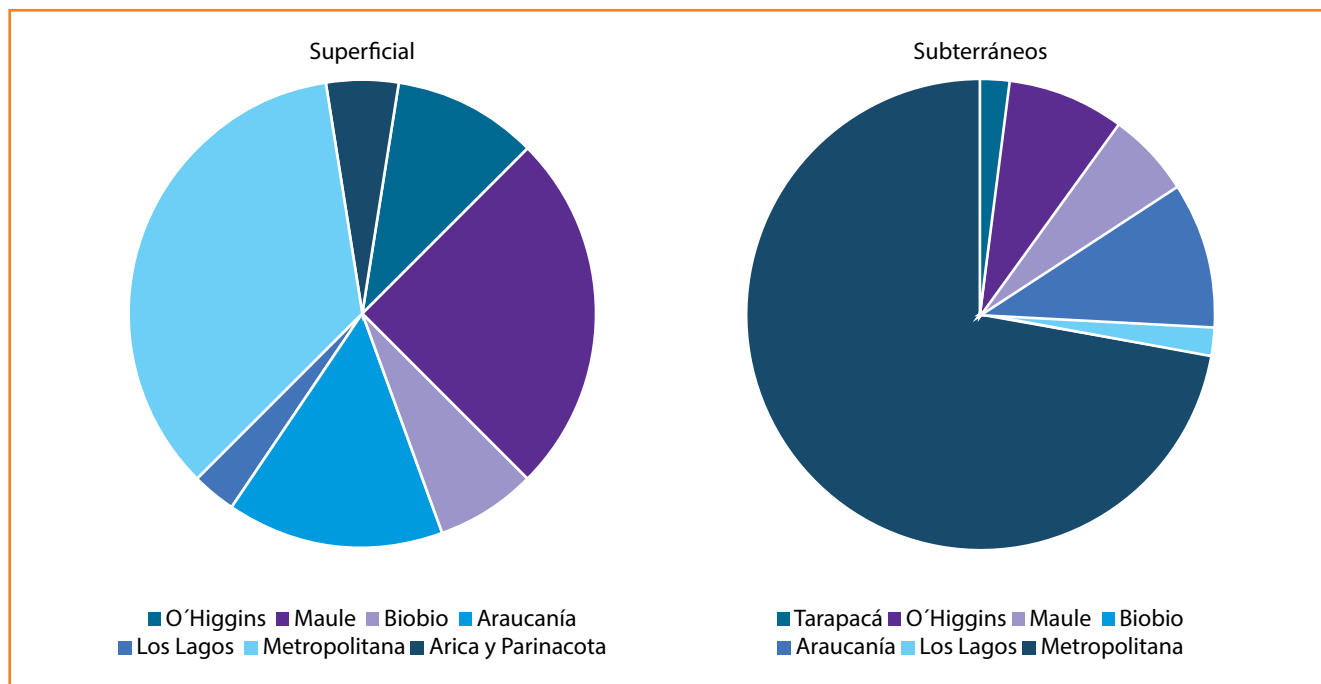
de las aguas–, lo cual ha significado que el mercado entre a operar más. Las aguas subterráneas presentan un crecimiento importante a partir de 2005 y una leve tendencia a la estabilización. En términos de números de derechos, durante 2008 se transaron alrededor

Figura 4: Número de transacciones de DAA consuntivos superficiales y subterráneos por año, total de las regiones en estudio.



Fuente: Centro de Derecho y Gestión de Aguas.

Figura 5: Número de transacciones de DAA consuntivos superficiales y subterráneas por región, total período 1999-2010.



Fuente: Donoso, Guillermo. Seminario 2015 "El Código de Aguas mirando al futuro".

Recuadro 2: Análisis comparativo de mercados de aguas y aspectos institucionales.

Estudio comparativo de mercados de aguas					
	AUSTRALIA	U.S. OESTE	CHILE	ÁFRICA DEL SUR	CHINA
Reconocimiento del interés público	●●	●●	●	●●	●
Capacidad administrativa	●●	●●	●●	●	●
Relaciones horizontales y verticales	●●●	●	●●	●	●
Claridad legal y administrativa	●●●	●	●●	X	X
Prioridad del uso	●●●	●●●	●	●●	●●
Asignación inicial y reasignación	●●●	●●	●●	Pendiente	N/D
Manejo de fallas de mercado	●●	●	●	●●	X
Capacidad de adaptación de las instituciones	●●●	●●	●	Pendiente	●●

Notas:

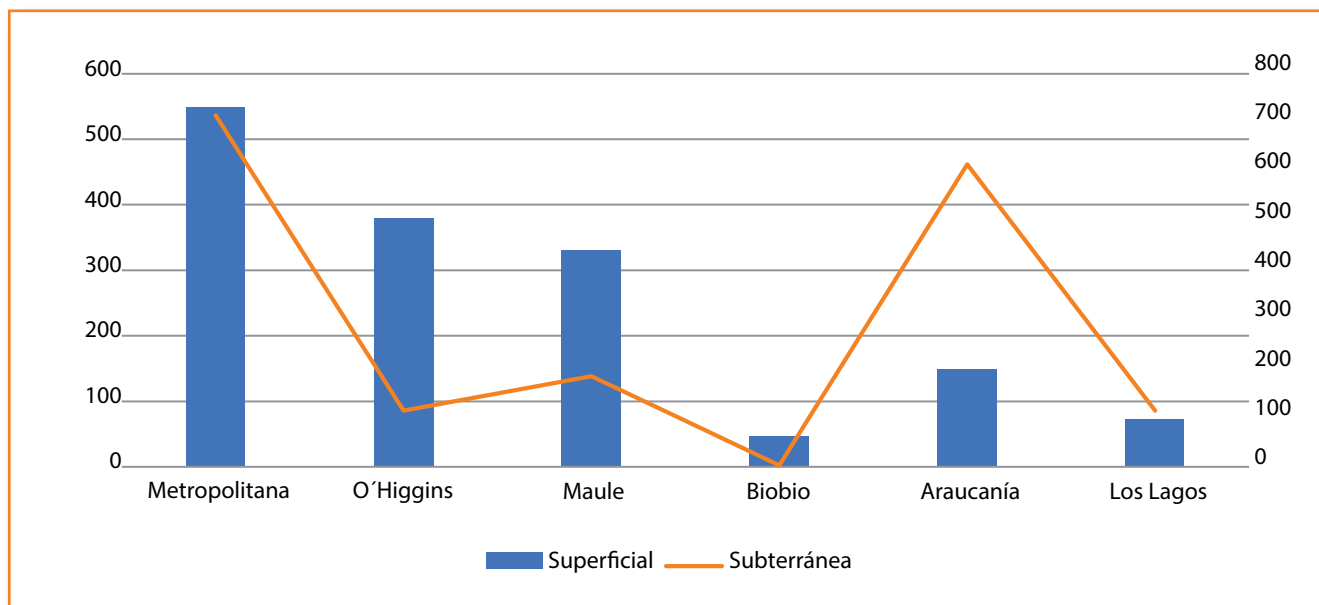
●●● Completamente logrado;	● Parcialmente alcanzado, se requiere de desarrollos futuros sustanciales
●● Mayoritariamente alcanzado, algunos desarrollos futuros son necesarios,	X No alcanzado / no hay información / no está operativos (pendiente).

En el siguiente cuadro se realiza una comparación entre Australia, la zona oeste de Estados Unidos, Chile, África del Sur y China. El número de gotas representa el nivel de avance en las áreas de reconocimiento del interés público; capacidad administrativa; relaciones horizontales y verticales; claridad legal y administrativa; prioridad del uso; asignación inicial y reasignación; manejo de fallas de mercado; y capacidad de adaptación de las instituciones.

En cuatro de los ocho ítems analizados, Chile presenta el estado de "Mayoritariamente alcanzado, algunos desarrollos futuros son necesarios". Sin embargo, llama la atención que para el caso del reconocimiento del interés público, la mayoría de los países analizados presenta el estado "Completamente logrado", mientras que Chile aun figura con tareas pendientes. Esto es lógico, pues en la práctica Chile es un país semiárido con cultura de abundancia de agua. Entonces, la importancia que se le otorga al agua, en general, es baja, excepto cuando se abre una llave y escasea el agua. Sin embargo, una vez que llueve, generalmente este problema queda en el olvido.

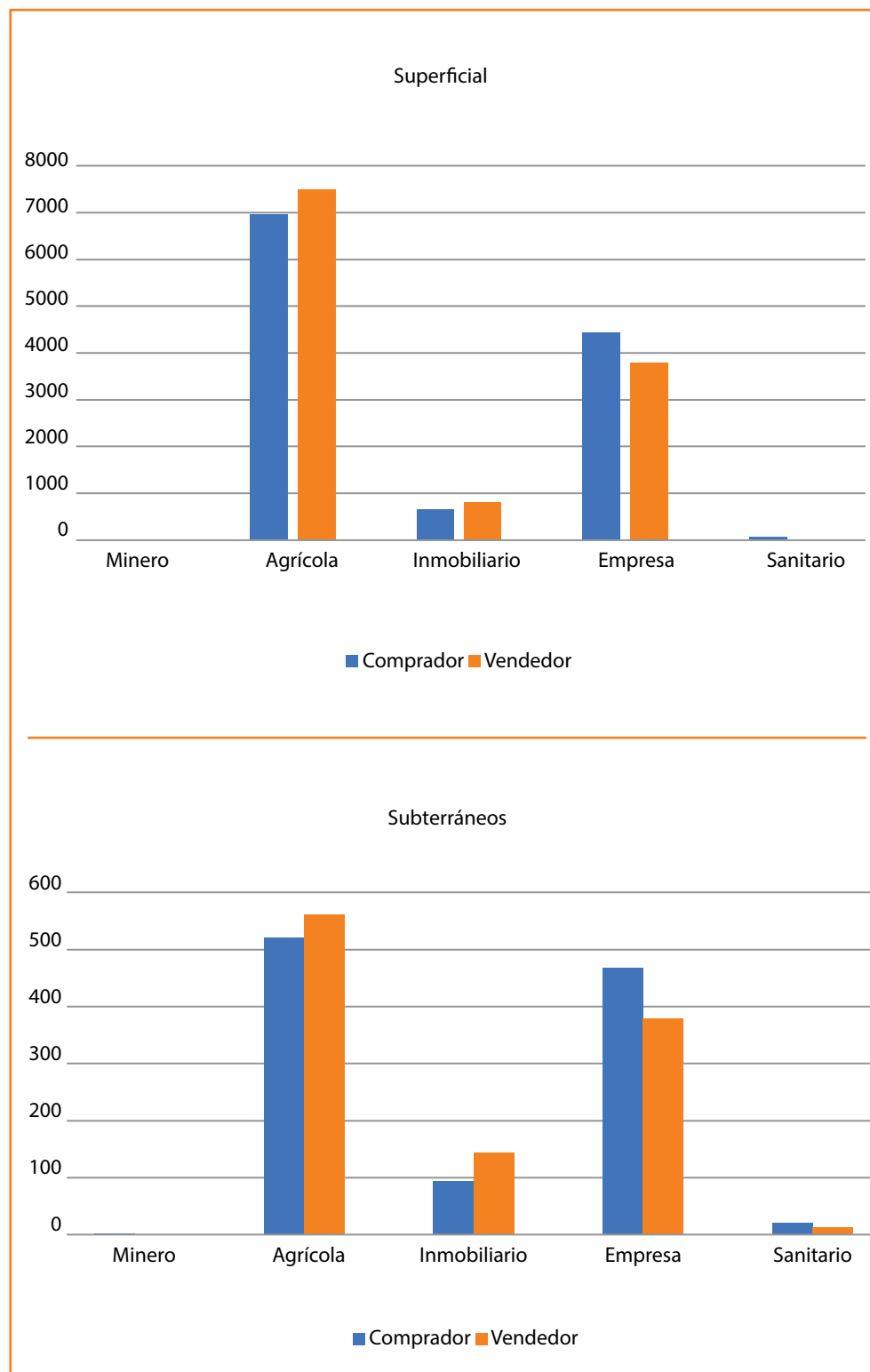
Finalmente, resulta atendible que para el caso de prioridad de uso, manejo de fallas de mercado y capacidad de adaptación de las instituciones, Chile requiere desarrollos futuros sustanciales en su estado de "Parcialmente alcanzados".

Figura 6: Precio (UF/l/s) consuntivos en el periodo 1999-2010, en las regiones en estudio (subterráneos y superficiales).



Fuente: Donoso, Guillermo. Seminario 2015 "El Código de Aguas mirando al futuro".

Figura 7: Número total de DAA superficiales y subterráneos transados por sector.



Fuente: Donoso, Guillermo. Seminario 2015 "El Código de Aguas mirando al futuro".

de 2 mil derechos de aprovechamiento consuntivos; mientras que a nivel subterráneo se alcanzó un máximo de 130 derechos de aprovechamiento. Respecto de las regiones con mayor concentración (ver Figura 5), tanto para agua superficial como subterránea, la que presenta la mayor cantidad de transacciones es la Región Metropolitana. Luego, específicamente para el caso del agua superficial, destaca El Maule y La Araucanía; mientras que para el agua subterránea lo hace la zona Metropolitana y O'Higgins. Las cifras presentadas por la Región Metropolitana se explican por la alta demanda de múltiples sectores y por la existencia de una mayor población concentrada; así, la escasez relativa es más alta y eso explica su mayor actividad.

En términos de valores, el precio (UF/l/s) de los DAA consuntivos durante 1999-2010 queda expresado en el gráfico de la Figura 6, donde las barras representan las aguas superficiales y la línea roja las aguas subterráneas, se observan los valores promedio y destaca la Región Metropolitana con el mayor valor, lo cual ocurre debido a su escasez relativa.

DAA transados por sector

De acuerdo al gráfico de la Figura 7, en todas las regiones analizadas existen transacciones, se redistribuyen las aguas y se mueven desde un sector a otro. Para el caso de las aguas superficiales, el mayor comprador y vendedor es el sector agrícola, seguido por la industria. Es decir, el agua se está transfiriendo principalmente entre agricultores y esto se explica porque en las regiones analizadas la agricultura presenta un alto valor. Para el agua subterránea ocurre algo similar, el

que más compra y vende es el sector agrícola, pero tiende a mantenerse en ese sector, que es su principal usuario.

DAA subterráneos en Copiapó

El río Copiapó es la típica cuenca sobre la cual se suele oír que “la minería está acabando con el agua”. Sin embargo, al observar la *Figura 8* con datos sobre aguas subterráneas (lts/seg) tomados entre 1980 y 2012, en el área en la cual se concentran las mayores transacciones de DAA es en la agricultura. Es decir, la mayoría de las transacciones permanecen en el mismo sector, seguidas por el traspaso de la agricultura a la minería, con aproximadamente 2000

“El agua se está transfiriendo principalmente entre agricultores y esto se explica porque en las regiones analizadas la agricultura presenta un alto valor. Para el agua subterránea ocurre algo similar, el que más compra y vende es el sector agrícola, pero tiende a mantenerse en ese sector, que es su principal usuario.”

lts/seg, pero muy alejadas de las más los más de 6000 lts/seg transados en la agricultura.

Frente al valor de dichas transacciones, estos son bastante elevados y de acuerdo al gráfico de la *Figura 9*, no está presente la ley de un solo precio, pues los valores que se van a transar depende del tipo de sector involucrado.

La agricultura sigue muy de cerca al rubro empresarial como el sector que más paga en calidad de comprador, sin embargo, para el caso del agua superficial el que vende a mayor precio es la empresa. Para el caso del agua subterránea, en tanto, el sector agrícola es el que está dispuesto a pagar el mayor precio, mientras que el que cobra el mayor monto es el sector empresarial. Así, con este ejemplo se evidencia la

Figura 8: Número total de DAA subterráneos transados por sector económico en Copiapó.

