



Gobernanza del agua  
en California

P. 8



Radiografía  
a la realidad hídrica  
de La Liga y Petorca

P. 20



Gestión del agua  
en Israel, Arizona y  
Sudáfrica

P. 48



# VERTIENTE

DICIEMBRE DE 2019, EDICIÓN N° 20

# Gobernanza del agua subterránea en la gestión hídrica



# Índice

Editorial	1	Derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas bajo la circular n° 3 (2018) de la DGA	44-47
Opinión	4-5		
Visión de Alhsud: Realidad o confusión en la actualización del Balance Hídrico de Chile	6-7		
Gobernanza del agua en California	8-19		
 <b>Radiografía a la realidad hídrica de La Ligua y Petorca</b>	20-36		
Desafíos para una gestión colectiva de las aguas subterráneas en Atacama	38-42		
		 <b>Gestión del agua en Israel, Arizona y Sudáfrica</b>	48-51
		Visión de futuro: ¿Hacia dónde va la DGA?	52-58
		Tensión entre normativa y práctica: Gestión sustentable del agua subterránea en Chile	60-79
		Barreras y facilitadores para la colaboración y GIRH en la cuenca del río Copiapó	80-84



## Directorio de Alhsud Chile:

**Presidente:** Pablo Rengifo Oyarce. **Vicepresidente:** Francisco Echeverría Ellsworth.

**Director-tesorero:** Gerardo Díaz del Río. **Director-secretario:** Francisco Suarez Poch.

**Directores:** Orlando Acosta Lancellotti, Carlos Ciappa Petrescu, José Luis Fuentes Vásquez, Pablo Jaeger Cousiño, Hernán Llona Gajardo, Fernando Peralta Toro e Ignacio Popelka Jiménez.

**Past-Presidentes:** Eugenio Celedón Cariola, Nelson Pereira Muñoz y Jaime Muñoz Rodríguez.

**Comité asesor:** José Luis Arumí Ribera, Carmen Copier Mella, José Luis Delgado Escárate, Luis Jorquera Galaz y Mario Jofré Cortés. **Fundador:** Eugenio Celedón Silva.

**Dirección periodística:** Pilar Castillo Muñoz.

**Diseño y producción:** Mónica Maldonado Cea.

Desde 1996, Alhsud Chile publica su revista Vertiente, que aborda los tópicos centrales en torno a la gestión del agua, incorporando en sus contenidos las materias abordadas en las actividades realizadas en el año.

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



# Editorial



**Pablo Rengifo**

*Ingeniero civil hidráulico y magister en Ciencias de la Ingeniería, con especialización en hidrogeología, por la PUC. Cuenta con 25 años de experiencia profesional en consultoría especializada en recursos hídricos y medio ambiente. Actualmente es Gerente General de SGA - Gestión Ambiental. Es presidente de Alhsud Chile desde 2016.*

**E**l estallido social del 18 de octubre de 2019 nos obligó a suspender nuestro seminario anual, que constituye una de las actividades centrales de la institución, donde se reúnen profesionales, académicos, investigadores y autoridades vinculadas al estudio, gestión, regulación y uso de las aguas subterráneas.

En este contexto, nos pusimos como desafío mantener la edición de nuestra revista *Vertiente*, que históricamente se produce junto al seminario, realizando un esfuerzo especial para potenciarla, de manera de poder abordar y plasmar en ella los temas tratados y convocados por Alhsud este último año.

En materia de recursos hídricos, este año ha sido complejo. Por una parte, está la discusión de la reforma al Código de Aguas que se tramita en el congreso, que no logra poner el foco en los temas principales ni generar consenso transversal entre los ámbitos técnicos y regulatorios. Y por otra, este 2019 hemos enfrentado uno de los inviernos más secos de los que se tenga registro, superando la histórica sequía de 1968, lo que se traducirá en un verano 2020 muy complejo, cuyos estragos y efectos ya se evidencian.

Sumado a lo anterior, la presencia y constatación de los efectos del cambio climático, así como sus proyecciones futuras, instalan un manto de incertidumbre y desconfianza en las autori-

dades, usuarios y comunidad en general, en torno a la real disponibilidad de recursos hídricos para el futuro. No se entiende ni se diferencian los efectos de una larga y extensa sequía de aquellos relacionados con el cambio climático, que presentan otra escala espacial y temporal. Es común escuchar conceptos como “lo ocurrido este año será la tónica del futuro” o “el desierto se extenderá hasta la RM”.

Este escenario político-social, en el que se mezclan conceptos técnicos y regulatorios con aquellos propios de la variación climática natural, junto a una mayor demanda por recursos hídricos, nos plantea un enorme desafío como sociedad. En efecto, los cambios regulatorios que realicemos influirán de buena manera en el desarrollo futuro de nuestro país, lo que implica una gran responsabilidad para todos los que estamos relacionados con el tema, de la cual Alhsud se hace parte, aportando desde la experiencia y conocimiento, con ideas y discusión, para apoyar en la correcta toma de decisiones.

El Capítulo Chileno de Alhsud inicia su quehacer en 1993 con la organización del Segundo Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea, realizado en Santiago de Chile, en 1994. Desde esa fecha, Alhsud Chile ha mantenido un sostenido crecimiento, pudiendo expresar, con gran satisfacción, que cerramos este año con 79 socios, la mayor cifra de nuestra historia.

Asimismo, este 2019 produjimos la edición número 20 de revista *Vertiente*, cuyo origen se remonta a 1996. En esta edición se abordan interesantes experiencias internacionales sobre gestión y gobernanza del agua en Israel, Arizona, Sudáfrica y California. Se abordan también temas de la contingencia nacional actual, como el emblemático caso de La Ligua y Petorca, los desafíos para una gestión colectiva de las aguas subterráneas en la región de Atacama, y las barreras y facilitadores para la colaboración de la gestión integrada de recursos hídricos en la cuenca del río Copiapó. También se analizan en profundidad las iniciativas normativas y de políticas públicas desarrolladas desde la década de 1980 hasta la actualidad, y se presenta la visión de futuro de la Dirección General de Aguas (DGA), así como un análisis jurídico de los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas bajo la circular n°3 de 2018 de la DGA. Además, incluimos en este número el listado completo de socios de Alhsud Chile.

Los invitamos a leer y a disfrutar esta edición de nuestra revista, que es fruto del trabajo anónimo de muchos colaboradores que han visto en Alhsud Chile una plataforma de difusión del conocimiento científico y aplicado, así como también una instancia de discusión e intercambio de opiniones en torno a las políticas públicas y a la gestión del recurso hídrico. ☺



# Empresas Socias Alhsud 2019



Chile



hidroestudios





# Proyecto Recarga Artificial de Acuíferos: Comprometidos con la gestión hídrica en periodos de escasez

En 2008, anticipándonos al complejo escenario hídrico, la Sociedad del Canal de Maipo comenzamos a trabajar en la Recarga Artificial de Acuíferos, con el fin de desarrollar técnicas para apoyar el uso eficiente del agua.

El proyecto, que comenzó a operar en 2016, ha entregado valiosa información y herramientas que permiten a los regantes gestionar mejor el recurso.

**Sociedad del Canal de Maipo, 192 años  
cumpliendo con su misión de extraer, transportar  
y repartir agua de sus asociados, de manera  
sustentable y responsable con el medio ambiente.**



Sociedad del Canal  
de Maipo

[www.scmaipo.cl](http://www.scmaipo.cl)



# Opinión



Orlando Acosta

*Ingeniero agrónomo por la PUC, máster en Hidrología Subterránea por la U. Politécnica de Cataluña y magíster en Gestión del Negocio Minero por la U. Adolfo Ibañez. Es gerente general de Gestionare Consultores, firma que brinda servicios de asesoría en gestión estratégica de recursos hídricos. Es director de Alh-sud Chile desde 2010.*

La cantidad y calidad del agua disponible condiciona la vida de las personas, determinando sus medios de vida y sus fuentes laborales, influyendo directamente en el bienestar de las sociedades. El notable despegue económico y social que vivió Chile en los últimos 40 años no hubiera sido posible sin el uso de los recursos hídricos continentales disponibles en el país. Existe un vínculo indisoluble entre agua, empleo y bienestar, que nuestra sociedad no debe perder de vista.

A medida que nuestra capacidad de afectar los ciclos naturales del agua se ha vuelto significativa, los humanos hemos adquirido la obligación de adentrarnos en una comprensión madura de sus diversas dimensiones. Los desafíos del siglo XXI en materia de gestión hídrica son mucho más complejos que aquellos que debimos afrontar en el siglo anterior. Tendremos que evolucionar a un

nivel superior de cohesión social y fortaleza institucional para que en definitiva logre prevalecer una visión integradora en escenarios conflictivos de creciente escasez hídrica relativa.

Hay pocos elementos socialmente tan transversales como el agua, que a diferencia de otros recursos naturales que aprovechamos, es una sustancia esencial para la vida de las personas y la salud de los ecosistemas. Por ello, la legislación vigente consagra su carácter de bienes nacionales de uso público, a los que, en principio, cualquier persona puede acceder bajo reglas que buscan garantizar que las aguas sean utilizadas conforme a objetivos sociales y ambientales. En tal sentido, la ley contempla que el uso beneficioso de los recursos hídricos debe ser co-tutelado por las organizaciones de usuarios de aguas y el Estado, con el fin de evitar que su uso irracional cause perjuicios sobre los propios usuarios y el medioambiente.

Sin embargo, los hechos han mostrado que en el país se han producido en las últimas décadas situaciones indeseadas en relación con el uso y gestión de los recursos hídricos. La ocurrencia de impactos ecosistémicos no previstos, la existencia de titulares de derechos de agua que, aprovechándose de las debilidades del sistema, defraudaron la confianza pública acaparando títulos sin usarlos, eludiendo el pago de la patente por no uso, o la precariedad de los sistemas de abastecimiento de agua potable de una parte importante del mundo rural, son solo algunas de las situaciones que explican una creciente percepción negativa de la ciudadanía respecto de la normativa y gestión de las aguas en el país.

Desde hace aproximadamente quince años que se ha venido desarrollando una visión que intenta explicar estos fenómenos por problemas fundamentalmente legales, soslayando la abundante evidencia que muestra que, de manera



muy importante, gran parte de ellos se explican por deficiencias en las capacidades técnicas, operativas y financieras de la institucionalidad hídrica del país, incluyendo el escaso apoyo que el Estado brinda a las organizaciones de usuarios, sobre las cuales se deposita la inmensa responsabilidad de realizar la gestión cotidiana del agua.

El actual cuadro de urgencia hídrica que se vive en la mayor parte del país después de casi diez años de sequía –probablemente la mayor sequía interanual en un siglo–, ha dejado en evidencia la obsolescencia de la institucionalidad hídrica del Estado, la que sufre de un subfinanciamiento crónico y una pérdida de capacidades que se ha vuelto sistemática, junto con una excesiva fragmentación institucional que el Banco Mundial reportó ya en 2011, y que ninguna administración se ha decidido a solucionar verdaderamente hasta ahora.