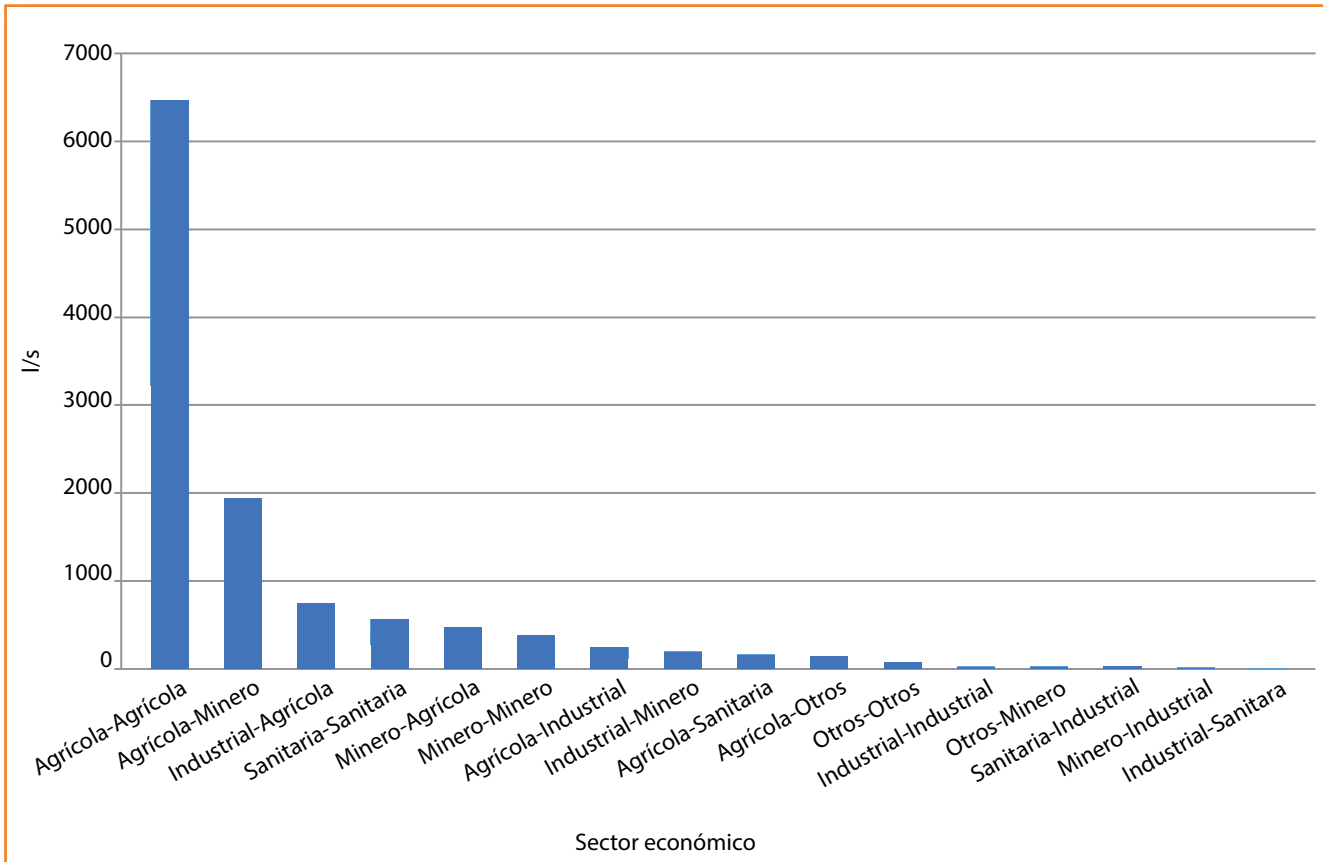
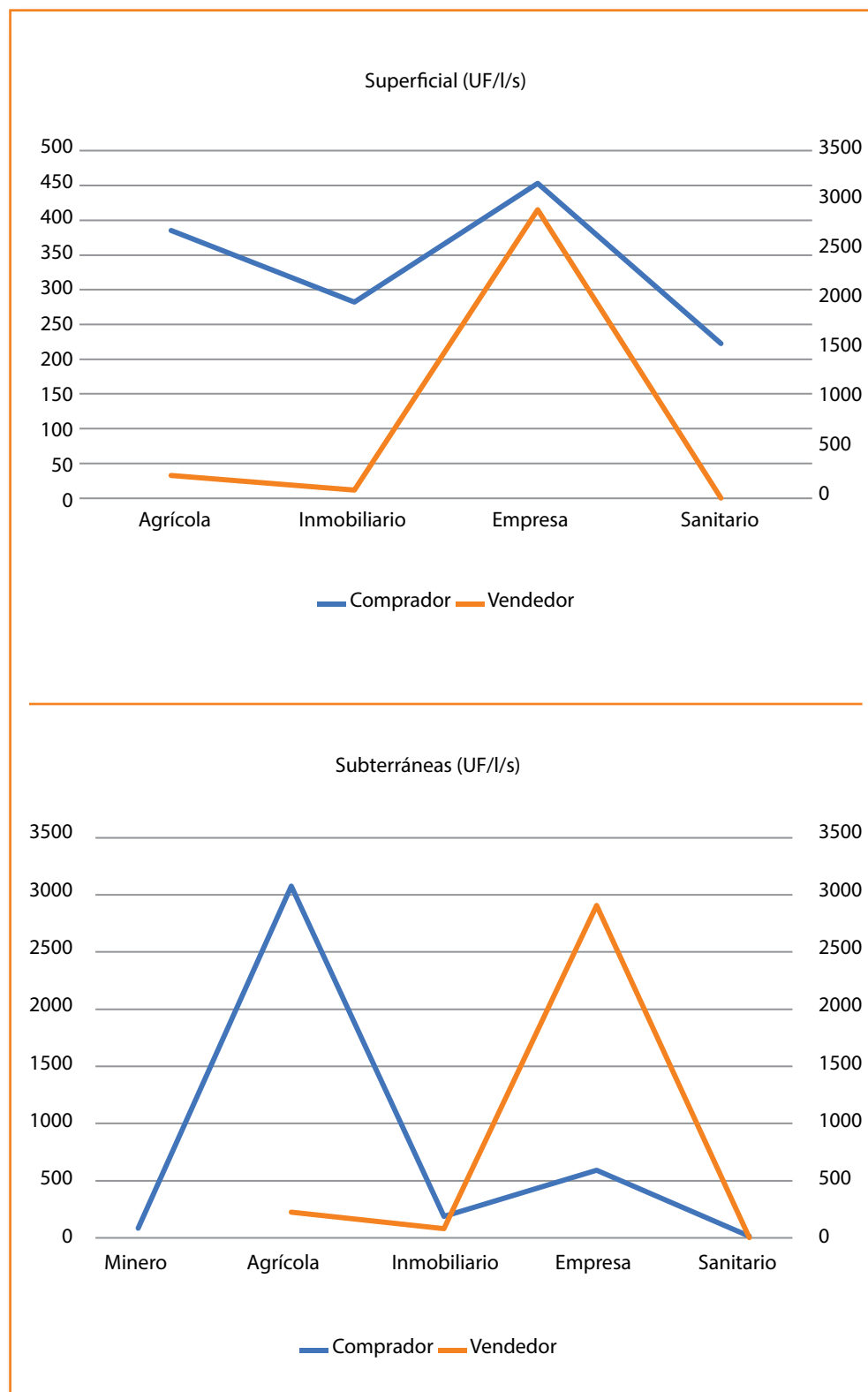


Figura 9: Valor de las transacciones de DAA superficiales y subterráneas transados por actividad (UF/l/s).



Fuente: Donoso, Guillermo. Seminario 2015 "El Código de Aguas mirando al futuro".

existencia de negociaciones bilaterales donde la definición del precio final dependerá del sector que negocie en dicha transacción.

Conclusiones

El mercado ha permitido valorar el agua. En distintos escenarios, las empresas sanitarias han solucionado sus problemas de mayores demandas y han colaborado en resolver problemas de escasez cuando se ha necesitado una rápida respuesta.

Asimismo, el mercado ha permitido el desarrollo de distintas actividades en zonas de escasez sin inversión en grandes obras o fuentes alternativas de agua.

Y si bien Chile presenta grandes fortalezas en la gestión de los recursos hídricos, también se evidencian algunas debilidades que deben trabajarse a mediano y largo plazo.

Dentro de sus fortalezas destaca su claridad legal y administrativa, la transparencia de sus procesos para la distribución de derechos y redistribución en la medida de que las prioridades cambien, y finalmente, resalta la participación de los distintos agentes en el rol de compradores o de vendedores.

En torno a las debilidades identificadas, Chile debe trabajar y mejorar aspectos como el bajo reconocimiento del interés público en el recurso agua; la baja importancia que se le otorga al medio ambiente de parte de la sociedad; la falta de prioridad y capacidad para enfrentar fallas de mercado (como los efectos sobre terceros; la inexistencia de un mecanismo revelador de precios y la presencia de valores que no se ajustan a la ley de un sólo precio); y finalmente, el insuficiente y bajo manejo adaptativo de parte de las instituciones para la gestión del agua.

Experiencia mexicana:

Legislación, normatividad y competencias para la gestión integral de aguas subterráneas



Miguel Rangel*

Ponencia realizada durante el Seminario 2015 de Alhsud Chile "El Código de Aguas mirando al futuro".

* Miguel Rangel es doctor en Ciencias de Universidad Nacional Autónoma de México, presidente de la Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea para el Desarrollo para el período 2014-2018 y presidente del Capítulo Mexicano de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (AIH). Actualmente se desempeña como director del Instituto de Investigaciones del Desierto y Agua Subterránea de México y como Director General en Investigación y Desarrollo de Acuíferos y Ambiente (IDEAS).

La experiencia de la evolución histórica del manejo del agua en México permite identificar aciertos y errores en relación a la gestión de los recursos hídricos.

Como parte de la herencia española, en México el agua fue considerada propiedad de la nación. La soberanía recaía en el rey, pasaba después al Estado y entonces, la propiedad del agua terminaba en la nación. Posteriormente, a fines del siglo XIX y hasta la década de 1890, las mercedes de tierras y aguas de pueblos, comunidades indígenas y hacendados de la época virreinal son sometidas a las nuevas leyes federales y a cada usuario se le reconocen sus derechos.

A principios de 1900 se inicia una gran cantidad de obras hidráulicas con el objetivo principal de llevar agua al riego. Durante el mismo período, con muy poca eficiencia se traslada agua hacia los poblados y la exploración de los recursos naturales arrojaba cifras respecto de la disponibilidad de manantiales, corrientes fluviales y cuerpos de agua susceptibles de aprovecharse para satisfacer las necesidades crecientes de la población.

Durante el período comprendido entre 1900 y 1920 se inicia la generación de energía y paralelamente, un permanente incremento del asentamiento de la

población. Se comienzan a desarrollar grandes represas, las que entre 1920 y 1950 comienzan su utilización para el uso agrícola, con un período muy fuerte de generación de exportaciones y producción de cultivos. Así, las necesidades alimentarias ligadas al crecimiento demográfico son satisfechas en campos abiertos a la agricultura irrigada, con cuantiosas inversiones de capital y tecnología, las que son financiadas tanto por particulares como por el Estado.

En términos de institucionalidad en México, en 1917 se funda el Instituto Nacional

de Irrigación (INI) y en 1936 se ratifica el "orgullo" por la agricultura a través de la Ley sobre irrigación de aguas federales. Luego, en 1946 se publica la primera Ley de Riegos y el INI se transforma en Secretaría de Recursos Hidráulicos. Seguidamente, se inicia la construcción de centenas de pequeñas presas y de una decena de grandes presas (ver Figura 1).

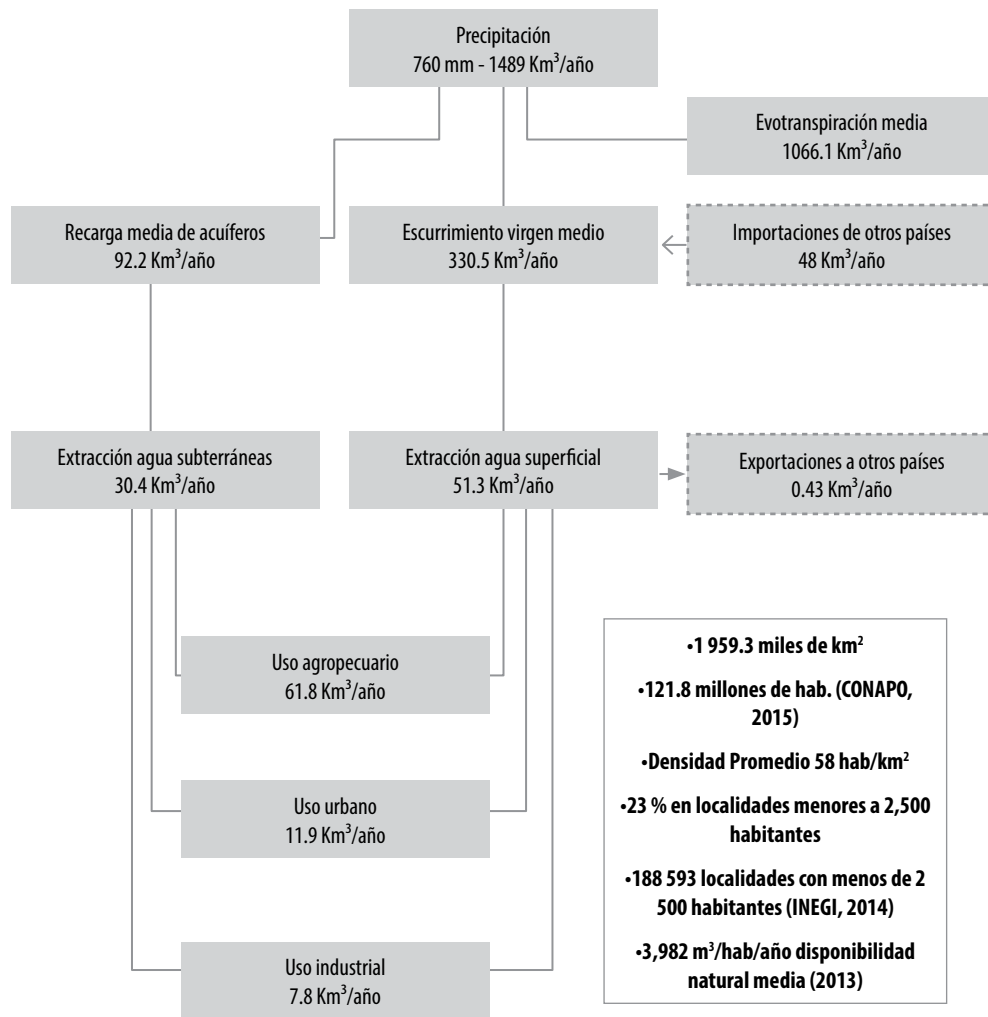
Desarrollo del agua subterránea en México

En enero de 1945 se decretó la integración de las "aguas subterráneas" a la propiedad

Figura 1: Presas El Novillo y El Oviachic 1947-52 Cap. 3,200 millones de m³ c/u.



Recuadro 1: México en cifras.



Fuente: Arreguín, F. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), 2015.

de la nación y se reconoció su existencia, lo que incluyó la modificación del párrafo 5° del artículo 27 constitucional. Así, se declaró como de utilidad pública (artículo 2°) “el alumbramiento de aguas subterráneas, la colonización de las tierras beneficiadas con obras de riego, el aprovechamiento de éstas...” y hasta la formación de centros urbano-agrícolas. Se legalizó también la existencia de Distritos de Riego, todo como una política nacional.

El “error” de ello estuvo en el hecho de que el texto afirmaba que “las aguas del subsuelo podían ser libremente alumbradas...y apropiarse por el dueño del terreno; y que “cuando lo exija el interés público, o se afecten

a otros aprovechamientos, el ejecutivo federal podrá reglamentar...y aún establecer zonas vedadas”. Así, desde su libre alumbramiento (1946) hasta entrar en crisis (1976), los conceptos de “libre alumbramiento” o “libre bombeo”, en la práctica se tradujeron en una extracción de agua sin regulación ni control, dándose inicio –en esos años– a la colonización de los valles y planicies del norte de México.

Yapastada una década, dichos conceptos habían generado grandes abatimientos locales y regionales, provocando agudos problemas de extracción, uso, dominio, concesión y asignación de derechos, vedas blandas y rígidas, desembocando

en la conformación de una “Policía Hidráulica” que centró su trabajo en la detección de perforación de pozos clandestinos entre 1950 y 1980.

Consecuencias del “olvido”

El fuerte deterioro ambiental producido durante las décadas de 1940 y 1960, provocado principalmente por el sobrebombeo y posterior sobreexplotación de algunos acuíferos, significó que los niveles de bombeo se volvieran profundos y que presentara un alto costo, evidenciándose también la escasez del recurso.