Ante los desafíos hídricos del presente y futuro,

y en el actual contexto de crisis social sin precedentes que experimenta el país, se hace necesario modernizar la institucionalidad hídrica nacional, otorgándole recursos financieros suficientes, adecuando a la vez en forma responsable la normativa que rige el uso de las aguas en Chile. Solo de este modo se logrará garantizar el uso beneficioso de las aguas continentales disponibles en un marco de bien común y sostenibilidad de largo plazo.

Un paso en la dirección correcta sería establecer un responsable político único de la gestión de los recursos hídricos y de las obras hidráulicas del país. Una primera acción en esa dirección pudiese ser instituir este responsable político único del agua dentro del Ministerio de Obras Públicas, cuyos subalternos directos fuesen funcionarios de carrera altamente calificados.

Al mismo tiempo sería fundamental reducir la subordinación política de los altos directivos de to-

das las instituciones técnicas del agua, propiciando la conformación de estamentos técnicos y jurídicos especializados permanentes, dirigidos a su vez por profesionales de carrera reconocidos por sus pares. Como lo demuestra la experiencia internacional en países de mayor nivel de desarrollo, la gestión de las aguas debe ser marcadamente técnica, con un importante apoyo institucional y jurídico que trascienda a los ciclos políticos.

Por otro lado, se debiese fortalecer decididamente la gobernanza hídrica a nivel de cuencas mediante la integración de los distintos tipos de usuarios de agua en las juntas de vigilancia, generando incentivos eficaces a la labor de estas organizaciones privadas que cumplen una función pública.

En materia de aguas subterráneas, es urgente que una sola institución de alto nivel técnico, que cuente con una fuerza de tarea especializada en hidrogeología, asuma el liderazgo de la investigación

hidrogeológica aplicada en el país. Para ello, deberá contar con presupuestos suficientes para desarrollar los estudios y las obras necesarias con el objetivo de robustecer las redes de monitoreo, generar planes de gestión de los recursos hidrogeológicos, apoyar la ejecución de proyectos de forma ambientalmente adecuada y que contribuyan al desarrollo del país, y guiar técnicamente a las organizaciones de usuarios de aguas subterráneas en la administración racional del volumen almacenado en los acuíferos.

No podemos desaprovechar esta oportunidad histórica de superar definitivamente nuestras usuales limitaciones. Con generosidad y responsabilidad política, podemos diseñar la institucionalidad hídrica que el país requiere para enfrentar los complejos desafíos hidro-sociales de las próximas décadas del siglo XXI. No esperemos más para reaccionar; nos lo demandan las siguientes generaciones. ☺



# Realidad o confusión en la actualización del Balance Hídrico de Chile

*La forma en que se está comunicando al público la "Actualización del Balance Hídrico Nacional de 1988" puede generar confusiones que trascenderán al ámbito puramente técnico, pudiendo divulgarse señales imprecisas sobre tendencias de constricción o recesión hídrica para el largo plazo, desenfocando la correcta toma de decisiones de políticas públicas y privadas.*



Capítulo Chileno de la Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea para el Desarrollo (Alhsud)

La Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM) de la Universidad de Chile (UCH) y El Centro de Cambio Global (CCG) de la Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC), por encargo de la Dirección General de Aguas (DGA), realizaron los estudios denominados **"Definición de Metodología para la Actualización Balance Hídrico Nacional"** y **"Aplicación a macrozonas norte y centro"**. Adicionalmente, la FCFM de la UCH elaboró un tercer estudio, también para la DGA, denominado **"Aplicación a macrozonas sur y parte norte de la austral"**. Este conjunto de estudios fue concebido, originalmente, como la actualización del Balance Hídrico de Chile publicado en 1988.

El **Balance Hídrico de Chile (1988)** es un estudio fundacional de referencia muy valorado, porque entregó un diagnóstico global y un patrón de distribución de los recursos hídricos del país en una época en la que

no existía ningún trabajo de estas características. Se realizó como resultado y en el contexto de un esfuerzo previo y sistemático de varios países sudamericanos que, con el apoyo de la Unesco, a contar de la década de 1970, vieron la necesidad de preparar el Balance Hídrico de América del Sur.

El Balance Hídrico de Chile de 1988 utilizó cuidadosa y exhaustivamente toda la información hidrológica medida que el país tenía disponible hasta ese entonces, que en general, cumplía con la extensión mínima recomendada a nivel global para este tipo investigaciones (30 años o más). En particular, los balances se hicieron con los registros hidrológicos del período 1951-1980, salvo en las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, y Antofagasta, donde solo se disponía de la información del período 1961-1980, es decir, aproximadamente 20 años de registros. Desde su publicación, este influyente trabajo ha servido para múltiples estudios locales y ha sido validado en

numerosos informes, demostrando que, al estar basado en datos medidos, era una referencia confiable.

Ahora bien, en este punto cabe destacar que, en el caso de Chile, series climáticas tan cortas como 20 o 30 años, en general no alcanzan a tener la "significancia climática" mínima necesaria para que la muestra de datos sea representativa del clima del lugar. En términos aproximados, podemos decir que en el sur de Chile se requieren poco más de 40 años para que la serie de datos tenga "significancia climática", mientras que en el norte del país se requieren 80 a 90 años de registros. Sin embargo, no se puede objetar al Balance Hídrico de Chile de 1988 el hecho de haber usado series de 20 y 30 años, porque era toda la información disponible en aquel entonces.

En la actualidad, en cambio, Chile tiene la fortuna de contar con series de datos hidrológicos medidos tan largos como 70 u 80 años, que sí tienen significancia climática o están muy cerca de tenerla.



En este orden de ideas, nos ha parecido prudente exponer la alta inquietud que ha generado en Alhsud el saber que, por razones de aproximación metodológicas, la actualización del Balance Hídrico Nacional –realizado por la FCFM para la DGA– solo considera series climáticas del período 1985-2015 y otorga una importancia sustancialmente mayor a los resultados de modelamientos numéricos<sup>1</sup>. Es decir, solo se estaría utilizando para hacer la “actualización” del balance la serie de los últimos 30 años, que como ya se ha explicado previamente, no tiene significancia climática, lo cual es preocupante dada la relevancia y las expectativas que generan los resultados de estos estudios.

Adicionalmente, es pertinente tener presente que los registros de los últimos años están enormemente influidos por una extensa sequía multianual, y por lo tanto, no se aprovecha la extensión total de las valiosísimas series de registros climáticos que el país tiene en la actualidad. Sin perjuicio de lo anterior, no desconocemos que aún tenemos falencias importantes de medición a nivel país y que en algunos casos puedan existir razones técnicas que justifiquen el no uso de las series completas de información.

Por otro lado, en la macrozona norte, se debe tener en consideración que el modelo utilizado para simular los balances tiene la desventaja de que en muchas cuencas áridas y semi-áridas no se obtuvo una calibración adecuada, porque se trata de cuencas con

escasa o nula escorrentía observada, lo que impidió realizar la calibración del modelo contra datos reales. Adicionalmente, dicho modelo no considera en su concepción metodológica una rutina o variables que permitan representar el funcionamiento del agua subterránea y en particular el rol que juega su “almacenamiento” en el balance de la cuenca, no lográndose en suma contar por ahora con una herramienta predictiva satisfactoria en importantes cuencas del norte.

Las diferencias metodológicas y principalmente lo sesgado de las series de datos utilizados en la actualización del balance hídrico hace que no sea posible comparar sus resultados con aquellos obtenidos en el balance de 1988, y se incurriría en un grave error si de dicha comparación se intentara establecer alguna conclusión de variabilidad climática.

En opinión de Alhsud, el magnífico trabajo científico realizado por la FCFM de la UCH y que en su momento efectuó el CCG de la PUC para la DGA, en especial, utilizando técnicas modernas de modelación y capacidad de supercómputo, está muy bien encaminado para poder actualizar en un futuro cercano el Balance Hídrico Nacional, una vez que los programas computacionales y modelos utilizados sean robustecidos en los ámbitos mencionados anteriormente, y en otros que se omiten en este artículo para no hacerlo más extenso.

No obstante, con preocupación hemos constatado que estos estudios se han

venido comunicando al público como la “actualización” del Balance Hídrico Nacional de 1988, generando confusiones que trascenderán al ámbito puramente técnico. Así las cosas, con motivo de este trabajo se podrían divulgar señales imprecisas sobre tendencias de constricción o recesión hídrica para el largo plazo, desenfocando la correcta toma de decisiones de políticas públicas y privadas.

Lamentablemente, la inquietud expresada ya cuenta con instancias de difusión pública que la justifican, tales como el Seminario de Aidis de mayo de 2019, la Mesa de Agua y Medioambiente de Andess y un artículo<sup>2</sup> publicado en el sitio web de la FCFM de enero de 2019, en otros. En todos estos casos, también como en numerosos artículos de prensa, se transmiten afirmaciones que caen en la confusión de comparar este balance con el del año 1988. Como ya se ha señalado, en rigor, lo que se ha hecho en estos nuevos estudios es actualizar la metodología para realizar balances hídricos, y luego aplicarlo al período 1985-2015.

En este contexto, es necesario apuntar que este malentendido podría contribuir a generar una infundada inquietud pública y escalar a niveles de serias consecuencias. Podría llevar a generar disquisiciones infundadas, como por ejemplo, que todos los proyectos relacionados con los recursos hídricos que hayan sido evaluados ambientales de los últimos treinta años deberían ser revisados, en

razón de una supuesta variación significativa de la disponibilidad del agua.

Es importante señalar además, que nuestra preocupación no desconoce en absoluto los análisis y efectos asociados al cambio climático. El punto es que los más de 10 o 12 de años de extrema sequía que ha enfrentado una parte importante de nuestro país, hacen que una muestra de solo los últimos 30 años sea claramente sesgada y carezca de significancia climatológica, más aún, si consideramos que en la mayoría de las estaciones meteorológicas disponemos serie de datos de al menos el doble de extensión.

Dicho lo anterior, estimamos que es fundamental reconocer y referenciar los citados estudios explícitamente como lo que son: **“El Balance Hídrico Nacional del período 1985-2015”**, que no es comparable con el Balance Hídrico de Chile de 1988. ☺

**Pablo Rengifo**

*Presidente de Alhsud Chile*

**Francisco Echeverría**

*Vicepresidente de Alhsud Chile*

**Orlando Acosta**

*Director de Alhsud Chile*

<sup>1</sup> Los balances de la actualización del Balance Hídrico Nacional se realizaron mediante modelos distribuidos de base física utilizando programas computacionales que no tienen “cargadas” en sus bases de datos los registros anteriores a 1985. Esto implica que no se integró la totalidad de la información medida disponible en las cuencas. Además, esto es relevante pues al modelar se debe validar que los procesos que se están representando sean correctos y, en ese sentido, la validación con una serie más corta dificulta la labor del balance.

<sup>2</sup> <https://bit.ly/38MQCZn>



# Gobernanza del agua en California



Samuel Sandoval\*

Ponencia realizada durante el Seminario 2018 "Gobernanza del agua subterránea en la gestión hídrica", de Alhsud Chile.