Con el cambio de la economía a partir de la década de 1980 se establece una fuerte competencia con el

uso municipal; se observa la intrusión marina de acuíferos costeros; la subsidencia (deterioro de infraestructura municipal y doméstica); y el abandono de pozos para no pagar patentes por el agua ni asumir el daño provocado.

En este escenario, en el primer Plan Nacional Hidráulico de 1975 se describieron 102 subregiones equivalentes a cuencas hidrológicas, lo que culminó en la publicación de Ley de Aguas Nacionales de 1989, que reconoció la cuenca como unidad espacial adecuada para su gestión. En el caso de los ecosistemas acuáticos, la escala de cuenca hidrológica permitió entender los procesos naturales (hidrológicos, geomorfológicos y ecológicos)

que regían su funcionamiento y evolución, y por tanto, los elementos claves para su conservación.

La disponibilidad de agua es una variable expresamente determinada mediante estudios y es el primer criterio clave para la identificación e inventario de las obras y concesiones en el REPDA (Registro Público de Aprovechamientos de Agua), como secuencial al Banco Nacional de Información del Agua. Esta variable indica la cantidad de recurso hídrico disponible al final de una unidad de gestión o cuenca, elemento clave cuando se piensa en términos de reserva estratégica del recurso agua.

Ley de aguas nacionales

La nueva ley publicada en el Diario Oficial (1992) estableció en su artículo 3 que se entendería por “aguas nacionales a las aguas propiedad de la nación en los términos del párrafo quinto del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; y al acuífero como cualquier formación geológica por la que circulan o se almacenan aguas subterráneas que puedan ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento”.

En el artículo 18 se establecía que las “las aguas nacionales del subsuelo podrán ser libremente alumbradas mediante obras artificiales, excepto cuando el Ejecutivo Federal, por causa de interés público, reglamente su extracción y utilización, establezca zonas de veda o declare su reserva”. Luego, en el artículo 24, que “el término de la concesión o asignación para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales no será menor de cinco ni mayor de cincuenta años”.

Y finalmente, en el artículo 10 se citó cuáles eran las instituciones que conformarían el Consejo Técnico, que desde entonces sigue igualmente conformado por “los titulares de las Secretarías de Hacienda y Crédito Público; de Desarrollo Social; de la Contraloría General de la Federación; de Energía, Minas e Industria Paraestatal; de Agricultura y Recursos Hidráulicos, quien lo presidirá; de Salud y de Pesca”.

En aquel entonces, las acciones implementadas en 1992 para evaluar el manejo integral de los recursos –que se llamaban hidráulicos (y no hídricos)– giraron en torno a la cuantificación de las aguas, es decir, en la determinación de cuánta agua había

disponible y en su medición. Ya recién para el año 2000 se establece una normatividad (dependiente de la ley de aguas nacionales) para calcular la disponibilidad anual de las aguas subterráneas en una unidad hidrogeológica y se comienzan a detectar las descargas y los volúmenes extraídos para cualquier uso.

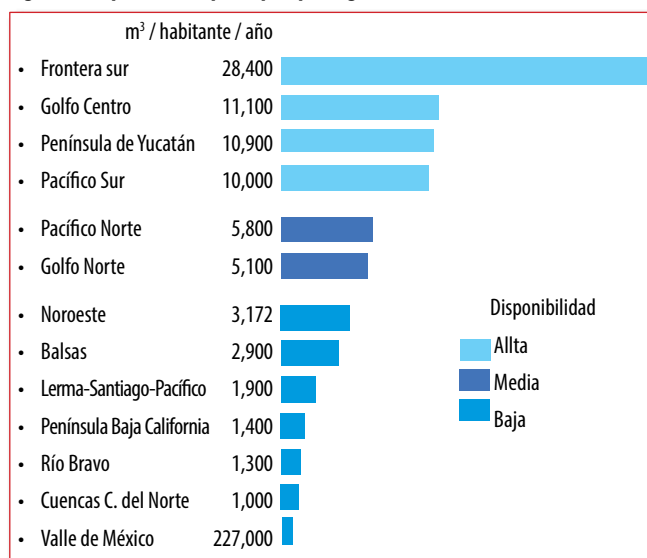
Disponibilidad y uso sustentable del agua

Los tópicos que resaltan al hablar del agua subterránea

son la disponibilidad, la sustentabilidad y la gestión pública, desde donde surgen distintos cuestionamientos para cada uno de estos.

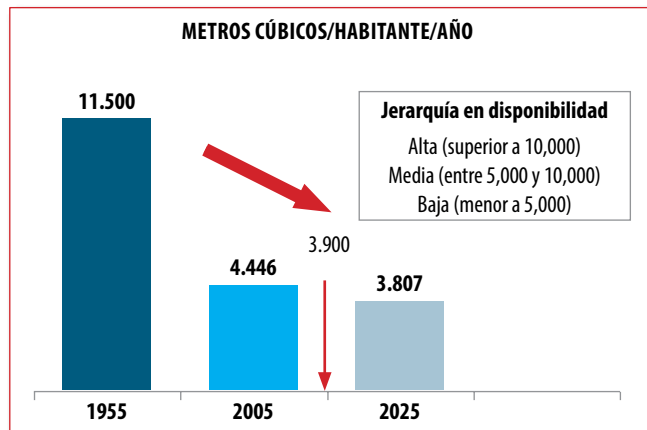
Para el caso de la disponibilidad, la pregunta que surge es si existe disponibilidad del recurso y de haberla, el siguiente paso es determinar para qué está disponible: ¿para la minería, geotecnia, geotermia, agricultura, ganadería o gasto ecológico, entre otras? En este punto definitivamente se

Figura 2: Disponibilidad per cápita por regiones administrativas.



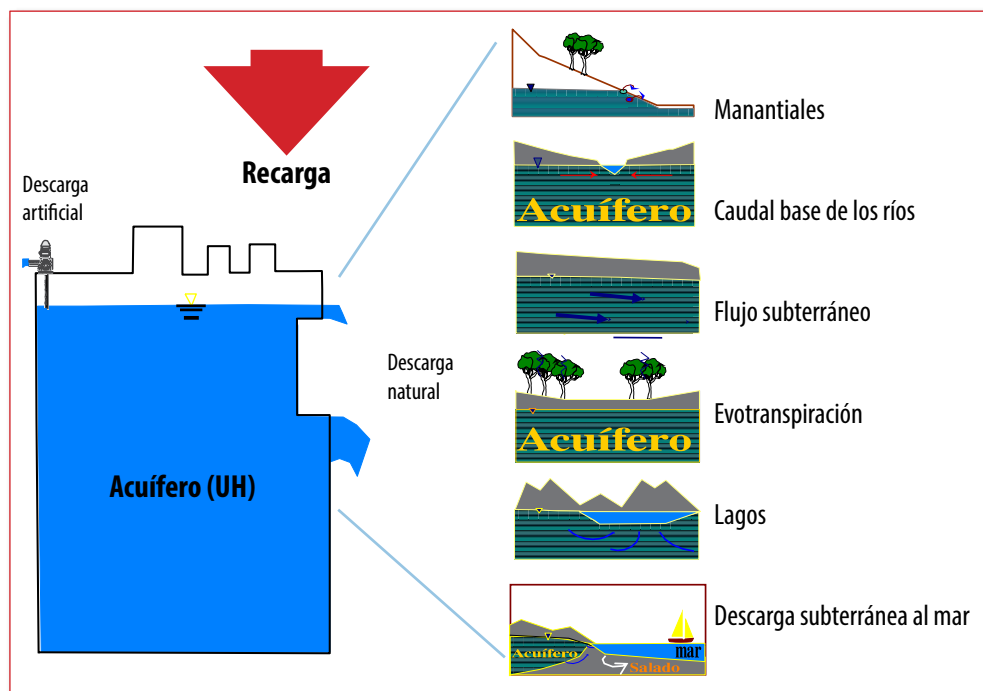
Fuente: Conagua

Figura 3: Evolución de la disponibilidad de agua en México.



Frente al criterio de sustentabilidad deben considerarse las estrategias de manejo y aprovechamiento del agua subterránea a nivel nacional y regional; mientras que para la gestión pública se deben definir cuáles son los instrumentos prioritarios para un adecuado manejo y aprovechamiento del agua subterránea.

Figura 4: Modelo conceptual de un acuífero.



Fuente: Rangel, Miguel. (2015).

presentarán conflictos, ya sea por presión, contaminación, riesgo o cambio climático.

Frente al criterio de sustentabilidad deben considerarse las estrategias de manejo y aprovechamiento del agua subterránea a nivel nacional y regional; mientras que para la gestión pública se deben definir cuáles son los instrumentos prioritarios para un adecuado manejo y aprovechamiento del agua subterránea.

Finalmente, en torno a las discusiones generadas para la implementación de soluciones y la planificación, primeramente se debe considerar la experiencia nacional de manejo y el aprovechamiento del agua subterránea; luego, adaptar y asimilar las experiencias internacionales; y por último y por último, considerar las perspectivas políticas (presente y futuro del manejo y aprovechamiento del agua subterránea).

La sustentabilidad tiene como propósito generar una combinación de modelos hidrológicos con los modelos sociales y económicos para la toma de decisiones; también busca ser una solución a los problemas de optimización de recursos; y finalmente, contar con modelos de calidad y

balances de agua, simulando los flujos de agua a lo largo de las cuencas y su calidad.

La disponibilidad y el uso sustentable, en tanto, se relacionan con la operación de un acuífero minado. Así, el continuar con el uso intensivo se contraponen con su posible recuperación, provocando

eventuales resultados negativos, como daño irreversible a los acuíferos y la no sustentabilidad del sistema.

Disponibilidad del agua

La disponibilidad de agua en México presenta variaciones geográficas. La disponibilidad natural de agua promedio per cápita en el sureste es 7.3 veces mayor a la de la zona centro, norte y noroeste. Del centro hacia el norte, de hecho, existe una disponibilidad de 1.831 m³/hab/año, mientras que en el sur es de 13.361 m³/hab/año (ver Figura 2).

En cuanto a su evolución, ésta ha ido descendiendo a partir del año 1955 y se espera que en 2025 borde los 3.807 m³/hab/año. Sin embargo, tal como se observa en la Figura 3, ya en 2015 presentan un notable aceleramiento con 3.900 m³/hab/año, lo cual es absolutamente crítico.

¿Cómo medirla entonces? A través de un modelo conceptual del acuífero, como el que puede apreciarse en la Figura 4. Si se trata de cuantificar la disponibilidad del agua subterránea, este proceso será muy complejo, a pesar de que en ello México acumula una experiencia de más de 40 años y que la norma oficial mexicana establece

Figura 5: Método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales.

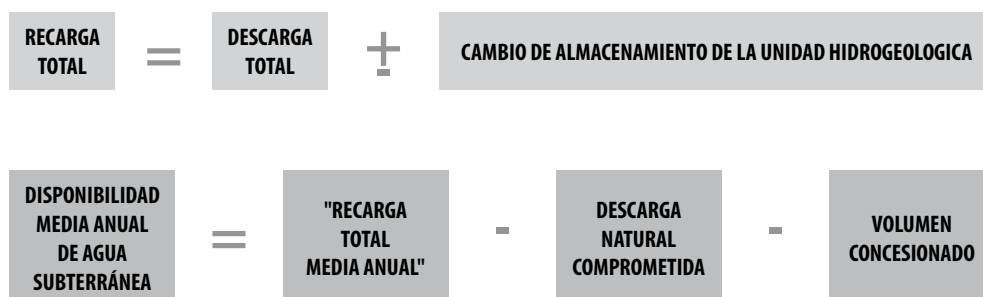
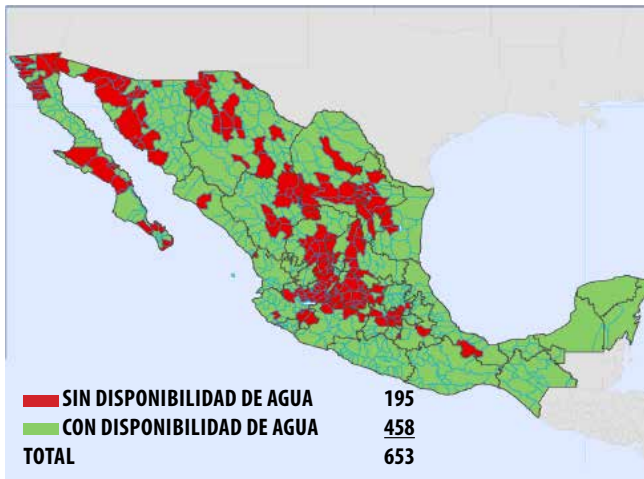
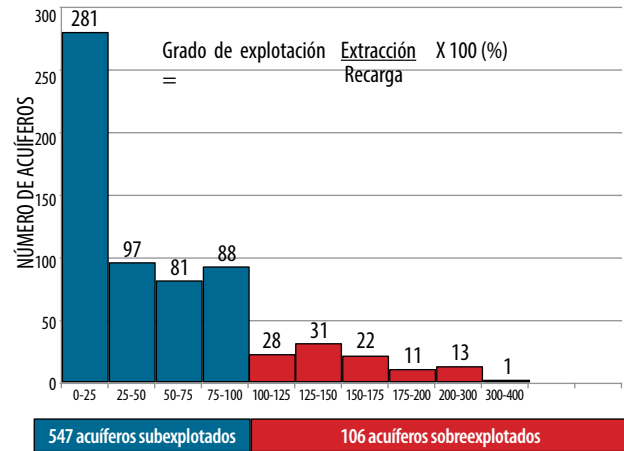


Figura 6: Disponibilidad del agua subterránea en México.



GRADO DE EXPLOTACIÓN DE LOS ACUIFERO, 2013



las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales (ver Figura 5).

Disponibilidad de agua subterránea

Las zonas coloreadas en rojo, observadas en la Figura 6, representan los acuíferos sobreexplotados –según la clasificación de Comisión Nacional de México (Conagua)–, en las que, de un total de 653 acuíferos, 195 se encuentran sin disponibilidad de agua y 458 con disponibilidad de agua, lo cual evidencia un importante déficit.

Algunos de los objetivos de la gestión del agua subterránea son reconocer que el uso intensivo de los acuíferos freáticos es una opción que puede ser considerada en aquellos casos en que los beneficios para la sociedad están por encima de los costos ambientales generados por la explotación del agua subterránea. Asimismo, es necesario desmitificar la situación actual del agua subterránea, aportando con estudios y evitando la utilización de conceptos emocionales que no siempre

corresponden a la realidad, como la sobreexplotación, el agotamiento o colapso de los acuíferos, que en muchos casos carecen de bases empíricas, pero que en otros existen y suelen ser catastróficos.

El agua subterránea se renueva de modo constante por la naturaleza de la recarga, la cual procede principalmente de las precipitaciones, pero también puede producirse a partir de escorrentía superficial y de los cursos superficiales de agua (sobre todo en climas áridos), de acuíferos próximos o de retornos de ciertos usos, destacando los retornos de los riegos.

Condición acuífera en México

El agua subterránea disponible en México en los primeros 300 metros de profundidad (a partir de la superficie) y almacenada en acuíferos se estima del orden de los 5 billones de m³. En este escenario, mientras que la extracción de agua subterránea por bombeo se ha incrementado a un ritmo acelerado hasta alcanzar la cantidad de 30 mil millones de m³/año (2015), su consumo se distribuye en 67.9 % para riego, 20 % para uso potable, 7.1 % para las industrias (± 3.5% Minería) y 5 % para uso rural.

De los acuíferos utilizados, la mayoría se encuentran en condición de sobrebombeo y algunos en sobreexplotación y requieren de reglamentación para moderar la explotación y restablecer el equilibrio.

Los acuíferos en México representan las únicas fuentes permanentes de agua en las regiones áridas y semiáridas, que abarcan alrededor del 50% del territorio nacional. Sustentan el riego de alrededor de dos millones de hectáreas (poco más de la tercera parte de la superficie total irrigada en el país), suministran cerca del 75% del volumen de agua utilizado en las ciudades –donde se concentran alrededor de 65 millones de habitantes–, satisfacen las demandas de agua de la gran mayoría de los desarrollos industriales y además, abastecen a casi toda la población rural del país, compuesta por 25 millones de habitantes.

¿Y la sustentabilidad?

Al hablar de sustentabilidad, para el caso mexicano surgen múltiples interrogantes, como responder a la pregunta de si es realmente posible alcanzarla y para su búsqueda,

Figura 7: Inversiones totales (Fuente: CONAGUA).

INVERSIONES 2007-2012	
(Millones de pesos)	
Seis plantas de tratamiento	16,68
Nuevas fuentes, derivadas del intercambio de agua tratada por agua de pozo	4,433
Ampliación de fuentes existentes	3,681
Obras de drenaje	11,995
Total (2,300 millardos USD)	36,789

determinar qué actores deben estar involucrados en este proceso.

Los efectos e impacto ecológico del manejo no sustentable de las aguas subterráneas son múltiples y traen como consecuencia los abatimientos de los niveles del agua subterránea, el minado de la reserva, el

impacto ecológico negativo (desaparición de manantiales, vegetación nativa, humedales, lagos, gasto base de ríos y ecosistemas locales), la disminución del gasto y rendimiento de los pozos, la pérdida de la rentabilidad de la actividad agrícola, el deterioro de la calidad del agua subterránea, el

incremento del costo de extracción (consumo de energía eléctrica) y por último, el agrietamiento del terreno.

En cualquier escenario, para recuperar el equilibrio hídrico se requerirá de una visión metropolitana y también de voluntad política para corregir las deficiencias acumuladas, las cuales requieren de grandes inversiones. La sobreexplotación ya es incosteable, de hecho, las tarifas actuales por el servicio de agua potable y alcantarillado se mantienen mediante subsidio. Así, se evidencia que los costos de una mala gestión, desorden y falta de planificación terminan acarreado elevadas inversiones, cuyo detalle puede revisarse en el cuadro de la *Figura 7*.

Para el caso mexicano es necesario contar con una mayor eficiencia en las prácticas de irrigación que permitan una mayor producción sin requerir de recursos adicionales. Paralelamente, también se deben adoptar tecnologías de control de evaporación para reducir las pérdidas.

En las minas de metales base, en tanto, se debe procurar reducir tanto la demanda

de agua como de lixiviación y extracción por solventes, reemplazando procesos de flotación y concentración.

Por último, el incremento del uso de agua marina –que es técnica y económicamente viable para el proceso de metalurgia– debe convertirse en una alternativa real.

Problemas mundiales relativos al agua subterránea

Los abatimientos de los niveles del agua subterránea y reducción del almacenamiento en acuíferos; la contaminación de acuíferos y degradación de la calidad del agua en las fuentes de agua potable; los cambios drásticos y situaciones de emergencia por desastres; los conflictos en acuíferos transfronterizos; la presión política para cumplir con los objetivos del milenio; y el cambio climático y aumento del nivel del mar son algunos de los grandes problemas presentes a nivel mundial relativos a las aguas subterráneas.

Para enfrentar cualquiera de estos escenarios se requiere de planeación y conocimiento. Responder a interrogantes respecto de qué es lo que se

MARCO JURÍDICO EN MATERIA DE AGUA

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos Artículo 27

Establece que las aguas son propiedad de la nación.

Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento

Regula el aprovechamiento de las aguas nacionales, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable.

Ley Federal de Derechos

Regula la recaudación que, por derechos de agua, pagan los contribuyentes a la CONAGUA.

NIVEL NORMATIVO

Constitución política de las naciones:

- Leyes Generales
- Leyes Reglamentarias (Normas)

Pueden variar con la instalación de cada gobierno que se integre:

- Plan Nacional Institucional
- Programas de desarrollo
- Presupuesto nacional (PIB)



NIVEL EJECUTIVO

Gobiernos regionales y locales:

- Implementación de planes y programas.
- Propuestas y obtención de recursos para proyectos.
- Asignación y control.
- Nivel Ejecutivo con municipios.

LogistGeoPlan

Consultorías en Geología, Ingeniería y Medio Ambiente de Aguas Subterráneas y Suelos

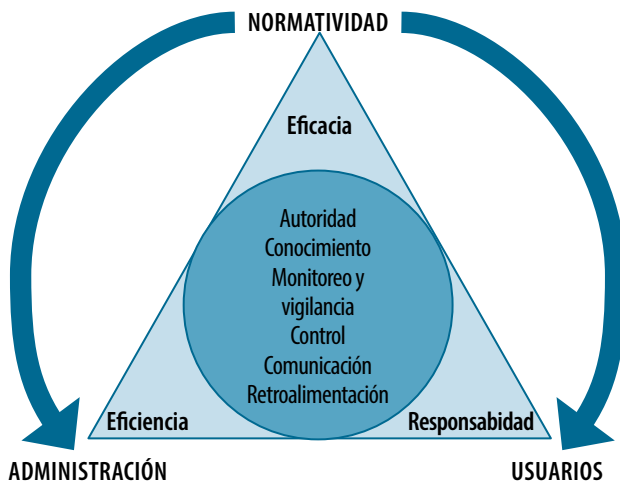
- Construcción y regeneración de pozos, ITO
- Control de extracciones, Equipos, Informes D.G.A.
- Peritajes, auditorías, capacitación
- Prospección, vulnerabilidad y riesgo hidrogeológico
- Aguas minerales
- Calidad del agua, contaminación, remediación

glira@logea.cl

+56 9 9699 1039

Recuadro 2: Gestión Integral de los Recursos Hídricos, Planeación y Conocimiento.

GESTIÓN INTEGRAL DE RECURSOS HÍDRICOS



PLANEACIÓN

CONOCIMIENTO

¿Qué queremos para nuestro futuro?

¿Cuáles son y cómo decidimos las opciones?

¿Cuáles son los hechos científicos y qué es ficción?

¿Cuál es la interpretación emotiva?

¿Qué es lo que necesitamos examinar a fin de tomar decisiones informadas?

¿Cómo percibimos al ambiente?

La **PERCEPCIÓN DEL AMBIENTE** es afectada por los rasgos culturales regionales, las religiones y el nivel de desarrollo social (económico y educativo).

La **DISPOSICIÓN ÉTICA** se está incrementando, eventualmente se incluirá como parte integral al ambiente. Esta ética afirma el derecho de todos los recursos (plantas, animales, suelo, aire, roca) a una existencia continua, especialmente, aunque localmente, en áreas de urbanización.



USO DEL MISMO LENGUAJE

Los abatimientos de los niveles del agua subterránea, la contaminación de acuíferos, degradación de la calidad del agua y aumento del nivel del mar son algunos de los grandes problemas a nivel mundial relativos a las aguas subterráneas.

persigue para el futuro y de cómo se tomarán decisiones basadas en criterios científicos. En el ámbito del conocimiento, cabe preguntarse cómo se percibe el ambiente, proceso que está influido por los rasgos culturales regionales y el nivel de desarrollo social (económico y educativo) de cada zona.

En cuanto a los principios, criterios e indicadores hidrológicos, el rendimiento reportado en áreas individuales es la sumatoria de la sostenibilidad, la cual se detiene ante la falta de evaluación, siendo así necesaria la existencia de un marco práctico que integre los diversos componentes del rendimiento de la sostenibilidad global.

A modo de conclusiones

El enfoque de eficiencia requiere de un alto nivel de estudios técnicos hidrogeológicos (conocimiento de la fuente natural de agua, que puede ser secuencial), de la búsqueda de preservación de la salud de los ecosistemas circundantes (diagnóstico y sostenimiento), y por último, de una reducción al mínimo del flujo de agua cruda perdida en redes municipales, riego hidroagrícola, plantas

industriales (planear el reciclado sistemático y reúso).

El manejo sustentable de los acuíferos, en tanto, precisa de un adecuado manejo de la demanda, de participación social, de cambios de uso suelo/agua, importación de agua, recarga artificial y cosecha de agua de lluvia, manejo de la evapotranspiración, ordenamientos de acuíferos, tecnificación del riego y reconversión de cultivos, uso conjunto agua subterránea/superficial, de presas subterráneas y desalación de agua salobre o salada, entre otros procesos.

Cada acuífero requiere de una estrategia particular que debe incluir acciones para incrementar la disponibilidad de agua y, en adelante, gestiones para, en su caso, atenuar el posible impacto del cambio climático.

Como reflexión final, la explotación de aguas subterráneas socialmente sostenible debe considerar las reservas en el contexto de un plan de diseño racional. Los planes de gestión del agua, en tanto, deben desarrollarse por un grupo multidisciplinario de expertos y diseñado conjuntamente por la autoridad, administración normativa y usuarios.



Ingeniería al servicio del cliente

Desarrollando ingeniería innovadora en obras civiles hidráulicas, sanitarias y de aguas subterráneas, para resolver efectiva y eficientemente la necesidad de nuestros clientes

- Estudios y Modelación Hidrogeológica
- Manejo y Evacuación de Aguas Subterráneas
- Proyectos Hidráulicos
- Asesorías sobre Derechos de Agua
- Inspección Técnica en Proyectos Hidráulicos
- Proyecto de Generación Hidroeléctrica

Avda. Providencia 2330, Of 63 / Santiago, Chile
Fono: (562) 2333 7038 / Fax: (562) 2333 7452
mail@hidrogestion.cl / www.hidrogestion.cl

 **Hidrogestión**
INGENIERIA & PROYECTOS



Visión crítica y propositiva frente a las modificaciones en trámite al Código de Aguas



Pablo Jaeger Cousiño*

Ponencia realizada durante el Seminario 2015 de Alhsud Chile "El Código de Aguas mirando al futuro".

* Pablo Jaeger es abogado de la Universidad de Chile, con estudios de post grado en Economía y en Derecho de Recursos Naturales, en Chile y el extranjero. Actualmente está dedicado al libre ejercicio de la profesión de abogado, principalmente en materias relacionadas con el derecho de los recursos naturales, en especial aguas, energía, sanitario y medio ambiente. Se desempeñó entre los años 1995 y 2003 como abogado jefe de la Dirección General de Aguas.

El siguiente artículo realiza una detallada revisión a las modificaciones al Código de Aguas en trámite, realizando una lectura crítica a cada aspecto, para posteriormente emitir variadas propuestas a cada uno de los puntos abordados, tales como: nueva caracterización de los derechos sobre las aguas (temporalidad de los derechos de aprovechamiento y su extinción); las nuevas "funciones" del agua; ¿cómo quedan los derechos actualmente vigentes?, priorización del agua para consumo humano y saneamiento; aguas para comunidades indígenas; derecho de agua del minero; y caudal ecológico mínimo.

En el primero aspecto de análisis, el cual aborda la nueva caracterización de los derechos sobre las aguas, se atiende el hecho de que esto implicará que los nuevos derechos serán concesiones temporales, prorrogables, susceptibles de ser limitadas en su ejercicio en función del interés público, extinguibles en caso que las aguas no sean utilizadas y con un uso específico para las aguas. La reflexión al respecto es que

este profundo cambio resulta innecesario y que tendrá impacto real mínimo, pues no existen aguas disponibles sobre las cuales aplicar estas normas.

Temporalidad de los DAA

La duración de estas concesiones "no podrá ser superior a 30 años, de conformidad a los criterios de disponibilidad de la fuente de abastecimiento y/o de sustentabilidad del acuífero, según sea el caso. La duración mínima del derecho de aprovechamiento de aguas no podrá ser inferior a veinte años, en el caso de aquellos que tengan el carácter de no consuntivos".

Su prórroga será automática, "a menos que la Dirección General de Aguas acredite el no uso efectivo del recurso, o se cambie la finalidad para la cual fue destinado originalmente".

Al respecto, resulta necesario comentar que no se conocen estudios que sustenten una duración máxima por 30 años y que los usos de agua son, en su gran mayoría, de duración indefinida. En ese sentido, es equivocado atender a "criterios de disponibilidad" para determinar su duración. Ciertamente, un nuevo Derecho de Aprovechamiento

de Agua (DAA) no puede nacer si no existe disponibilidad.

Asimismo, es equivocado el hecho de que la prórroga no opere automáticamente si existe cambio, sin previa autorización, en la "finalidad para la cual fue destinado originalmente". Los DAA no tienen una "finalidad original"; se afectará la reasignación y su gestión será muy compleja.

Finalmente, en lo que respecta a temporalidad, tampoco se entiende que "esta prórroga no podrá exceder el plazo establecido en este inciso", siendo que se señalan dos plazos distintos.

La propuesta para ello es que si lo que se desea es facultar a la Autoridad para que pueda constituir derechos de aprovechamiento por periodos determinados –que se denominarán "temporales", distintos a los actuales que son perpetuos– lo que se debiera hacer es justamente crear esa figura, pero como complementaria a los derechos de aprovechamiento como hoy se conocen.

Su extinción

La modificación en trámite plantea que "los derechos de aprovechamiento se extinguirán si su titular no hace

un uso efectivo del recurso". Esto en un plazo de 4 años para los consuntivos y 8 para los no consuntivos "desde su otorgamiento".

Además, los plazos se suspenden mientras se tramiten "permisos necesarios para construir las obras", que deban otorgar DGA o DOH hasta por 4 años (también si existen otras tramitaciones y siempre que la suspensión "se encuentre debidamente justificada" y "se acredite la realización de gestiones, actos u obras de modo sistemático, ininterrumpido y permanente, destinados a aprovechar el recurso hídrico. Y, también caducarán si son utilizados para un fin diverso para el que fueron otorgados, salvo que dicho cambio.

Es necesario comentar que es efectivamente apropiado y ajustado a derecho el que se extingan los DAA que no se utilicen –ya sean nuevos o antiguos– y que el no uso efectivo se acredite por la inexistencia de obras de aprovechamiento, tal como ocurre actualmente respecto de las patentes.

Es inconveniente que caduquen los DAA si "son utilizados para un fin diverso para el que fueron otorgados",

“El que se pueda evitar la extinción si el cambio de uso de las aguas ha sido autorizado por la autoridad competente”, es inconveniente y de muy compleja aplicación práctica.

puesto que una virtud de la legislación vigente es que permite que los usos de agua se reasignen entre los privados sin que tenga que intervenir el Estado.

Así, el que se pueda evitar la extinción si el cambio de uso de las aguas ha "sido autorizado por la autoridad competente", es inconveniente y de muy compleja aplicación práctica.

Las nuevas "funciones" del agua

De acuerdo al proyecto en trámite, las aguas pueden cumplir tres funciones: la primera es de subsistencia (para garantizar el uso

para el consumo humano y saneamiento); la segunda es de preservación ecosistémica; mientras que la tercera es la de productividad.

En torno a este punto, se debe precisar que ninguna de estas funciones es definida o conceptualiza. La norma que obliga a la Autoridad a "velar por la armonía y el equilibrio entre la función de preservación ecosistémica y la función productiva que cumplen las aguas" puede traer consecuencias insospechadas y negativas.

Es muy confuso el tratamiento que da el proyecto a la función de "subsistencia,

que garantiza el uso para el consumo humano y el saneamiento". Luego, señala que "siempre prevalecerá el uso para el consumo humano, el uso doméstico de subsistencia y el saneamiento". Finalmente, agrega que "el acceso al agua potable y el saneamiento es un derecho humano esencial e irrenunciable que debe ser garantizado por el Estado". Pero todas estas normas deben armonizarse y usarlas en una terminología similar, que además sea de fácil comprensión.

Se faculta también a la Autoridad para constituir reservas de aguas disponibles para asegurar el ejercicio de las funciones de subsistencia y de preservación ecosistémica". La pregunta que surge es la siguiente: ¿Sobre cuáles aguas? Al respecto, señala que sobre las aguas "reservadas" la DGA podrá otorgar definitivamente "concesiones para los usos de la función de subsistencia", quedando pendiente la preservación ecosistémica.

¿Cómo permanecen los derechos actualmente vigentes?

Cuando entre en vigencia la nueva ley, los derechos de aprovechamiento existentes

De acuerdo al proyecto en trámite, las aguas pueden cumplir tres funciones: la primera es de subsistencia; la segunda, de preservación ecosistémica; y la tercera, de productividad.

“seguirán estando vigentes, pudiendo sus titulares usar, gozar y disponer de ellos en conformidad a la ley”.