Samuel Sandoval es Ph.D. en Medio Ambiente y Recursos Hídricos por la Universidad de Texas en Austin, máster en Ciencias Hidráulicas por el Instituto Politécnico Nacional (México) e ingeniero civil por la misma casa de estudios. Se desempeña como profesor asociado en la Universidad de California Davis y Cooperative Extension Specialist.

La gobernabilidad del agua es el conjunto de reglas, prácticas y procesos –formales e informales– a través de las cuales, las decisiones –para la gestión de los recursos y servicios hídricos– son tomadas e implementadas, y las partes interesadas expresan su interés y los tomadores de decisiones rinden cuentas.

La gobernanza del agua subterránea involucra las leyes y reglas para la gestión del agua. Consiste en cómo se ejecutan esas prácticas, cuáles son las acciones y cuándo se toman las decisiones a través de un proceso definido para ello.

Este esquema puede involucrar reuniones de carácter público o privado y para ello, debe determinarse el cómo incluir a las personas que estarán involucradas (a los usuarios y tomadores de decisiones) en el proceso, procurando que estos se responsabilicen por sus decisiones.

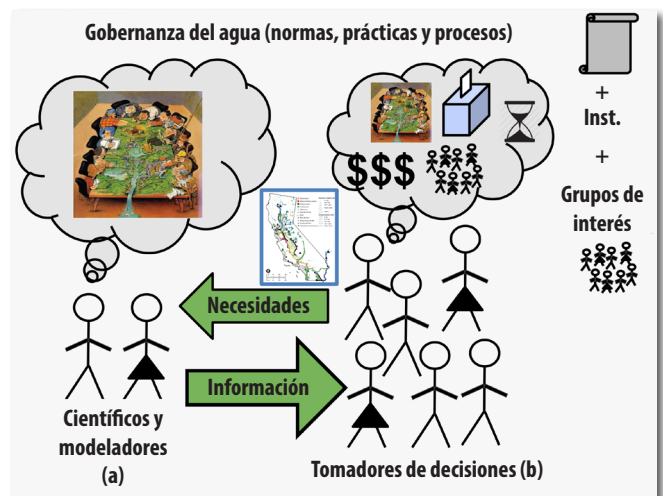
## Principios de la gobernanza

La gobernanza es un espacio en el que todos se pueden situar, donde es posible realizar una evaluación, adquirir experiencia y mejorar las prácticas existentes hasta ese momento. Si bien la gestión integrada de la gobernanza es un proceso que sigue ciclos políticos –de 4, 6 u 8 años–, tanto los usuarios, como los académicos y los profesionales involu-

crados en los procesos permanecen allí por períodos muchos más extensos, que superan dichos ciclos administrativos, razón por la que se vuelve necesaria plantear una visión a largo plazo, en vez de un permanente rediseño cíclico de gestión integrada del agua.

Existen dos formas de transformación y generación de cambios legislativos: 1. A través de una crisis que se puede manifestar por

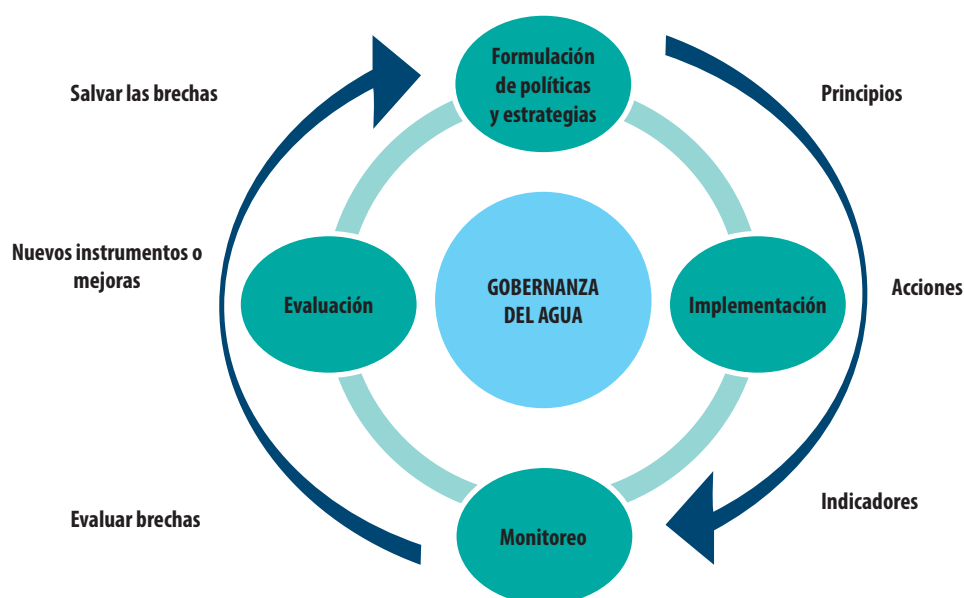
Figura 1: Gobernanza del agua.





“La gobernanza del agua subterránea involucra las leyes y reglas para la gestión del recurso. Consiste en cómo se ejecutan esas prácticas, cuáles son las acciones y cuándo se toman las decisiones a través de un proceso definido para ello.”

Figura 2: Ciclo de la gobernanza del agua.



Para la gestión del agua, estos procesos, actores, reglas y prácticas constituyen la gobernanza e involucran a distintas instituciones, que a su vez, consideran a determinados usuarios y personas, todos en un determinado contexto social, económico, político, físico y medio ambiental. Y aunque la cuenca pareciera ser lo único más relevante, también son preponderantes los múltiples procesos y actores involucrados.

### Ciclo de la gobernanza

La gobernanza es un proceso de planeación, que como se expresa en el modelo de la Figura 2, formula políticas y estrategias que luego se implementan, monitorean y evalúan para reiniciar el ciclo nuevamente.

Los principios de la gobernanza –observables en la Figura 3– están dados por las directrices emanadas por la OCDE: eficiencia en

exceso o por escasez de agua; o  
2. Por la baja calidad del agua.

Es decir, puede generarse una inundación o sequía, así como determinadas zonas pueden presentar problemas de calidad de agua. Y en estos escenarios probables, es recomendable la proactividad y que incluso

las comunidades lideren y se adelanten al curso que tomen las propias instituciones involucradas.

La Figura 1 permite entender de forma empírica cómo actúa la gobernanza. Existe una cuenca o un acuífero y dentro de ella coexisten tomadores de decisiones (b) que requieren gestionar. Y luego, dichos tomadores de

decisiones consultarán a los científicos y modeladores de planeación y gestión (a), que a su vez, proveerán diversa información y herramientas en el proceso. No obstante este esquema descrito, para la toma de decisiones entrarán distintos aspectos en juego, como factores de costo, de recursos e inclusive, aspectos políticos.



Figura 3: Principios de la gobernanza del agua.



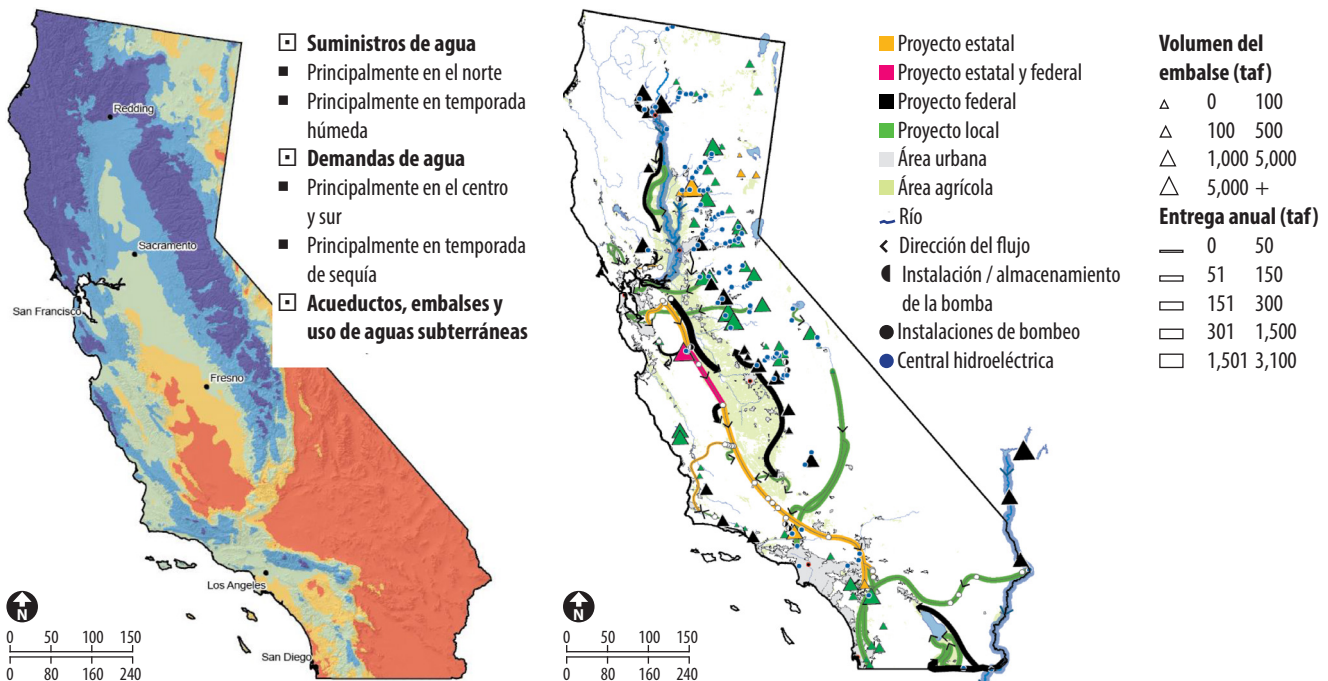
la toma de datos, información, financiamiento y marco regulatorio; así como en la confianza y participación al momento de delimitar estrategias, proceso definitorio que se debe ejecutar de forma efectiva, eficiente y participativa.

**El caso de California**

California (Estados Unidos) es una zona con clima mediterráneo, con lluvias semestrales (en invierno) y ausencia de nubes durante los seis meses restantes, por lo que los usuarios –que utilizan agua durante todo el año– requieren de represas, reservorios y embalses para poder abastecerse.

Figura 4: Abastecimiento y demanda de agua.

El mapa muestra la distribución de la escorrentía: la cantidad de precipitación local que fluye hacia las corrientes y recarga el agua subterránea. La escorrentía relativa se representa como un porcentaje de la escorrentía anual, calculada ajustando la precipitación mensual promedio (PRISM 1970–2000) por las pérdidas en la capacidad de almacenamiento del suelo (U.C. Davis Soil Resource Laboratory, Beaudette y O’Geen) y la evapotranspiración de referencia mensual promedio (CIMIS 2000–2005, Hart).



Fuente: Hanak et al. (2011). "Managing California's Water. From Conflict to Reconciliation".