Sobre este punto, vale comentar que los DAA existentes quedan convenientemente protegidos, principalmente porque sigue vigente la norma constitucional. Mientras que los DAA vigentes sí pudieran verse afectados, ya que:

- Podrán extinguirse por la inexistencia de obras para aprovechar las aguas;
- Podrán ser limitados en su ejercicio en “función del interés público” (art. 5);
- Podrán caducar por falta de inscripción en el Conservador de Bienes Raíces (art. 150); y,
- Podrán ser limitados por la imposición de caudales ecológicos mínimos (art. 129 bis 1).

En cuanto a la extinción, el titular de DAA vigentes que no haya construido las obras de aprovechamiento, habiendo transcurrido ocho años (para los derechos no consuntivos) o cuatro años (para los derechos consuntivos) contados desde la fecha de publicación de la ley, quedará afecto a la extinción de

su derecho de aprovechamiento en aquella parte no efectivamente utilizada.

Priorización del agua para consumo humano y saneamiento

Diversas normas del proyecto se ocupan de la priorización que se le otorga al agua para el consumo humano y saneamiento, estableciendo lo siguiente:

- Que el acceso al agua potable y saneamiento es un derecho humano esencial e irrenunciable, que debe ser garantizado por el Estado (inc. 3° artículo 5°)
 - Que siempre prevalecerá el uso para el consumo humano, el uso doméstico de subsistencia y el saneamiento (artículo 5° bis)
 - Que el Estado podrá constituir reservas sobre aguas disponibles, para asegurar el ejercicio de la función de subsistencia (artículo 5° ter).
 - Que no podrán cambiar de destino las concesiones sobre aguas reservadas para consumo humano (art. 5° bis inc. 5°).
- Que para el agua potable rural (APR) se entrega un permiso de extracción temporal de hasta dos años, mientras se tramitan sus derechos definitivos, hasta por 12 litros por segundo.
 - Que los Comité de Agua Potable Rural, para hacer uso de aguas subterráneas destinadas al consumo humano, podrán cavar pozos en suelo propio, previa autorización.

Además, existiendo otra norma muy relevante:

- Que para garantizar los usos de la función de subsistencia, excepcionalmente el Presidente de la República podrá conceder derechos de agua aunque no exista disponibilidad (artículo 147).

Al respecto, vale insistir en que el proyecto debe acoger con fuerza la consagración del derecho humano al agua potable y saneamiento, según lo acordado en la Asamblea General de las Naciones Unidas (2010). Además, todas las normas citadas, salvo la última, dependen de que exista agua disponible, de lo que sabemos no existe disponibilidad.

Por ello, se propone facultar a la autoridad sectorial (DGA) y no a la máxima autoridad del país, para que siempre pueda conceder, incluso si no existe disponibilidad del recurso, derechos sobre aguas destinadas al efecto, en sectores que se encuentren fuera de las áreas de concesión de las empresas sanitarias.

Aguas para comunidades indígenas

El proyecto dispone que “en el caso de los territorios indígenas, el Estado velará por la integridad entre tierra y agua, y protegerá las aguas existentes para beneficio de las comunidades indígenas (...)”.

Comentar que esta norma es imprecisa y puede generar múltiples inconvenientes, puesto que es contradictoria con la legislación general de aguas, que separa la propiedad de la tierra de la propiedad sobre los DAA. Además, los cursos de agua superficial que atraviesan “territorios indígenas” no pertenecen a esa comunidad (son bienes nacionales de uso público) y sus aguas pueden estar comprometidas en favor de otros titulares de DAA. Entonces, surge la siguiente interrogante: ¿cuál es el alcance de la obligación que

El proyecto debe acoger con fuerza la consagración del derecho humano al agua potable y saneamiento, según lo acordado en la Asamblea General de las Naciones Unidas (2010).

se impone al Estado en orden a velar “por la integridad entre tierra y agua” y proteger “las aguas existentes para beneficio de las comunidades indígenas”?

Derecho de agua del minero

No obstante que el proyecto mantiene la posibilidad de que los concesionarios mineros puedan utilizar en sus faenas las aguas encontradas en ellas, “en la medida que sean necesarias (...) y sean informadas a la Dirección General de Aguas, indicando su ubicación y volumen por unidad de tiempo”, tal uso deberá ser previa y expresamente autorizado por la DGA, que estará obligada a denegarla “si dicho aprovechamiento pone en peligro la sustentabilidad del acuífero o los derechos de terceros”.

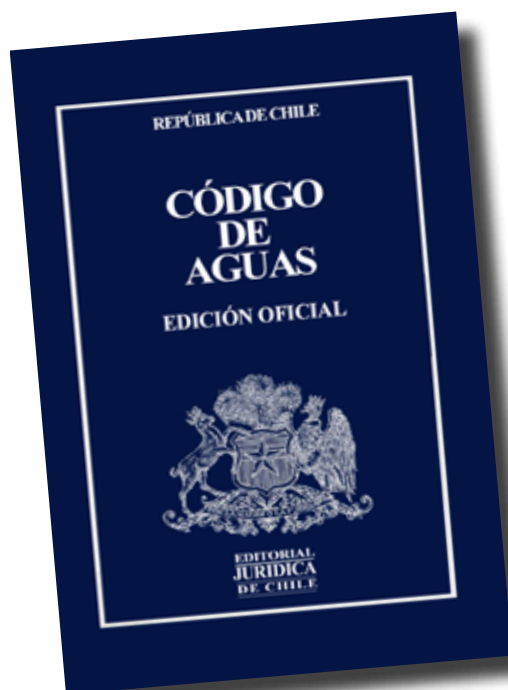
Además, si como consecuencia de estos usos hubiere “grave afectación del acuífero o de derechos de terceros, la Dirección General de Aguas limitará dicho uso”.

Al analizar este punto, se puede concluir que esta norma no es conveniente para un país con “vocación minera”, no obstante que es conveniente que la DGA tenga mayor información sobre estos usos. Esta norma hará ilusorio el “derecho de agua del minero”, ya que siempre se podrá alegar “peligro a la sustentabilidad del acuífero o los derechos de terceros”.

Así, lo que hasta ahora es un derecho de aprovechamiento consagrado “por el solo ministerio de la ley”, pasará a ser una autorización administrativa de muy difícil obtención.

Caudal ecológico mínimo

Actualmente el Código de Aguas (art. 129 bis 1) dispone que la DGA al constituir derechos de aprovechamiento




“El proyecto dispone que en el caso de los territorios indígenas, el Estado velará por la integridad entre tierra y agua, y protegerá las aguas existentes para beneficio de las comunidades indígenas (...), pero esta norma es contradictoria con la legislación, que separa la propiedad de la tierra de la propiedad sobre los DAA.”

“velará por la preservación de la naturaleza y la protección del medio ambiente, debiendo para ello establecer un caudal ecológico mínimo, el cual sólo afectará a los nuevos derechos que se constituyan (...)”.

El proyecto aprobado establece que este caudal ecológico procederá “respecto de los derechos de aprovechamiento de aguas otorgados y por otorgar (...)”, con lo cual los derechos actualmente existentes también podrán ser limitados por un caudal ecológico.

Además, la DGA “siempre podrá establecer un caudal ecológico mínimo a las solicitudes de traslado de ejercicio de derechos de aprovechamiento de aguas superficiales (...)”.

Al respecto, mencionar que actualmente los ríos chilenos –al menos desde el extremo norte hasta la Novena Región– pueden secarse completamente en época de riego, puesto que los derechos de aprovechamiento en dichos cauces se constituyeron hace muchos años sin la obligación de respetar un caudal ecológico mínimo (a esta situación se le ha llamado “pasivo ambiental”).

Así, en esos cauces todas sus aguas están comprometidas en los usos actuales. Por ello, crear caudales ecológicos en cauces agotados, que limiten los derechos de aprovechamiento existentes, conllevará al hecho de que aguas que actualmente tienen un destino productivo se dejen escurrir por los cauces para la preservación del medio ambiente asociado, lo cual constituye una decisión de inconmensurables efectos económicos. Esta norma, probablemente se enfrentará a cuestionamientos por ser eventualmente inconstitucional, al afectar el derecho de propiedad sobre los derechos de aprovechamiento existentes. 

De la visión estática a la gestión dinámica del agua



Eugenio Celedón Cariola*

Past-presidente de Alhsud Chile.

Ponencia realizada durante la Cuarta Jornada Técnica 2016 de Alhsud Chile, titulada "Experiencias innovadoras para abordar problemas asociados a los recursos hídricos".

* Eugenio Celedón Cariola es ingeniero civil hidráulico de la Pontificia Universidad Católica de Chile y especialista en hidrogeología con más de 30 años de trayectoria profesional. Actualmente se desempeña como consultor y gerente general en Hidrogestión. En 2016 asumió como past-presidente de la Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea para el Desarrollo (ALHSUD) Capítulo Chileno, luego de liderar la institución exitosamente durante tres períodos. Su aporte profesional y dedicación está centrado en la profundización del conocimiento respecto de las definiciones en torno al agua subterránea, la gestión de cuencas y cuantificación del recurso acuífero en el país.

Chile posee 101 cuencas, 491 subcuencas y 1.481 sub subcuencas en sus 2 mil 200 kilómetros de longitud y 180 kilómetros de ancho promedio. Al cuantificar una media, dichas cifras generalmente traen consigo ciertas imprecisiones, pues cada cuenca es única y representa qué es por los recursos que contiene, por sus características y su comportamiento, sin embargo, lo que las vuelve similares unas de otras es que todas cumplen con el ciclo hidrológico.

Con una mejor o peor distribución de los recursos o administración del sistema, cada cuenca del país da cuenta de una realidad de escasez en el norte y abundancia en el sur, lo que a su vez revela una necesidad de estimación del balance hídrico en cada una de éstas.

Disponibilidad del agua en Chile

A la hora de determinar la distribución de la disponibilidad del recurso por regiones, desde el norte a la Región Metropolitana (ver Figura 1) se observa una situación deficitaria, siendo ésta la zona en donde se concentra la mayor cantidad de población del país. Sin embargo, desde el punto de vista del agua, el 80% de su uso está destinado al riego, otro 20% a la industria y a la minería, mientras que el uso doméstico no alcanza un 10%.

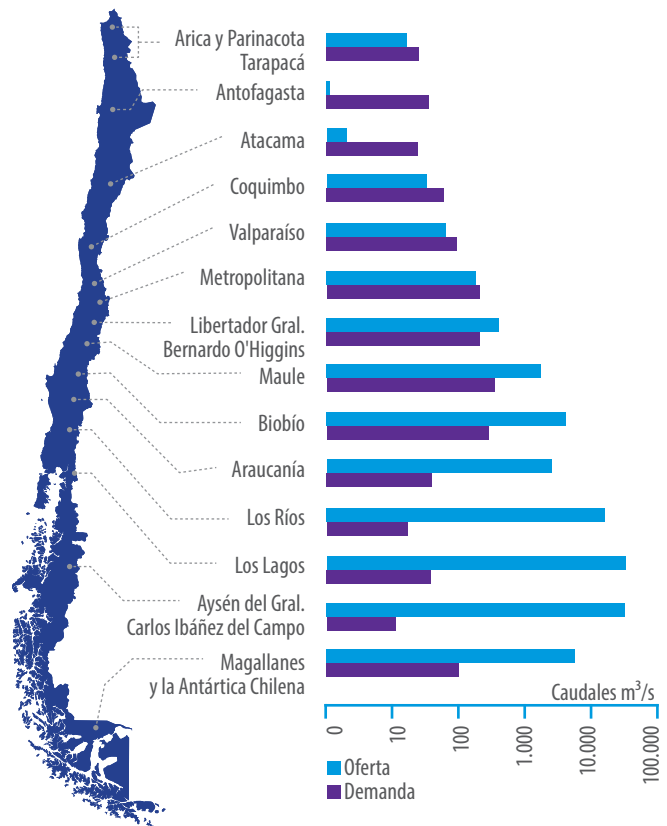
Para el caso del agua potable, ésta presenta una cobertura

nacional prácticamente del 100% y a nivel de ciudades, las concesionarias tienen la obligación de asegurar el suministro a la población, lo que ha ubicado a Chile como un ejemplo a nivel latinoamericano.

Entonces, al observar con detalle la distribución del otorgamiento de derechos

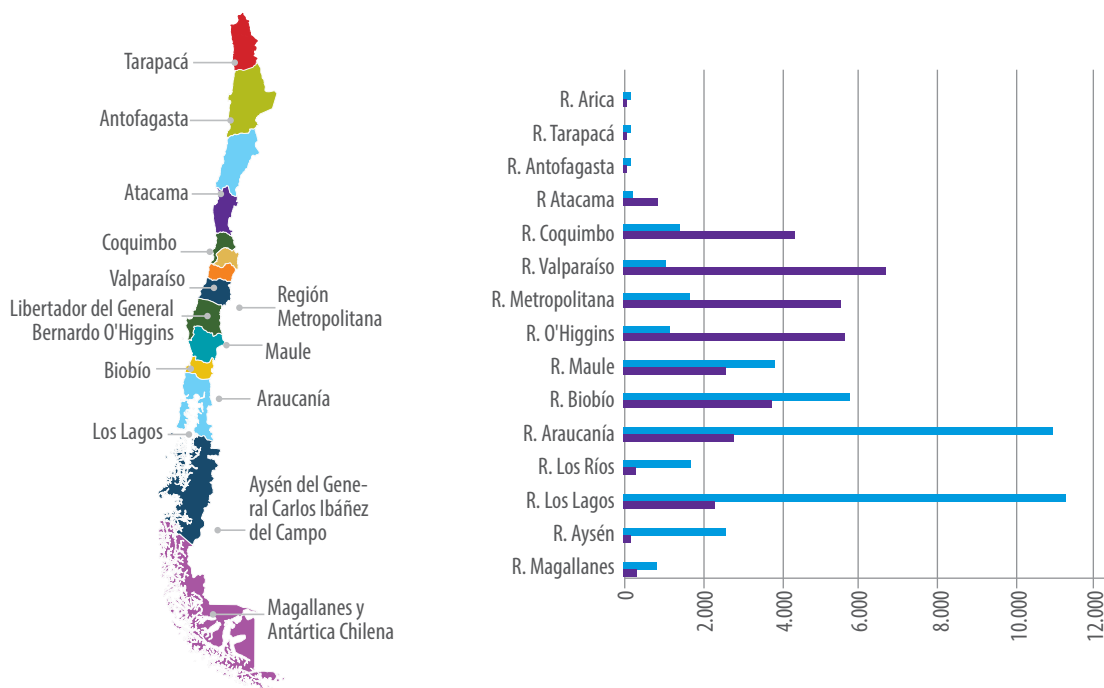
de aguas superficiales y subterráneas en las distintas zonas del país (ver Figura 2), se evidencia que en las regiones de la zona central el agua subterránea tiene un nivel de potencia más significativo en términos de cantidad; mientras que en el sur el uso más intensivo se da en el agua de los ríos.

Figura 1: Disponibilidad y extracción del recurso por regiones.



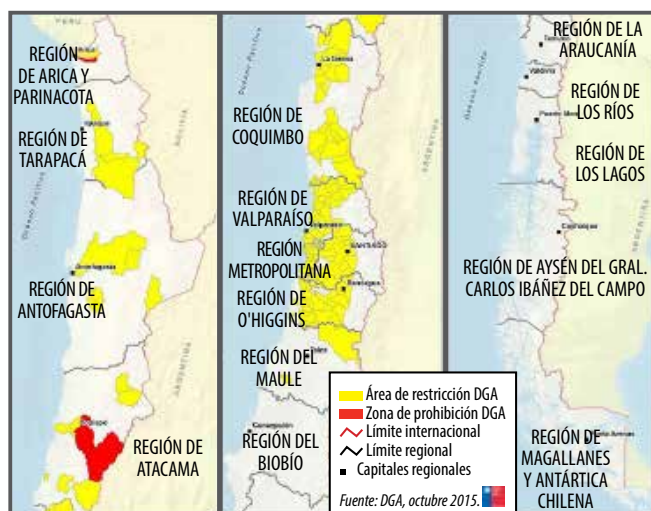
Fuente: Política Nacional para los Recursos Hídricos. Delegación Presidencial para los Recursos Hídricos. (2015).

Figura 2: DAA consuntivos superficiales y subterráneos otorgados.



Fuente: Donoso, Guillermo - Centro UC Derechos y Gestión del Agua. Ponencia realizado en Seminario 2015 de Alhsud Chile.

Figura 3: Situación actual áreas de restricción y zonas de prohibición.



Fuente: Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas (DGA).

La *Figura 3* muestra cuál es la situación de explotación de las aguas subterráneas, fundamentalmente a nivel de las zonas de áreas de restricción (coloreadas en amarillo) y las zonas de prohibición (en color rojo), donde se observa que progresivamente –desde la Séptima Región hacia el norte– existe una alta restricción y la posibilidad de utilización o constitución de nuevos derechos de aprovechamiento es prácticamente imposible. Por lo tanto, el agua que ya está otorgada es la que debe distribuirse para la mayoría de los usos. Y se deben considerar además otros tipos de restricciones, como la reserva de caudales, las áreas

de protección establecidas por la DGA y las zonas Ramsar, que se suman a la serie de condicionantes de abastecimiento.

Otras fuentes de abastecimiento

La *Figura 4* da cuenta de la evolución que ha presentado el uso del agua. Primeramente, se aprovecharon las fuentes superficiales y se fueron otorgando derechos. Luego, de manera paralela al agotamiento de éstos, se creó la Dirección de Riego de la época y posteriormente, la Dirección General de Aguas (DGA) en 1969. En este contexto, se inicia la explotación de las aguas subterráneas, la cual

comienza a producir depresión en los acuíferos y en muchos casos los desconecta de lo que eran los aportes a los ríos, generando afectación y otras restricciones.

Frente al uso y explotación de los acuíferos, el criterio de Alhsud ha sido el de plantear que Chile no carece de disponibilidad de agua, sino que más bien enfrenta un problema de valor del agua. Es decir, para para poder satisfacer todas las demandas se debe evaluar qué tan alta debe ser la inversión para ello y cómo puede resolverse técnicamente.

Esto es lo que ha ido ocurriendo. Existen plantas de desalinización en distintos lugares del país, como en Copiapó y otras regiones, las que en la actualidad son las que permiten el desarrollo de proyecto mineros (del orden de los 6 mil litros por segundo) y que demuestran que ésta es una solución cada vez más efectiva.

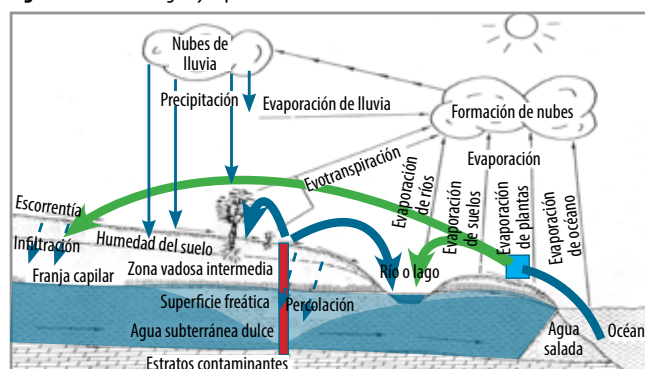
Asimismo, a lo largo del país, frente a las distintas realidades

de disponibilidad, también se han ido desarrollando múltiples iniciativas para el mejor aprovechamiento de los recursos de esos cauces. Hubo históricamente un plan de desarrollo de embalses, que sin bien por un largo período estuvo detenido, en los últimos años adquirió gran significación y actualmente existe un proyecto de planificación de embalses a desarrollarse de aquí al año 2030.

Pero también, asociado a esta evaluación o mejor aprovechamiento de los recursos, la Dirección General de Aguas (DGA) y otros servicios vinculados a la gestión de los recursos hídricos –como la Comisión Nacional de Riego (CNR) y la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH)– han evaluado los diversos acuíferos a nivel de regiones y definido los niveles de disponibilidad y agotamiento de éstos.

Paralelamente, dada la disponibilidad de agua existente en el sur y que pudiera abastecer la zona norte, también han

Figura 4: Ciclo hidrológico y explotación intensiva de acuíferos.



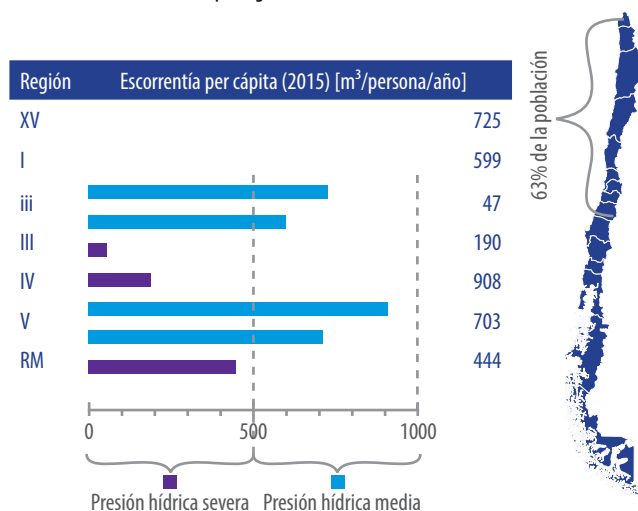
Fuente: Celedón, Eugenio.

Recuadro 1: Balance hídrico regional actual y futuro.

Región	Demanda actual	Oferta Actual	Balance actual	Demanda 15 años	Oferta 15 años	Balance 15 años
XV-I	16,7	11,9	-7,4	26,3	11,9	-17,0
II	23	0,9	-22	34,8	0,9	-33,8
III	16,7	1,9	-14,8	22,4	1,9	-20,5
IV	35,0	22,2	-12,8	41,8	21,1	-20,7
V	55,5	40,7	-27,4	64,2	36,6	-38,7
VI	116,3	103,0	-35,6	124,9	92,7	-51,4
VII	113,5	205,0	38,7	119,1	184,5	18,7
VIII	177,1	767,0	442,5	184,5	690,3	383,6
IX	25,5	1.041,0	767,3	38,3	936,9	675,4
XV-I	12,0	5.155,0	3.905,8	17,9	4.639,5	3.508,1
XI	34,9	10.134,0	8.284,9	27	10.134,0	8.282,9
XII	8,4	10.124,0	8.394,6	15,7	10.124,00	8.387,20
Total país	772,6	29.244,6	22.962,70	962,8	28.348,50	22.107,10

Fuente: Política Nacional para los Recursos Hídricos. Delegación Presidencial para los Recursos Hídricos. (2015).

Recuadro 2: Escasez hídrica por región.



Fuente: DGA-INE.

surgido iniciativas de proyectos o inversiones extranjeras que han propuesto soluciones como la vía terrestre o vía marina para transportar agua desde el sur hacia el norte o mediante trasvase de cuencas. Éstas, sin bien podrían ser alternativas de análisis, hasta ahora sólo representan una posibilidad tal vez futura por su elevado costo de implementación y también por aspectos que van más allá del traslado del recurso.

Aprovechamiento de embalses en épocas de sequía

El caso del valle del Limarí muestra el valor del uso de la regulación de los recursos a nivel de embalses superficiales. Al observar la *Figura 5* –que es la cuenca del Limarí con el sistema La Paloma– y que de acuerdo a la definición de la DGA sobre disponibilidad de las aguas subterráneas, cuenta con una serie de pozos de control de los niveles de agua de los distintos acuíferos que conforman los diferentes

subsectores o subcuencas del sistema que integran la cuenca general del Limarí, con 14 sectores.

De esos 14 subsistemas analizados, cada uno revela que el volumen sustentable de aguas subterráneas respecto de la demanda comprometida por la extracción de los pozos, indica que del total, sólo 4 de éstos están libres, mientras que 10 sistemas no cuentan con los recursos suficientes dados los derechos de agua otorgados (ver *Recuadro 3*).

A pesar de lo anterior, se verifica que desde 1968 hasta 2009 ninguno de esos pozos ha presentado variaciones significativas del nivel estático a través del tiempo, así como cambios que no superan los 10 metros. Además, aprovechando los recursos del sistema Paloma (con tres embalses principales: Recoleta, La Paloma y Cogotí), desde 1967 Chile pasó de 1.700 a 44 mil hectáreas plantadas, lo que ha representado un gran crecimiento para

la zona y para el país. Fue precisamente el sistema La Paloma el que permitió que estas plantaciones tuvieran continuidad y que las inversiones a largo plazo pudieran sostenerse para terminar con las siembras de temporada.

Fueron los embalses con su regulación los que permitieron que frente a la sequía del último período (desde 2007 hacia adelante) se pudiera satisfacer la demanda y sostener la capacidad productiva de la zona, lo que da cuenta de la significación que representa la operación adecuada de los embalses.

Caso Aconcagua

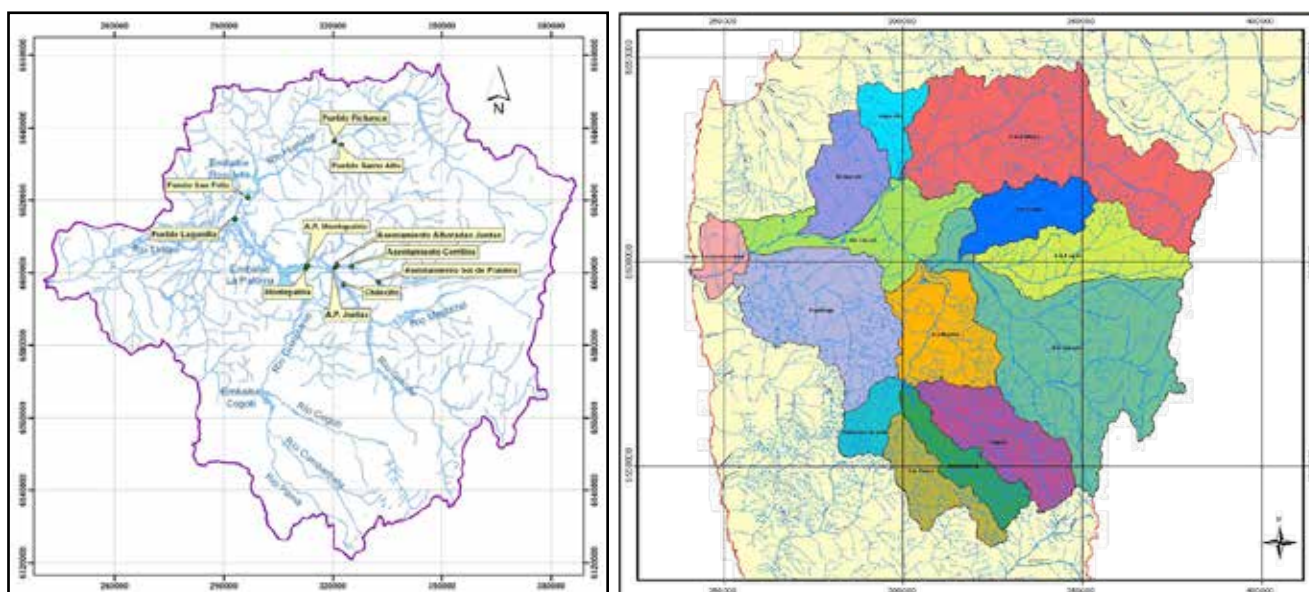
Cuando la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) evaluó cómo abordar el valle del Aconcagua para atender la demanda agrícola –que representaba la máxima demanda de agua con un 80% de la cuenca–, originalmente visualizó como solución el embalse Puntilla del Viento, con una capacidad

física de 400 millones de metros cúbicos, pero que fue limitado al orden de los 100 millones.

Entonces, se pensó en una solución alternativa y se construyeron una serie de baterías de pozos que explotaron en forma masiva las zonas de acumulación de agua donde se producían los embalses subterráneos. Se verificó que existían una serie de sectores donde las aguas ya consolidadas en un espacio físico no podía seguir circulando, de modo que cuando disminuía la recarga y se eliminaban los afloramientos del río, siempre quedaba un volumen de control que podía ser explotado en épocas de crisis y que en la época de recuperación de las recargas se volvían a establecer los equilibrios en el acuífero.

Lo anterior pudo corroborarse mediante la modelación hidrogeológica numérica aplicada en el valle, a través de la cual pudieron verificarse las variaciones presentadas en

Figura 5: Sistema Limarí: Once pozos monitorizados por la DGA y catorce sectores acuíferos.



“No se puede realizar una explotación conjunta del sistema si los usuarios no se encuentran organizados ni llegan a un acuerdo respecto del mecanismo de distribución del recurso. La ventaja de constituirse como usuarios administradores del agua está contenida en la posibilidad de pasar del actual sistema estático chileno a un esquema dinámico.”

las zonas más críticas (de los Andes), donde el valle presentaba una máxima pendiente y naturalmente, su flujo tendía a vaciar el acuífero por condición de disminución de la recarga natural.

En el Fundo las Peñas, durante el período de sequía más extrema por baja pluviometría (1968-1969), la situación de régimen del acuífero –provocado por la pendiente natural del flujo y los levantamientos de roca y vertederos naturales del subsuelo en la zona– implicó que el agua llegara a un rango de 70-72 metros. Luego, con tres años de explotación masiva a la batería de pozos en Curimón (que comenzó a desarrollarse en 2010), quedó demostrado que para el mismo pozo y al término del tercer o cuarto año de explotación, los niveles de agua no fueron distintos de la situación de régimen de la sequía de 1968-1969.

RECUADRO 3: Disponibilidad de aguas subterráneas en los sectores acuíferos del valle del Limarí.

Nombre	Volumen sustentable [m ³ /año]	Demanda comprometida [m ³ /año]	Demanda total [m ³ /año]	
Río Hurtado	1.296.130	1.533.674	2.130.398	**
Río Ponio	1.305.590	184.486	203.722	
Río Rapel	630.720	298.172	581.681	
Río Grande	4.856.626	3.588.796	3.970.603	
Cogotí	2.825.626	2.051.101	3.654.007	**
Combarbalá	1.296.130	1.965.161	2.899.541	*
Río Pama	1.419.120	2.637.670	3.803.241	*
Quebrada Grande	747.403	867.082	2.124.548	*
Higuerilla	665.410	719.652	1.016.090	*
El Ingenio	4.023.994	17.024.173	21.396.855	*
Río Limarí	18.464.328	23.971.800	27.396.855	*
Guatulame	7.505.568	14.337.495	18.683.534	*
Punitaqui	23.421.787	36.412.900	50.112.091	*
Limarí Desembocadura	532.958	35.320	154.368	

(*) Sectores en los cuales la demanda comprometida supera el volumen sustentable.

(**) Sectores en los cuales la demanda total supera el volumen sustentable.

Gestión integrada del agua

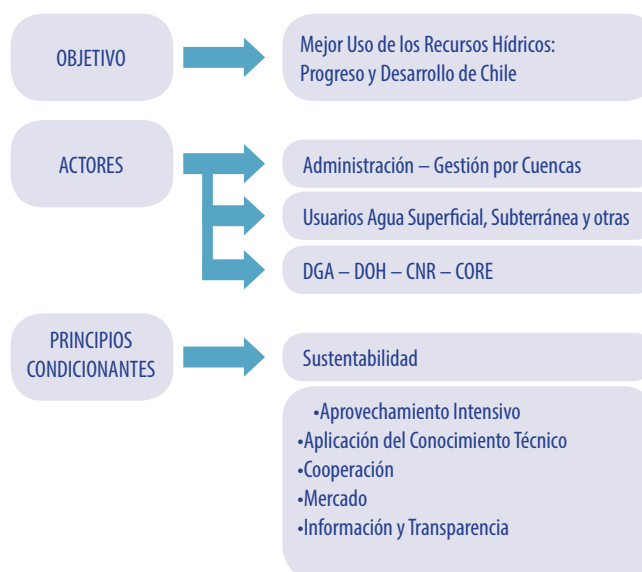
No se puede realizar una explotación conjunta del sistema si los usuarios no se encuentran organizados ni llegan a un acuerdo respecto del mecanismo de distribución del recurso. La ventaja de constituirse como usuarios administradores del agua está contenida en la posibilidad de pasar del actual sistema estático chileno a un esquema dinámico, el que para posibilitar su desarrollo requiere cumplir con las siguientes características:

1. Conocimiento del recurso por aproximaciones sucesivas.
2. Explotación programada y controlada.
3. Uso del embalse subterráneo como elemento regulador.
4. Gestión del embalse subterráneo en su proceso de vaciado – llenado por recarga natural, artificial e inducida.

5. Otorgamiento de derechos eventuales de agua subterránea.
6. Uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas.
7. Visión al servicio del hombre con leyes, normas y reglamentos que puedan adaptarse bajo esa lógica.
8. En definitiva, una gestión dinámica de los recursos hídricos que considere tres dimensiones: física/ ambiental, institucional/ política y económica/ regulatoria.