En relación al suministro y demanda de agua, en la *Figura 4* se observa que la mayor cantidad de precipitación se da en la zona que presenta tonos en azul, con un 90% de lluvia o nieve que precipita durante el invierno.

La mayor cantidad de usos de agua se genera en el valle central y en los diversos valles destinados a la agricultura. En San Francisco y Los Angeles el recurso se utiliza principalmente para uso urbano, mientras que en todo el resto del estado se destina al medio ambiente.

Y es precisamente para abastecer todos estos usos

“ *La gobernanza es un proceso de planeación que formula políticas y estrategias, que luego se implementan, monitorean y evalúan para reiniciar el ciclo nuevamente.* ”

que se ha construido un sistema extenso de 1.400 represas, así como miles de kilómetros de acueductos y diques que suministran agua y que movilizan el recurso dentro del estado de California. Lo anterior refleja la distancia geográfica

entre las principales fuentes de agua, la población y los centros agrícolas. Un 75% de la precipitación de California ocurre al norte de Sacramento, mientras que el 75% de la demanda de agua se encuentra al sur (ver *Figura 4*).

En la primera fotografía de la *Figura 5* se visualiza la “imagen símbolo” sobre el agua subterránea en California. En 1925, el suelo debió ubicarse conforme a lo reflejado en el letrero que anuncia dicho año (ver extremo superior de la *Figura 5*), mismo criterio que debió repetirse para 1955 y 1977. Con el correr del tiempo –en 1988 y a futuro– continuó el hundimiento, fenómeno generado por la explotación del recurso, ya que se utilizó más agua de la que se recargó, por lo que el suelo va compactándose.

La *Figura 6* da cuenta de la explotación del recurso, con zonas que presentan hundi-

**Figura 5:** Hundimiento por explotación del agua (California, Estados Unidos).





Figura 6: Zonas que presentan hundimiento.

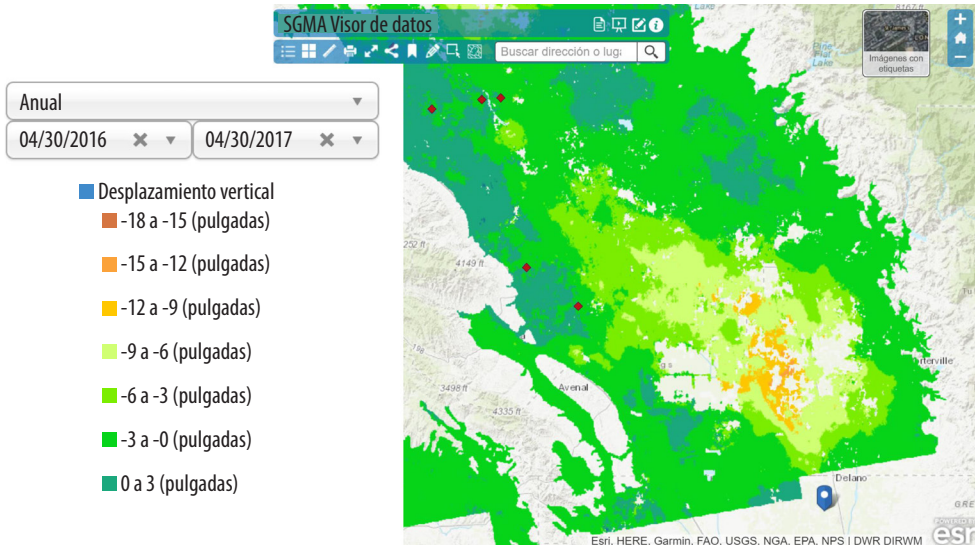
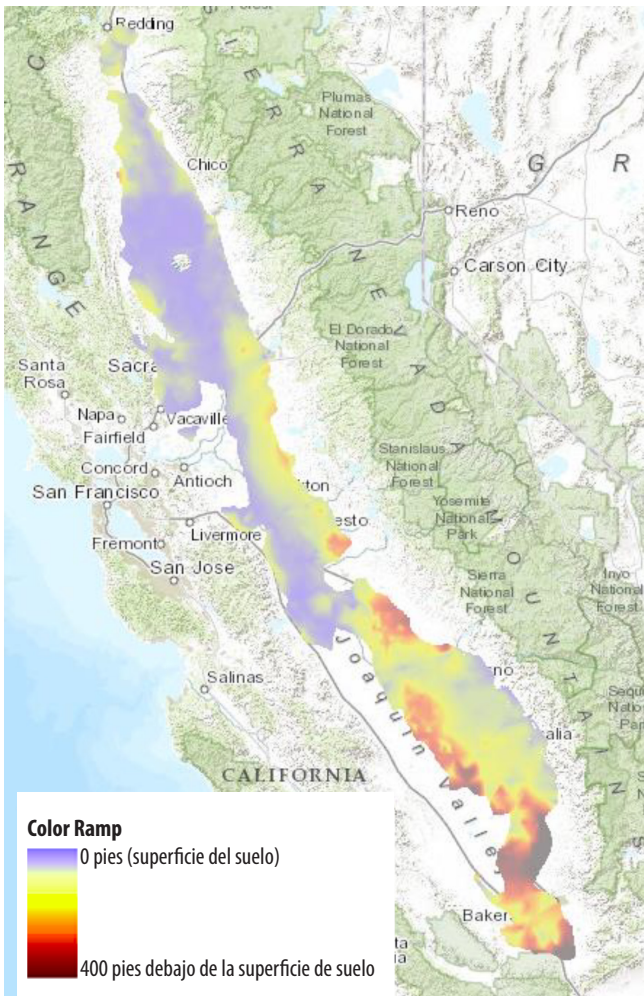


Figura 7: Agotamiento de las aguas subterráneas.



mientos de 15 centímetros por año. En la Figura 7, en tanto, se muestran sectores con el nivel de agua por debajo de los 120 metros de profundidad.

### Contaminación del agua subterránea

En California, producto de la explotación agrícola y de las altas cantidades de fertilizantes que se utilizaron en algunas zonas, con la lluvia e irrigación, los componentes de los fertilizantes se trasladaron a las aguas subterráneas. Así, como se evidencia en la Figura 8, se excedieron los niveles permitidos de nitratos en pozos de agua doméstica (ver en el mapa los puntos en tonalidades rojas, amarillas y marrones).

### Lago Oroville

El Recuadro 1 muestra la evolución de la profundidad de la nieve entre 2012 y 2018 en la represa de

Oroville. En la imagen (a) se observa la elevación del cuerpo nival de 2011, año que presentó una alta concentración de lluvia y nieve.

Esta figura está representada en abril –que corresponde al período en que culmina la época de lluvia– y determina la cantidad de agua que se podrá almacenar en forma de nieve para luego ser destinada a la agricultura en los meses siguientes. Y como se observa en los mapas (e) y (f) del Recuadro 1, 2016 y 2017 corresponde al período que presenta lluvias por sobre los registros de los últimos 100 años.

### Uso sustentable de las aguas subterráneas

La Figura 9 permite explicar en qué consiste la *Sustainable Groundwater Management Act*, que corresponde a la ley para usos sustentables de recursos de aguas subterráneas.

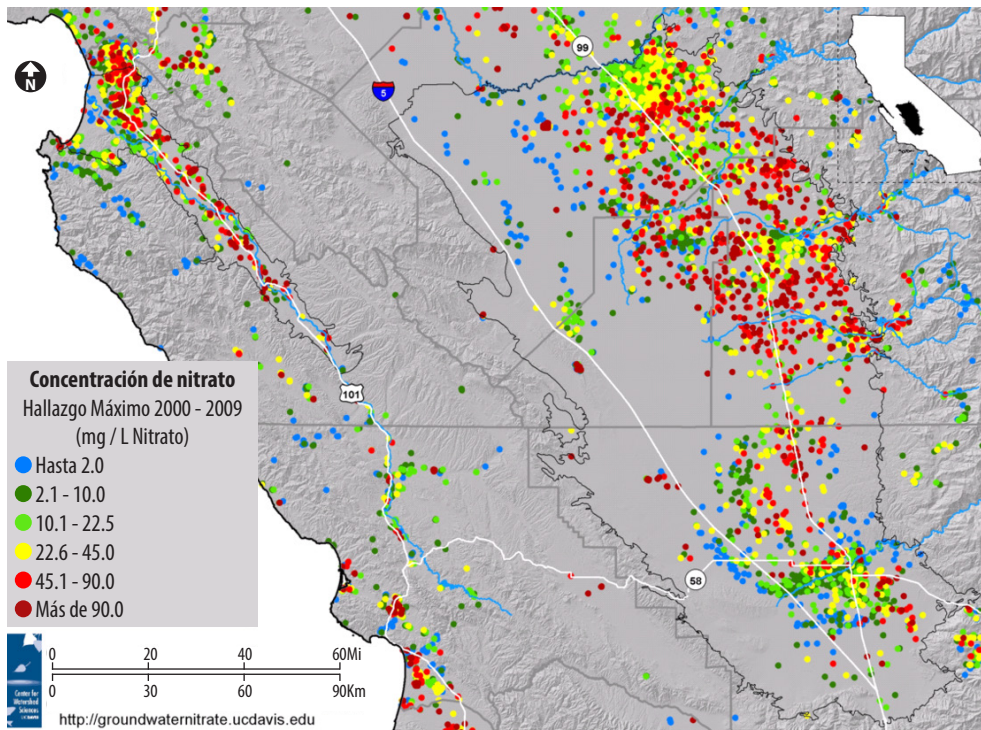
Después de ocurrida la crisis, se debió trabajar en la gestión del agua en California, puesto que hasta 2015 no se contaba con una ley que regulara quién utilizaba el agua. En este escenario, se reunieron legisladores locales para promover una ley que estableció que lo no sustentable correspondía a la sobreexplotación de acuíferos.

Lo anterior se expresó de manera concreta en lo siguiente:

- Reducción del almacenamiento de aguas subterráneas;



**Figura 8:** Contaminación del agua subterránea. En rojo: por sobre del nitrato MCL (45 mg / L). En rojo oscuro: más del doble del nitrato MCL (90 mg / L)



- Descenso crónico de la napa y por un período prolongado;
- Hundimiento de la tierra;
- Intrusión de agua salina;
- Degradación de la calidad del agua;
- Afectación a los usuarios de agua superficial por uso de agua subterránea.