En esta perspectiva, la visión de Alhsud Chile apunta a que el enfoque presente en los cambios que se introduzcan al Código de Aguas disponga de un marco de acción asociado a la cuenca principal, con una gestión integrada entre el sector público y privado. Se propone, también, agregar a la legislación la constitución de Organizaciones Administradoras de Cuencas Principales, cuya directiva esté constituida por representantes de Juntas de Vigilancia y de Organizaciones de Usuarios de Aguas, junto a las autoridades regionales.

Recuadro 4: Organización de gestión de los recursos hídricos.



Es indispensable la información del uso efectivo de todos los derechos de agua y del potencial funcionamiento de un mercado, lo que requiere de un monitoreo continuo a distancia por parte de la autoridad, con información pública y accesible. Asimismo, es necesario fortalecer una estructura única de administración de usuarios por cuenca principal, la cual permita obtener soluciones colaborativas e integradas para el mejor aprovechamiento de los recursos hídricos de Chile (ver *Recuadro 4*).

Las principales acciones para enfrentar escenarios de escasez implican planificación conjunta del territorio y de los recursos de agua, mejoras continuas en el desempeño de empresas de abastecimiento, políticas adecuadas para la asignación del recurso, aumento de la disponibilidad a través de recursos no convencionales, uso de tecnologías para ahorro y conservación, mejoramiento de las instituciones, participación de los usuarios, valoración del agua como un bien económico, social y ambiental, y finalmente,

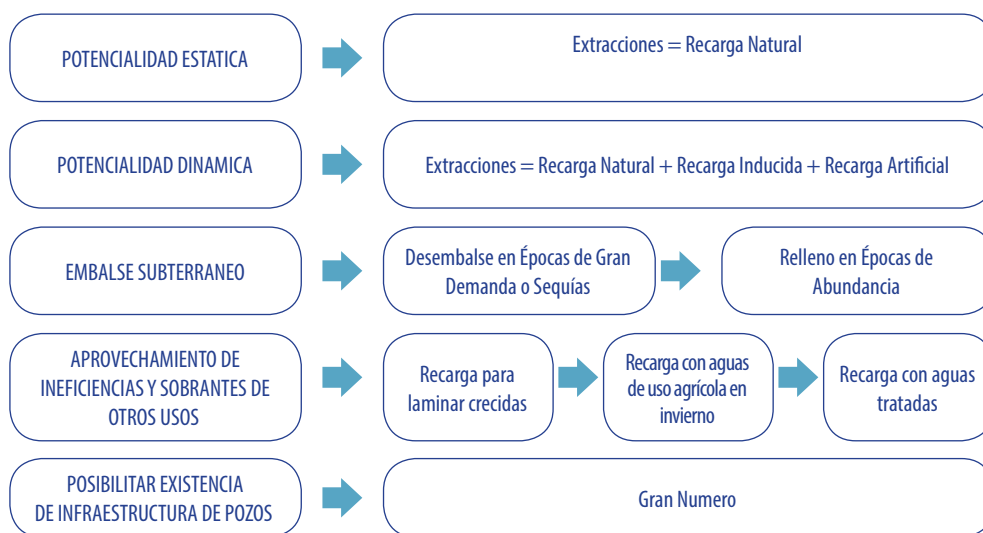
Figura 6: Sustentabilidad.



Fuente: Peralta, Fernando. "Una Alternativa para la Explotación de las Aguas Subterráneas en Chile". 2005.

En esta perspectiva, la visión de Alhsud Chile apunta a que el enfoque presente en los cambios que se introduzcan al Código de Aguas disponga de un marco de acción asociado a la cuenca principal, con una gestión integrada entre el sector público y privado.

Figura 7: Aprovechamiento de aguas subterráneas.



Fuente: Peralta, Fernando. "Una Alternativa para la Explotación de las Aguas Subterráneas en Chile". 2005.

fomento de la educación y concientización pública. Todos estos procesos deberán apoyarse en la sustentabilidad (ver *Figura 6*) y la cuenca hidrográfica deberá cuidar de las aguas superficiales, subterráneas y desalinizadas, entre otras. Es decir, administrar el conjunto de los recursos en función del interés nacional.

La sustentabilidad, en tanto, deberá tener como propósitos la combinación de los modelos hidrológicos con los sociales y económicos para

tomar las mejores decisiones políticas; convertirse en una solución a los problemas de optimización de recursos; y contar con modelos de calidad y balances, simulando los flujos de agua a lo largo de las cuencas y su calidad.

Aprovechamiento intensivo de aguas subterráneas

El uso intensivo de las aguas subterráneas refiere a la posibilidad de que las extracciones, además de la recarga natural, estén

asociadas a la recarga inducida, artificial y al aprovechamiento de los desembalses y existencia de infraestructuras de pozos hasta que se demuestre afectación (ver *Figura 7*).

La gestión integral de recursos hídricos obliga a considerar los aspectos de eficacia, eficiencia y responsabilidad, tanto desde el punto de vista de la administración de los usuarios como de la normativa. Para que el sistema realmente funcione, junto a la acción de la autoridad debe existir co-

nocimiento, monitoreo, vigilancia, control, comunicación y retroalimentación.

Instrumentos de gestión y atribuciones propuestos

1. Plan Director de los Recursos Hídricos (actualizado c/5-10 años), orientado a promover una gestión integrada y sustentable de mediano y largo plazo.
2. Sistema de información integrado.
3. Informe anual de seguimiento.
4. Pronunciamiento (convocatoria) sobre planes, programas e iniciativas del sector público, relacionadas con el tema (normas de calidad ambiental, SEIA, planes reguladores, planes de aguas lluvias, turismo, proyectos de riego, etcétera).
5. Promoción de un Plan Director (convenios/postulación a fondos/acuerdos, entre otros).
6. Presupuestos de Inversión y operación, aprobados y financiados.
7. Cobro de un valor por el agua, ajustado al tipo de uso y las características de los usuarios.
8. Concurrencia de los recursos de inversión del estado al financiamiento de las obras mayores y medianas del plan director aprobado.

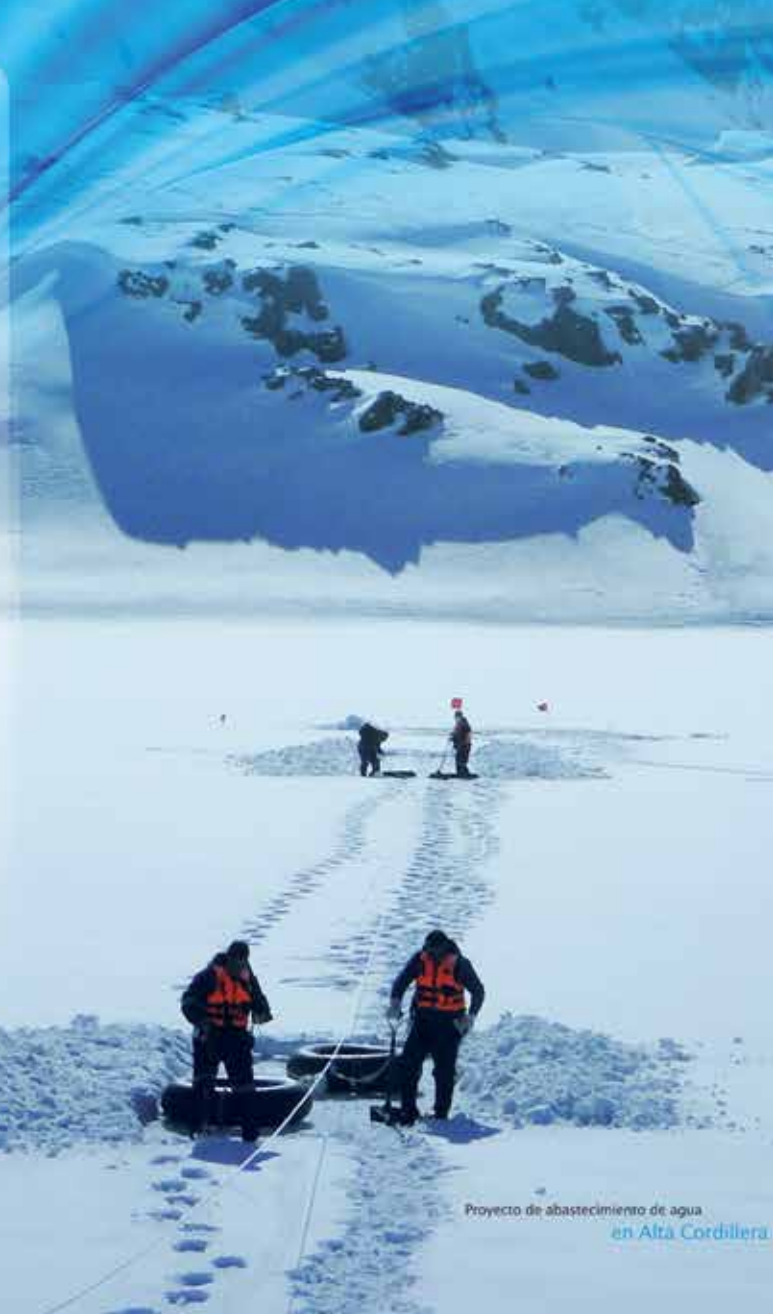
Por último, el Capítulo Chileno Alhsud plantea que una política hídrica para Chile debe basarse en el conocimiento, la cuantificación y la buena administración de los recursos, mediante una operación informada y monitoreada en terreno, en conjunto con los usuarios del recurso y no desarrollarse desde la escasez.



Soluciones eficientes de abastecimiento y monitoreo de recursos hídricos orientado al consumo humano, producción, agrícola, industrial y minero.

UN EQUIPO DE EXPERTOS A SU SERVICIO

- Pozos profundos y sondajes geotécnicos
- Limpieza, mantención y rehabilitación de pozos
- Inspecciones técnicas y filmación de pozos
- Sistema de bombeo e impulsiones
- Equipos de monitoreo y control
- Operación y mantención de baterías de pozos
- Gestión de abastecimiento de agua
- Estudios de sustentabilidad del recurso hídrico



¿Qué están midiendo verdaderamente sus pozos de monitoreo?



Cristian Ortiz*

Ingeniero Agrónomo, MSc de la Pontificia Universidad Católica de Chile y gerente de Recursos Hídricos en Arcadis.



Ernesto Ramírez*

Geólogo, PhD., jefe Especialidad Hidrogeología, Gerencia de Recursos Hídricos en Arcadis.



Nicolás Ramírez*

Ingeniero Civil, MSc., ingeniero especialista, Gerencia de Recursos Hídricos en Arcadis.

En general, todas las empresas mineras cuentan con pozos para realizar el monitoreo de niveles freáticos y calidad química de los acuíferos, en el área de influencia de sus proyectos y faenas. El monitoreo, comúnmente se enmarca dentro de los compromisos adquiridos frente a la autoridad para cumplir con el seguimiento y control de sus proyectos, de acuerdo a lo estipulado en los permisos ambientales (Resolución Calificación Ambiental – RCA) en las cuales se enmarcan la operación de dichos proyectos. Esto implica que el registro hidroquímico y monitoreo de los niveles de agua subterránea se reporta a la autoridad con alguna frecuencia previamente acordada.

Sin embargo, es común que, debido a que el diseño de los pozos de monitoreo y/o la construcción de éstos ha sido deficiente, los datos registrados pueden no ser representativos del acuífero que se pretende monitorear. Este fenómeno ocurre de forma aún más relevante cuando

existen aguas o soluciones antrópica infiltradas al medio y/o cuando hay múltiples acuíferos.

En este artículo se muestran diversos ejemplos reales de pozos de monitoreo y su comportamiento frente a la ocurrencia de soluciones infiltradas en la zona no saturada. Estos casos ponen de manifiesto la importancia que tiene una construcción de pozos adecuada y el diseño y mantención de la red de monitoreo del sistema hidrogeológico.

Problemas de representatividad en el monitoreo de aguas subterráneas

Dentro de los principales problemas de representatividad en el monitoreo del agua subterránea, comúnmente se encuentran dos categorías de errores.

La primera categoría está asociada a una implementación incorrecta de los procedimientos durante la campaña de monitoreo (medición de niveles poco representativos, toma de muestras inadecuada, y problemas en el manejo de las mues-

* Investigación presentada durante el Congreso Water Management in Mining, WIM 2014. Viña del Mar, Chile.

tras y/o análisis de laboratorio). Se pueden evitar estos errores durante la planificación y ejecución de la campaña de monitoreo siguiendo un plan adecuado de muestreo y análisis.

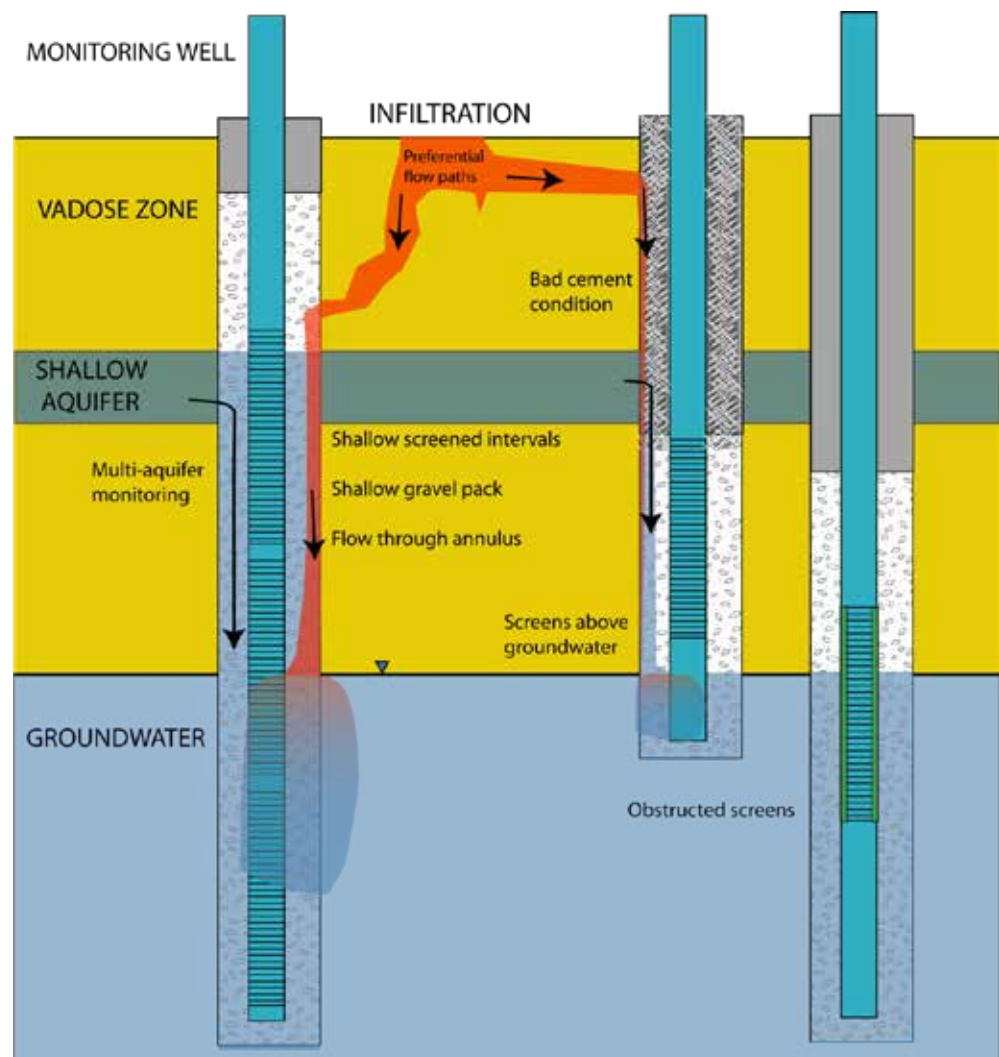
La segunda categoría o fuente de errores –que es el enfoque de este artículo– se asocia a un diseño no adecuado de la red y pozos de monitoreo. Esta categoría de errores no es de fácil detección y resolución a la hora de ejecutar una campaña de monitoreo o muestreo.

Comúnmente, las fallas del diseño y la planificación de las redes de monitoreo ocurre durante la elaboración de los Planes de Seguimiento Ambiental propiamente tales, los que se realizan sin el conocimiento suficiente del sistema, y en particular, del modelo de funcionamiento hidrogeológico conceptual, y posteriormente no se evalúa su idoneidad a la luz de nuevos antecedentes hasta que se presentan problemas de supuesta contaminación.

A continuación se describen los errores más comunes detectados durante el diseño y la construcción de una red de monitoreo. La *Figura 1* ilustra algunos de estos errores.

- Pozos que no monitorean efectivamente el acuífero: Corresponde a pozos que

Figura 1: Diagrama que muestra los problemas más comunes en el diseño y construcción de pozos de monitoreo, y un diseño correcto (pozo de la derecha).

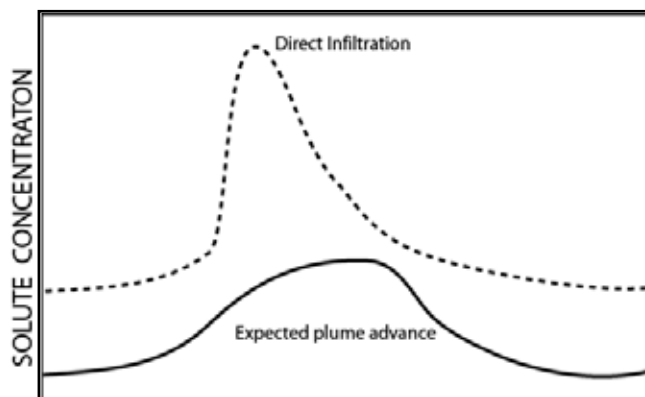


no están hidráulicamente conectados al acuífero, debido al mal diseño de los mismos o a cambios en los niveles del agua subterránea.

- Pozos que monitorean más de un acuífero: Corresponde a pozos que conectan dos acuíferos con niveles piezométricos y calidad de agua diferente, donde finalmente se registra una mezcla de información.
- Pozos que reciben infiltración en la zona no saturada: Perforaciones mal diseñadas actúan como canal de flujo preferencial y transmiten las infiltraciones en la zona no saturada (ZNS) directamente al acuífero.
- Pozos con diámetros inadecuados que no permiten realizar purga previa al muestreo.
- Pozos construidos deficientemente: Por ejemplo, pozos donde no se ha seguido el diseño propuesto, resultando en una inadecuada ubicación final de cribas, selección y disposición final del filtro de gravas y/o sellos, mala selección de materiales, etcétera.
- Sellos entre unidades hidrogeológicas deficientes, entre dos acuíferos o entre acuífero y ZNS.
- Pozos con cribas y/o filtro de gravas obstruido, comúnmente por la precipitación de minerales, colmatación, y formación de biofilms.
- Tuberías ciegas y/o ranuradas en mal estado.

Uno de los desafíos más importantes durante el monitoreo de acuíferos, particularmente en el sector minero, es lograr una representatividad adecuada de las condiciones del sistema.

Figura 2: Comportamiento de la concentración de soluto debido a la contaminación cruzada (infiltración directa) y la infiltración homogénea.



- Junturas en tuberías ubicadas en la zona no saturada en mal estado.

La migración de soluciones infiltradas a través de la zona no saturada es un fenómeno complejo, que depende principalmente de las características hidrogeológicas del medio local. Perforaciones mal diseñadas o en mal estado actúan como conductos que transmiten las soluciones infiltradas en la zona no saturada, directamente al acuífero.

La intensidad del efecto de contaminación cruzada (a través de los pozos) dependerá de múltiples factores, como las características de la zona no saturada (litología, conductividad hidráulica, espesor, contenido de humedad, etcétera), las condiciones del acuífero (acuífero granular v/s acuífero de roca fracturada, calidad del agua, conductividad hidráulica, entre otros) y de la construcción y estado de los pozos.

Cómo identificar problemas de representatividad

Entre las principales acciones a realizar para evaluar la representatividad de la red y pozos de monitoreo, se mencionan las siguientes:

1. Seguimiento temporal de la química:

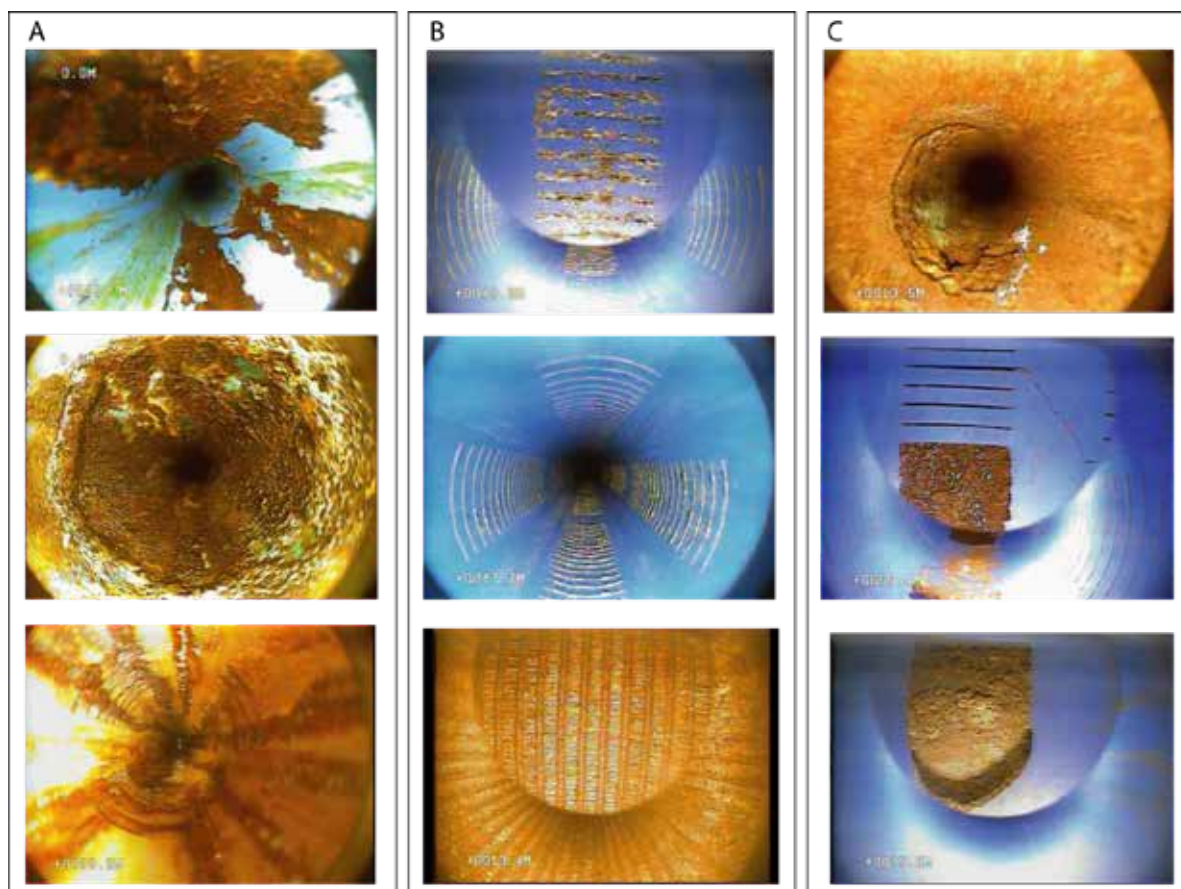
El movimiento de una pluma de solutos (advecto-dispersiva) en el agua subterránea se comporta de acuerdo a la conductividad hidráulica del medio y su dispersividad, cuyo avance se registra de forma gradual en los pozos. Por lo tanto, es muy probable que cambios casi instantáneos en la calidad química del acuífero correspondan a la primera evidencia de potencial contaminación cruzada y flujo a través del mismo pozo, tal como se muestra en la siguiente Figura 2.

2. Filmación de los Pozos:

Para el correcto monitoreo del medio subterráneo es indispensable comprender que se están midiendo efectivamente los pozos, para lo cual la filmación de éstos es una buena herramienta que permite visualizar el real estado de éstos, y así descartar precipitación de minerales, colmatación, formación de biofilm o infiltración directa al pozo en la zona no saturada.

3. Purga de pozos: Es importante también realizar el muestreo del agua subterránea de forma representativa, purgando los pozos de forma frecuente, para que el muestreo con bailer

Figura 3: Ejemplos de filmaciones de pozos de monitoreo en malas condiciones. Se observa ranuras obstruidas, corrección de secciones captante, evidencia de infiltración de soluciones de niveles superiores.



(comúnmente utilizado) sea representativo. Si existen diferencias importantes en la calidad química de las muestras tomadas previamente a la purga o bombeo de los pozos y luego de éstas, puede ser un indicio de que el registro no representa de forma adecuada la calidad real del acuífero.

4. Seguimiento de niveles freáticos: Es conveniente llevar un control continuo de los niveles del acuífero en la misma red de monitoreo hidroquímico. Cambios permanentes y ajenos al comportamiento

esperado del acuífero sugieren un cambio en las condiciones hidráulicas del pozo. Esto podría producir que el pozo actúe como un compartimento estanco en el que la química registrada no sea representativa del acuífero que se pretende monitorear.

5. Control de balance hídrico e hidroquímico: Ésta es una herramienta de verificación en la que se puede calcular la masa de agua o solución necesaria para ocasionar los cambios de niveles o de química registrados. Esta verificación es útil para determinar la factibilidad

de que el acuífero completo presente los valores medidos de acuerdo al conocimiento de la operación de la mina y a la hidrología local.

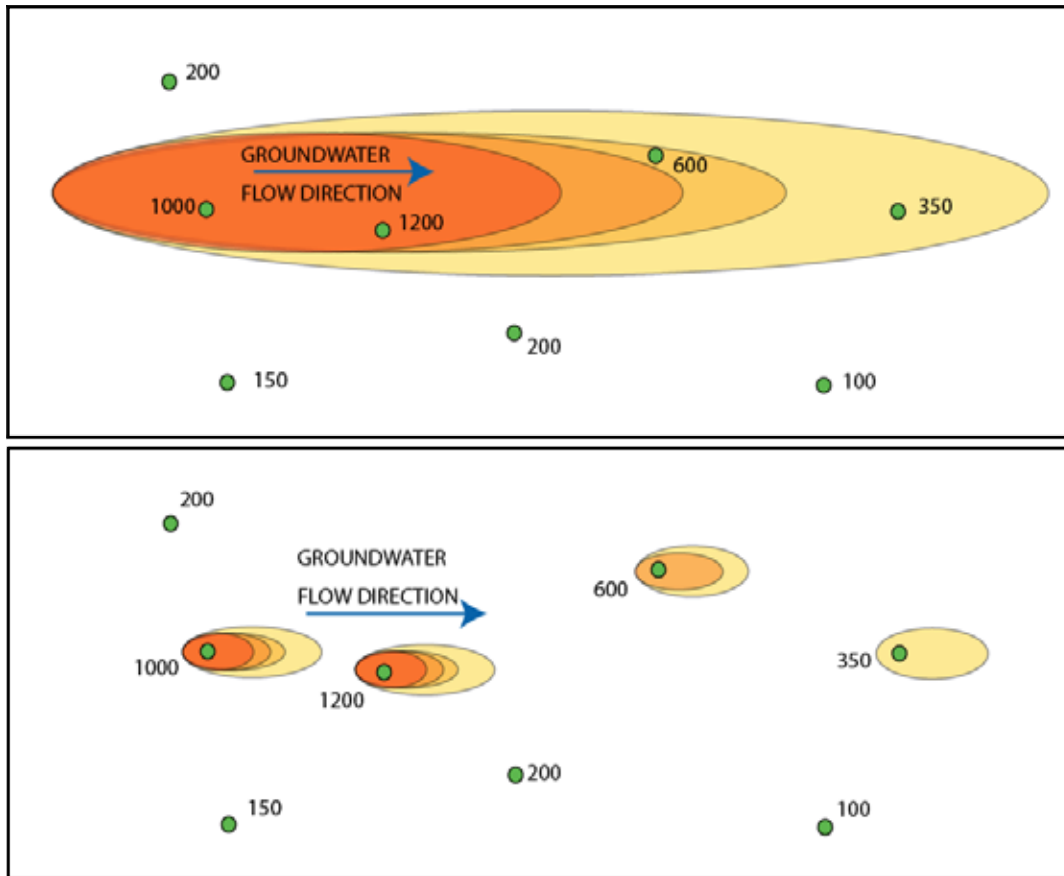
A modo de ejemplo, la *Figura 4* muestra una red de monitoreo ficticia y la concentración de un soluto medida en los pozos para un tiempo determinado, sobre la cual se ha representado la eventual pluma contaminante. Debido al mal diseño y/o estado de la red de monitoreo, los pozos actúan como canales preferenciales para el flujo de infiltraciones en

la zona no saturada hacia el acuífero, generando pequeñas plumas contaminantes aisladas, asociadas a cada pozo. La contaminación cruzada a través de pozos es un fenómeno común, y que resulta en general en una sobre estimación de la afección de un acuífero y la masa contaminante infiltrada.

Conclusiones

Uno de los desafíos más importantes durante el monitoreo de acuíferos, particularmente en el sector minero, es lograr una representatividad adecuada de las condiciones del

Figura 4: Comportamiento de la calidad química de los acuíferos esperada en caso de infiltración homogénea (superior) y de contaminación cruzada (inferior).



sistema. Muchas veces el muestreo hidroquímico y el monitoreo del nivel de agua subterránea en pozos pueden indicar condiciones erróneas porque se partió con un diseño inadecuado de la red de monitoreo y/o de sus pozos, o porque la construcción o el estado de los pozos fue deficiente.

Se presentaron algunos ejemplos de pozos de monitoreo y su comportamiento cuando soluciones infiltradas están presentes en la zona no saturada. Estos ejemplos destacan la importancia de diseñar y construir una red de monitoreo y de pozos sobre la base de un conocimiento

suficiente del sistema y de un buen modelo conceptual del funcionamiento hidrogeológico. Posteriormente, es necesario considerar la idoneidad de la red de monitoreo a la luz de nuevos antecedentes, y realizar mantenimiento rutinario de los pozos. Se recomendaron los métodos principales para detectar problemas de representatividad en pozos existentes.

Otros sectores productivos, incluyendo las industrias de hidrocarburos y química, y proyectos de investigación y remediación de contaminantes, también deben considerar la representatividad de sus pozos de monitoreo.

Referencias:

- Barcelona, M.J., and J.A. Helfrich. 1986. Well construction and purging effects on groundwater samples. *Environmental Science and Technology* 20, no. 11: 1179–1184.
- Kozuskanich, J., Novakowski, K. S. and Anderson, B. C. (2012), Influence of Piezometer Construction on Groundwater Sampling in Fractured Rock. *Ground Water*, 50: 266–278. doi: 10.1111/j.1745-6584.2011.00840.x
- Pohlmann, K.F., and A.J. Alduino. 1992. Potential sources of error in ground-water sampling at hazardous waste sites. In *Ground-Water Issue EPA/540/S-92/019*. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency
- Sloto, R., Macchiaroli, P., and Towle, M., 1996. *Geohydrology of the Stockton Formation and Cross-Contamination through Open Boreholes*, Hatboro Borough and Warminster Township, Pennsylvania. U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 96-4047

SEMINARIO ANUAL

ALHSUD

Capítulo Chileno A.G.

22/11/2016

8:30 am

Explotación dinámica de acuíferos

Solución para épocas de sequía

Centro de Extensión Cultural
de la Universidad de Talca
(sede Santiago). Calle Quebec
n°415 (esquina Condell),
Providencia (Metro Salvador).

Valores:

Socios: \$40.000 (Cuota 2016 al día)
Público General: \$60.000
Estudiantes: \$20.000 (cupos limitados)
Valores NO incluyen almuerzo.

Inscripciones e información:
seminario2016@alhsudchile.cl
www.alhsudchile.cl

f Alhsud Chile
t @alhsudchile

in Alhsud Capítulo Chileno
alhsudchile

ORGANIZAN:



AUSPICIADORES:







Reino de los Países Bajos





Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea
para el Desarrollo (ALHSUD) Capítulo Chileno A.G.
Providencia 2330, oficina 63.
comunicaciones@alhsudchile.cl - www.alhsudchile.cl

 Alhsud Chile
 @alhsudchile
 Alhsud Capítulo Chileno
 alhsudchile