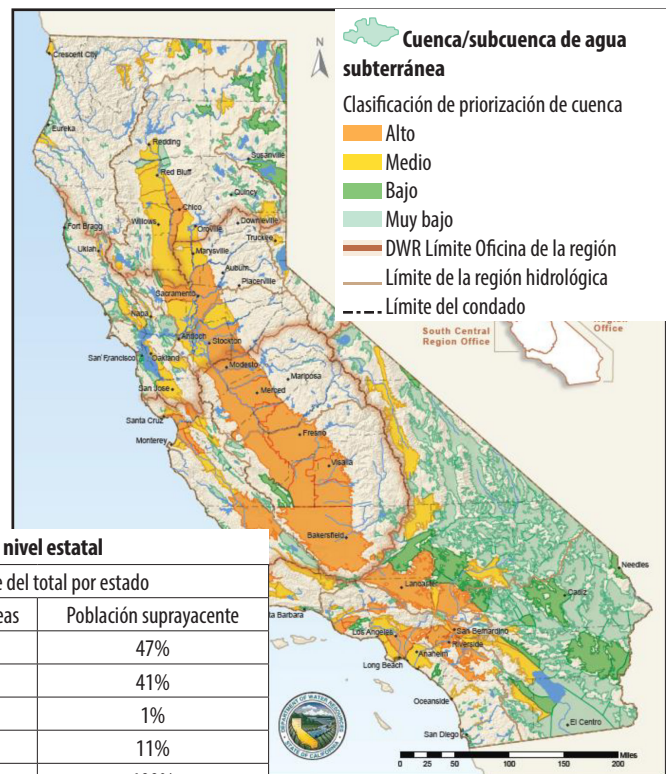
El objetivo de la legislación fue precisamente evitar los puntos antes listados. Y en una primera instancia, la ley especificó sobre qué aspectos trabajar.

Mediante un diagnóstico, los usuarios –constituidos por quienes gestionan el agua o toman decisiones sobre el uso de suelo– generaron una agencia de aguas subterráneas para desarrollar un plan.

**Figura 9:** SGMA - Sustainable Groundwater Management Act.

**Evitar resultados no deseados**

- ⚠ Reducción del almacenamiento de agua subterránea
- ⚠ Disminución crónica de los niveles de agua subterránea
- ⚠ Hundimiento de la tierra
- ⚠ Intrusión del agua de mar
- ⚠ Degradación de la calidad del agua
- ⚠ Impacto adverso en usos beneficiosos del agua subterránea

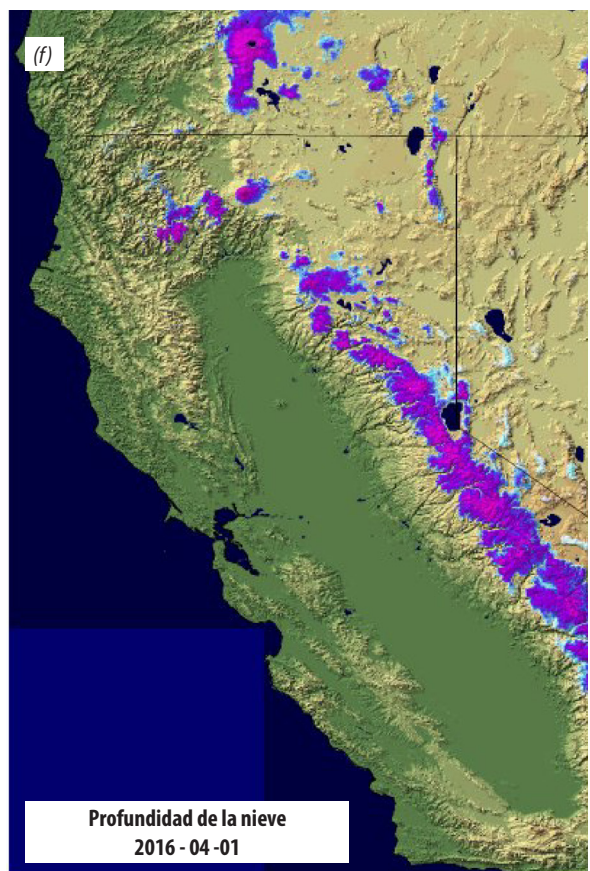
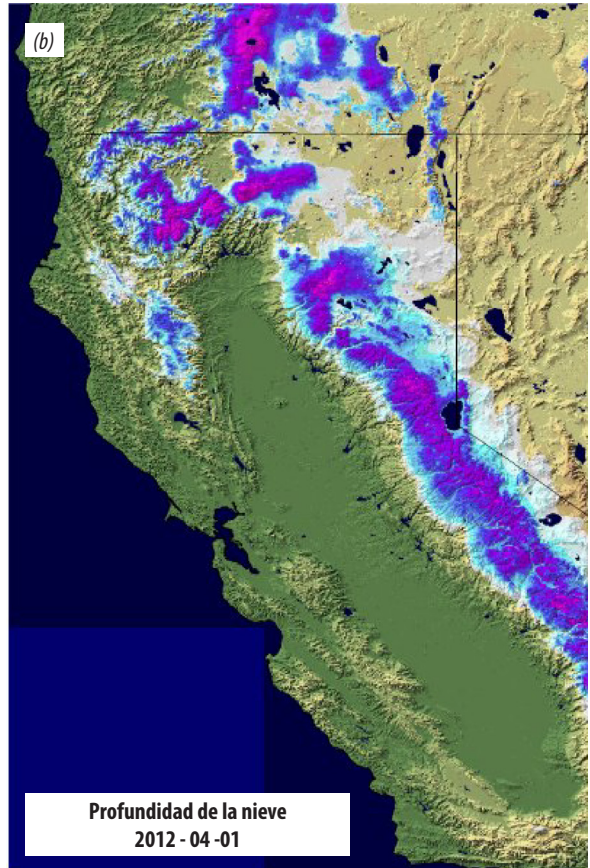


**Resumen de priorización de cuencas de aguas subterráneas a nivel estatal**

Clasificación de cuenca	Cuento de cuenca por rango	Porcentaje del total por estado	
		Uso de aguas subterráneas	Población suprayacente
Alto	43	69%	47%
Medio	84	27%	41%
Bajo	27	3%	1%
Muy bajo	361	1%	11%
Totales	515	100%	100%



**Recuadro 1:** Evolución de la profundidad de la nieve entre 2012 y 2018 en la represa de Oroville.





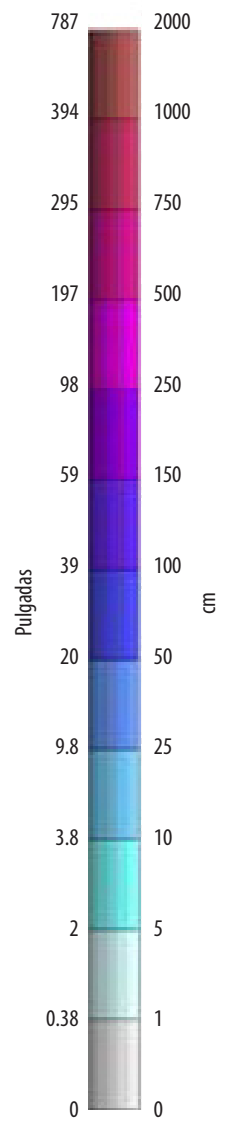
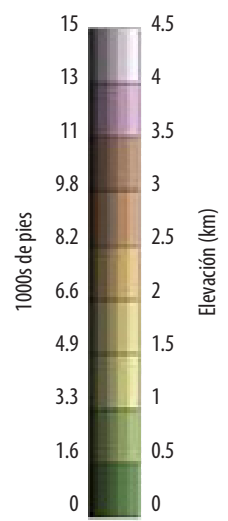
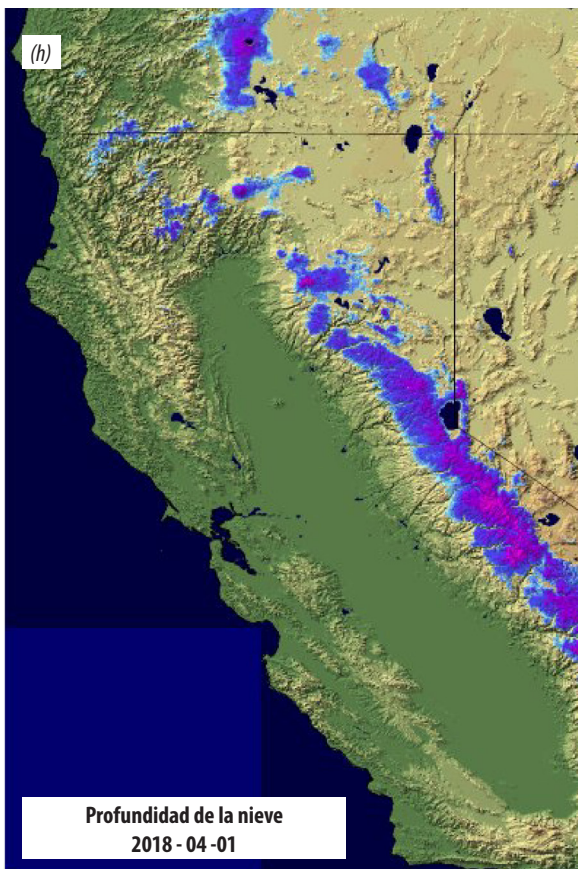
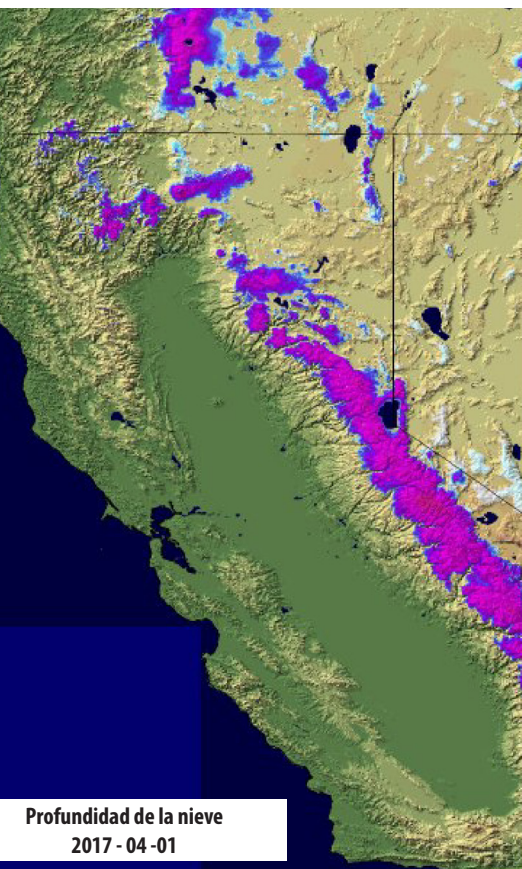
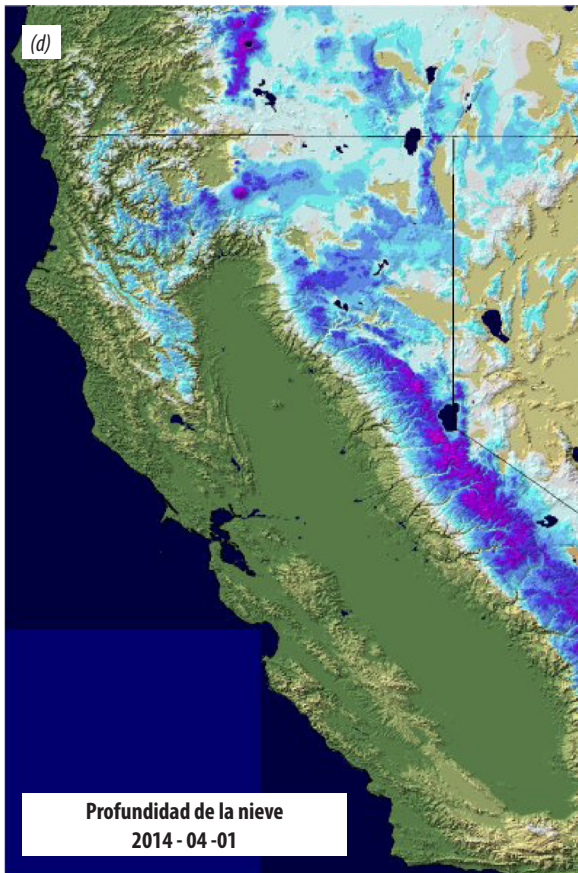
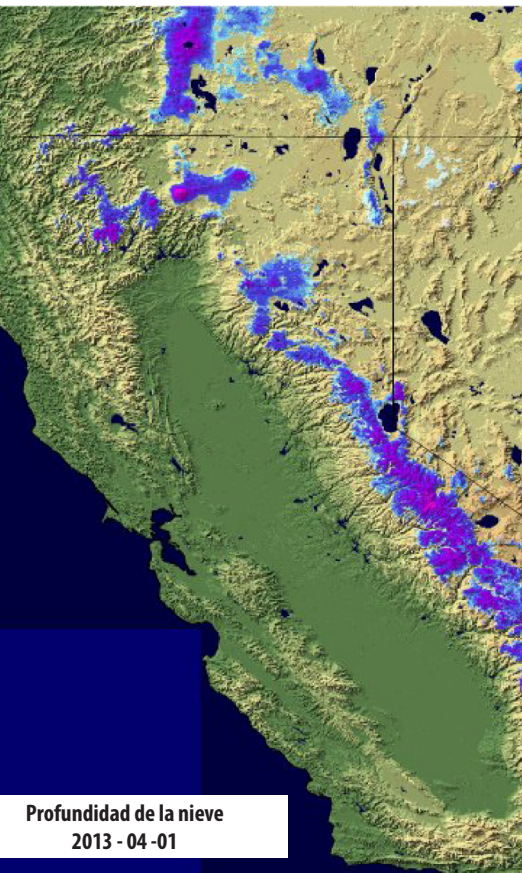




Figura 10: Indicadores, puntos de referencia y umbrales.

Indicadores de sostenibilidad						
	Bajar los niveles de agua subterránea	Reducción de almacenaje	Intrusión de agua de mar	Calidad degradada	Hundimiento de la tierra	Agotamiento del agua superficial
Métrica (s) definida en las regulaciones del SGP	• Elevación del agua subterránea	• Volumen total	• Isolínea concentración cloruro	• Migración de aves • Cantidad de pozos de suministro • Volumen	• Tasa y extensión del hundimiento de la tierra	• Volumen de la tasa de agotamiento del agua superficial

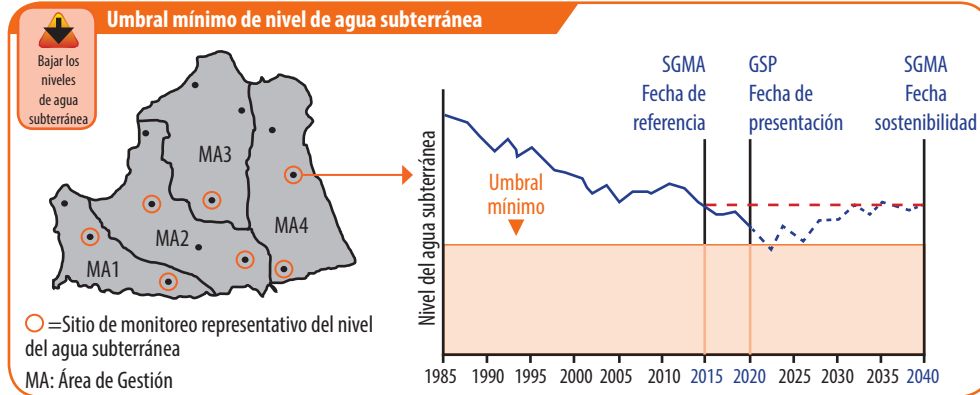


Figura 11: Proceso de implementación de la gobernanza del agua.

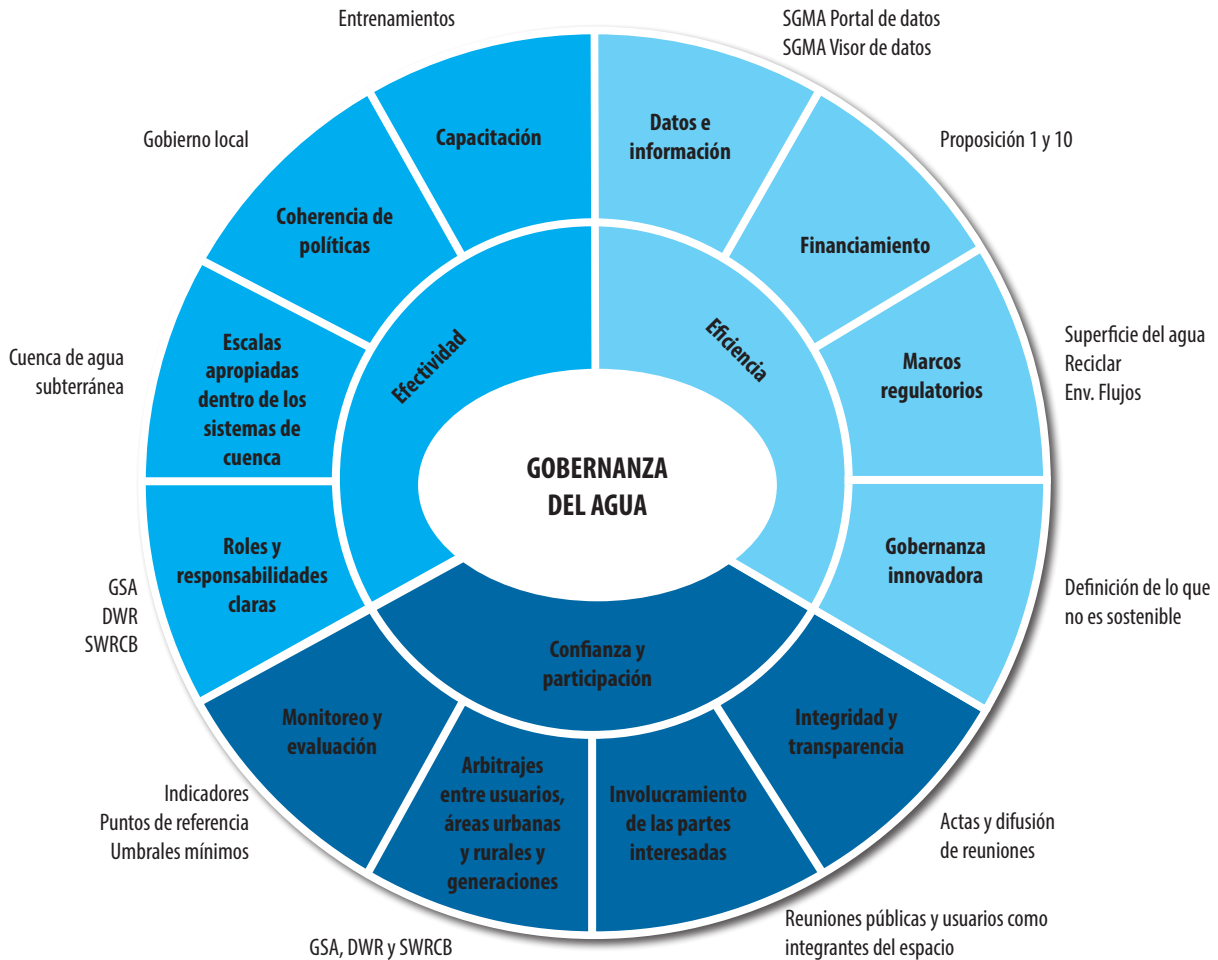




Figura 12: Valle de Ukiah, cuenca del Russian River.

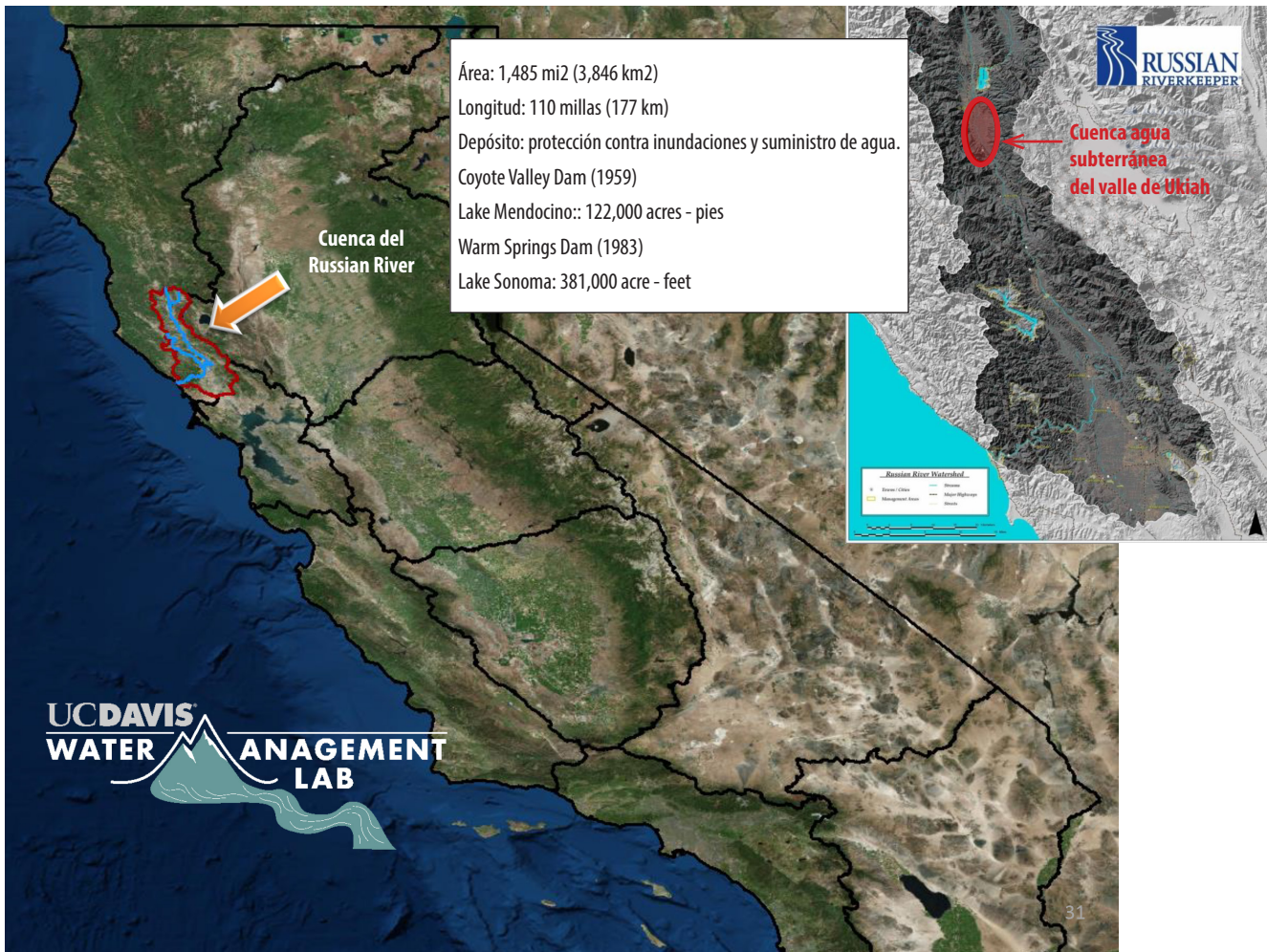


Figura 13: Valle de Ukiah. Estado de algunas represas en distintos periodos: (a) sequía y (c) época normal.



En específico, para el caso de California se debieron conformar alrededor de 120 grupos para la administración del agua, lo que constituye un experimento de gestión extraordinario, puesto que este organismo, a su vez, aglomeró a múltiples instituciones.

En cuanto a sus facultades, la agencia pudo medir la cantidad de agua extraída por cada usuario, cobrar por el agua consumida y decidir cuánta agua era posible utilizar.

Se debió desarrollar un plan (a concluirse en 2020) y un período de planificación (hasta 2040), para lo cual existen líneas de refe-

rencia y el establecimiento de niveles mínimos. Es decir, si a 2020 el nivel de la napa está bajo cierto nivel, para 2040 debe aumentar. Y si en algún momento de este período (2020 – 2040) la napa desciende bajo el nivel mínimo, entonces la autoridad podrá acudir ante la agencia y gestionar directamente el acuífero.

El detalle antes descrito puede observarse en la Figura 10, con la línea de referencia que indica el nivel de la napa y con la línea roja que expresa el umbral mínimo que deberá presentar en 2040.

Durante este proceso se implementaron determi-



Figura 14: Modelo conceptual de aguas superficiales / subterráneas.

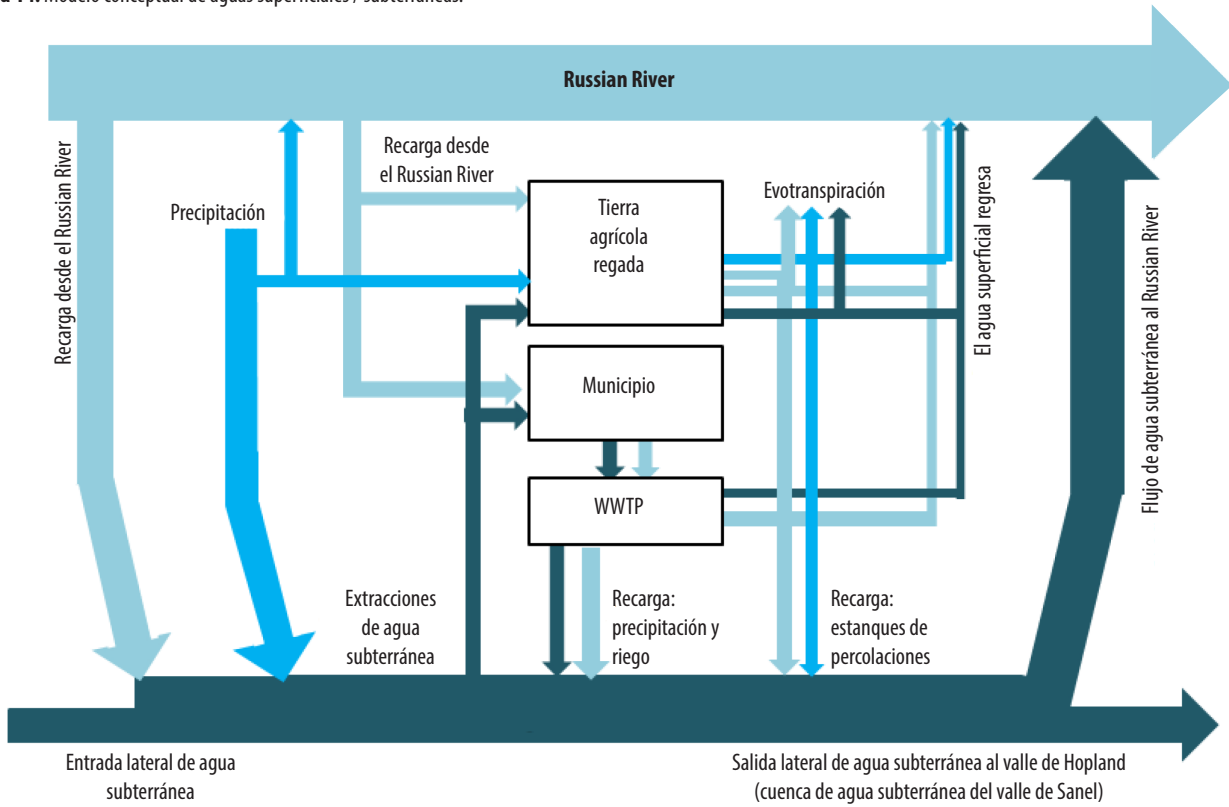
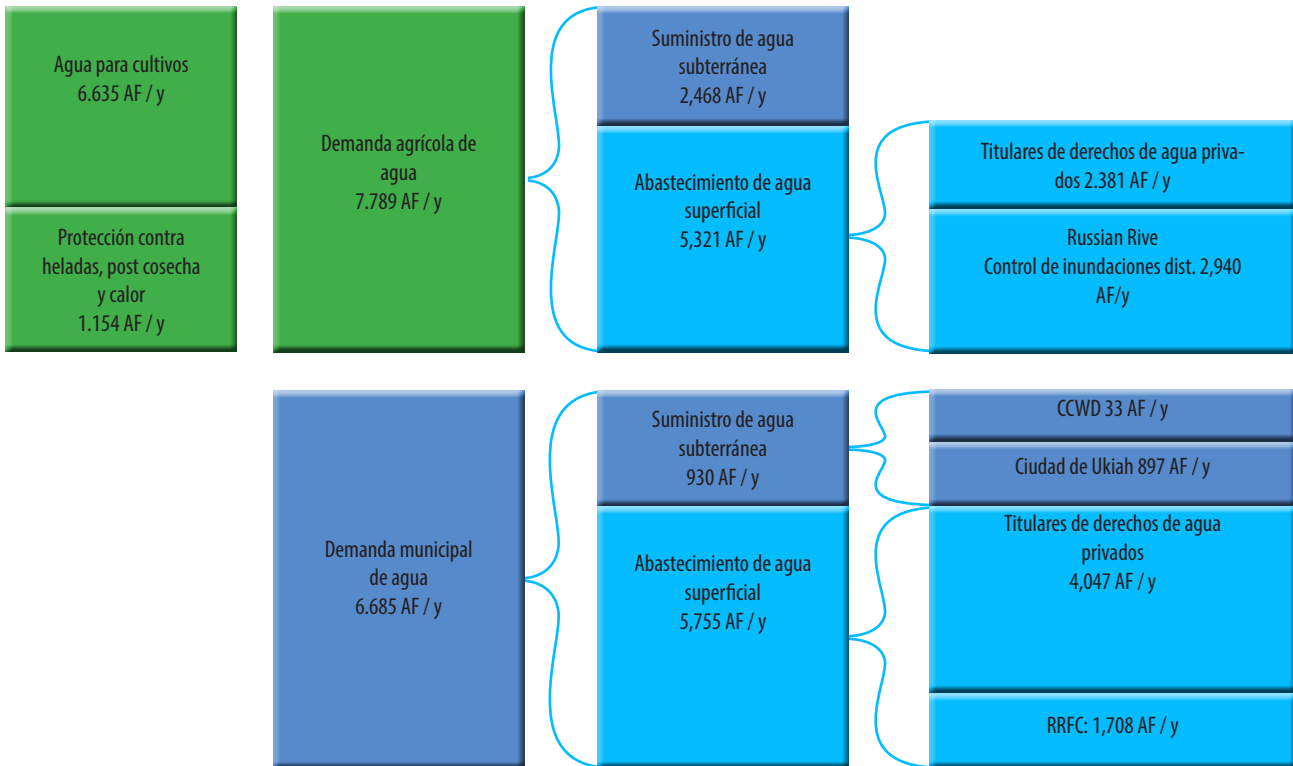
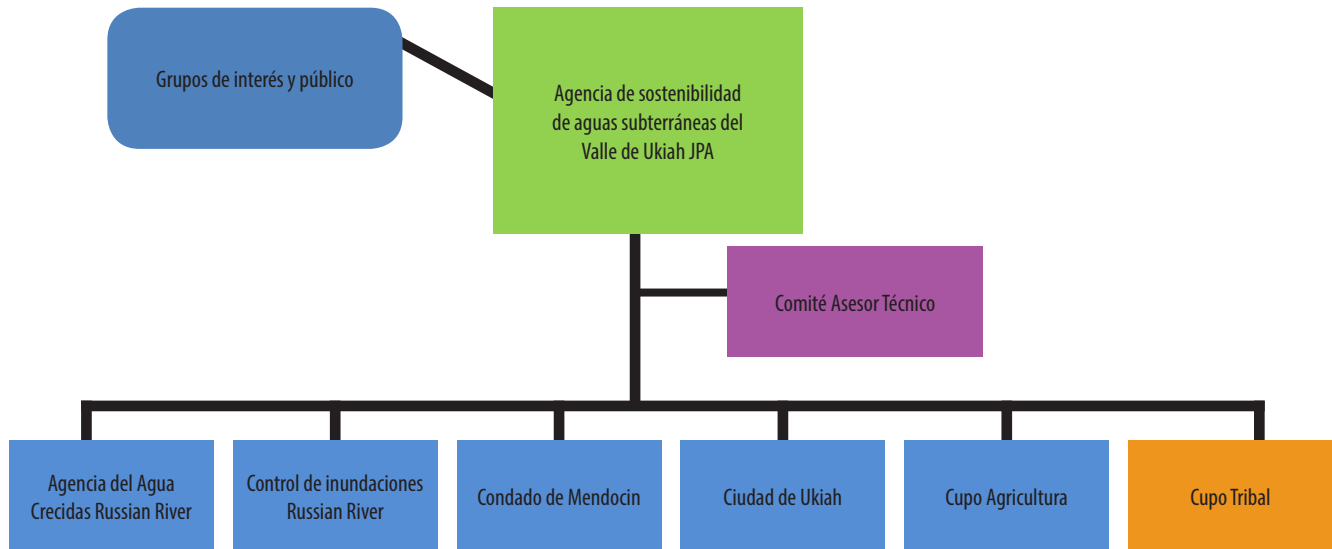


Figura 15: Modelo conceptual de aguas superficiales / subterráneas.





**Figura 16:** Modelo de Agencia de Sostenibilidad del Agua Subterránea del Valle de Ukiah.



Fuente: Flores-Márquez M. (2017). *Water budget for the Ukiah Valley groundwater basin*. Universidad de California, Davis. Davis California.

nadas acciones y junto con proveer de ciertos indicadores, se formularon políticas y estrategias efectivas, eficientes y de confianza, cuyo modelo de trabajo se refleja en la Figura 11.

En las distintas etapas, los tomadores de decisiones definieron legalmente lo que no era sustentable, establecieron ciertas actas, realizaron reuniones y en caso de controversias, fue la agencia la que actuó como una suerte de árbitro.

### Otro caso de estudio: Valle de Ukiah

El *Russian River*, ubicado a aproximadamente una hora del norte de San Francisco, cuenta con un acuífero llamado Ukiah (ver zona delineada en rojo en la Figura 12), valle agrícola destinado al cultivo de vino y que en la Figura 13 muestra el estado de algunas de sus represas en

distintos períodos: (a) sequía y de (c) época normal.

Para poder gestionar y administrar este acuífero, primeramente se realizó un diagnóstico, calculando los usos del río y del acuífero para agricultura, agua superficial, subterránea y municipal. Se determinó la cantidad de agua de precipitación destinada a la agricultura, el total utilizado para recarga del acuífero y el volumen de descarga por evapotranspiración (ver Figuras 14 y 15).

Así, para el proceso de generación de la agencia local de agua, un grupo de personas con voz y voto –representando distintos intereses– se reunió para administrar el agua y operó bajo el esquema que puede observarse en la Figura 16 del modelo de Agencia de Sostenibilidad del Agua Subterránea del valle de Ukiah.

# GEODATOS

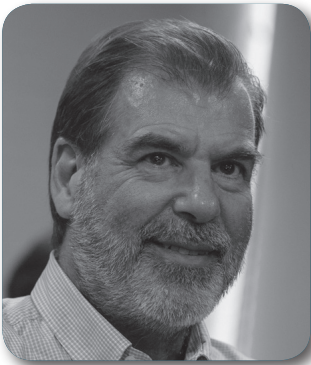
## Geofísica de Avanzada

**TEM**  
**NanoTEM**  
**Tomografía**  
**Gravimetría**  
**Magnetometría**

www.geodatos.cl/+562 28407200



# Radiografía a la realidad hídrica de La Ligua y Petorca



Eugenio Celedón\*

Ponencia realizada durante la Quinta Jornada Técnica 2019 "La Ligua y Petorca: Una mirada a la realidad actual, contexto histórico y propuesta de solución", de Alhsud Chile.

Eugenio Celedón es ingeniero civil hidráulico por la PUC, con más de 35 años de trayectoria profesional, especialista en hidrogeología, socio y gerente general de Hidrogestión. Fue presidente de Alhsud Chile durante tres periodos consecutivos.

La Ligua y Petorca son dos valles muy similares en sus características orográficas, con longitudes equivalentes (de aproximadamente 60 kilómetros), con una forma topográfica y entorno similar y con un cauce principal que nace en los cerros inmediatamente más al poniente

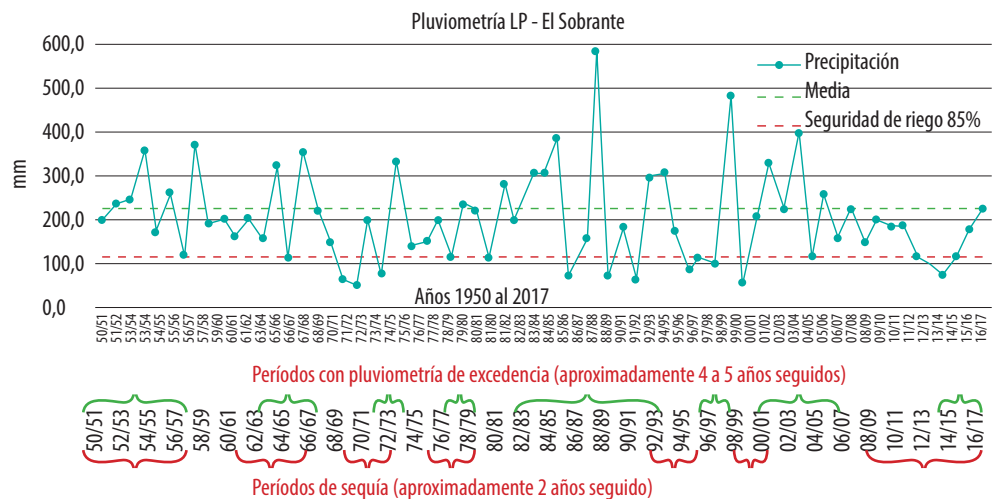
de las altas cumbres de la Cordillera de Los Andes. Por esta razón, depende fundamentalmente de la pluviometría anual local, ya que toda la zona de elevación en altura con la que cuenta la Cordillera de Los Andes en ese sector que acumula nieve en su época de deshielo y toda el agua que permite su utilización durante el verano es descargada hacia el río

Choapa (al norte) y río Puetaendo (al sur).

## Variación de la pluviometría y recarga

Si se observa la estadística pluviométrica con la que cuentan ambos valles y los datos proporcionados por la Dirección General de Aguas (DGA), en la estación El Sobrante (ver Figura 1) la

Figura 1: Variación de la pluviometría y recarga al acuífero.



Fuente: Elaboración del autor en base a mediciones DGA.



pluviometría es variable, cambia en el tiempo y está compuesta por periodos secos y otros húmedos. Así, al hablarse de pluviometría, se considera una media, es decir, el promedio del agua caída en un determinado período.

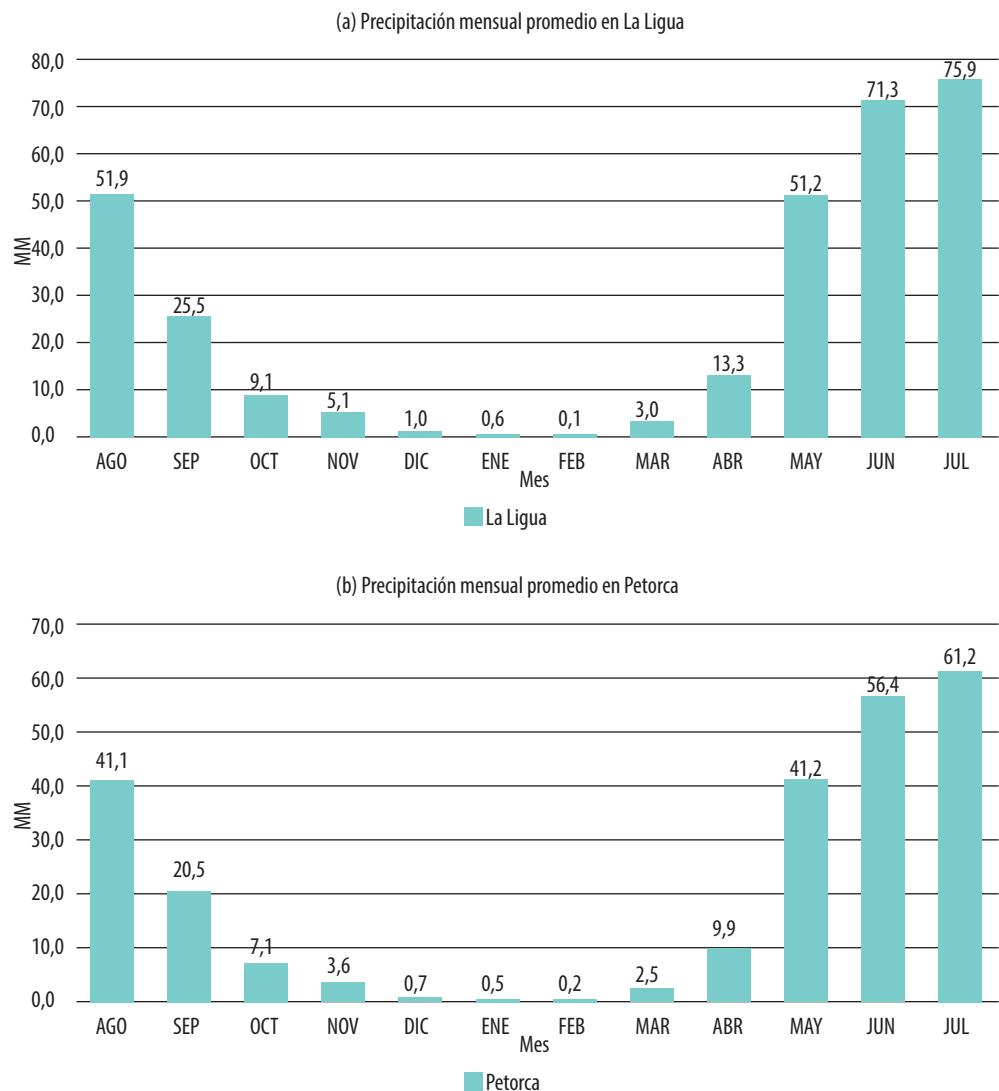
Y para el caso de los valles de La Ligua y Petorca, en una estadística que considera el período 1950-2017 (ver Figura 1), el promedio anual alcanza los 230 mm aproximados. Se puede verificar la existencia de años húmedos (que suman entre 4 y 5) y de otros secos (de entre 2 y 3 años), con un período de sequía más extenso y extraordinario en la estadística conocida –cuya realidad también se presenta en prácticamente toda la zona centro norte del país–, que comprende el tramo de 2006 a la actualidad, con prácticamente 10 años de sequía, en el que todas las pluviometrías se han mantenido por debajo de la media.

Al observar la precipitación mensual promedio característica de un año normal (ver Figura 2), en La Ligua y Petorca se corrobora que la mayor cantidad de agua caída se registra entre mayo y septiembre, con una notoria disminución a partir de octubre, en los meses de verano.

Por tanto, como no existe nieve acumulada, no se dispone de embalses, el escurrimiento superficial depende de la lluvia y todo el riego

“La realidad del problema es que la seguridad de disponibilidad de aguas subterráneas y la capacidad de producción tiene su origen principal según el tipo de captación que dispone el usuario, no dependiendo de la existencia del agua subterránea en el acuífero en la cuenca.”

**Figura 2:** (a) Precipitación mensual promedio de La Ligua - (b) Precipitación mensual promedio de Petorca.



agrícola en ambos valles está basado fundamentalmente en el agua subterránea. Cuando se estudiaron los embalses y se realizaron

los análisis de prefactibilidad, factibilidad y diseño, se pudo constatar que sin regulación, las aguas superficiales existentes en los

valles de La Ligua y Petorca permitían una seguridad de riego para una superficie máxima del orden de 300 hectáreas por valle.



Así, en la década de 2010, época del máximo total plantado de aproximadamente 4.800 hectáreas por valle, el recurso fundamental para uso y riego se basó principalmente en las aguas subterráneas.

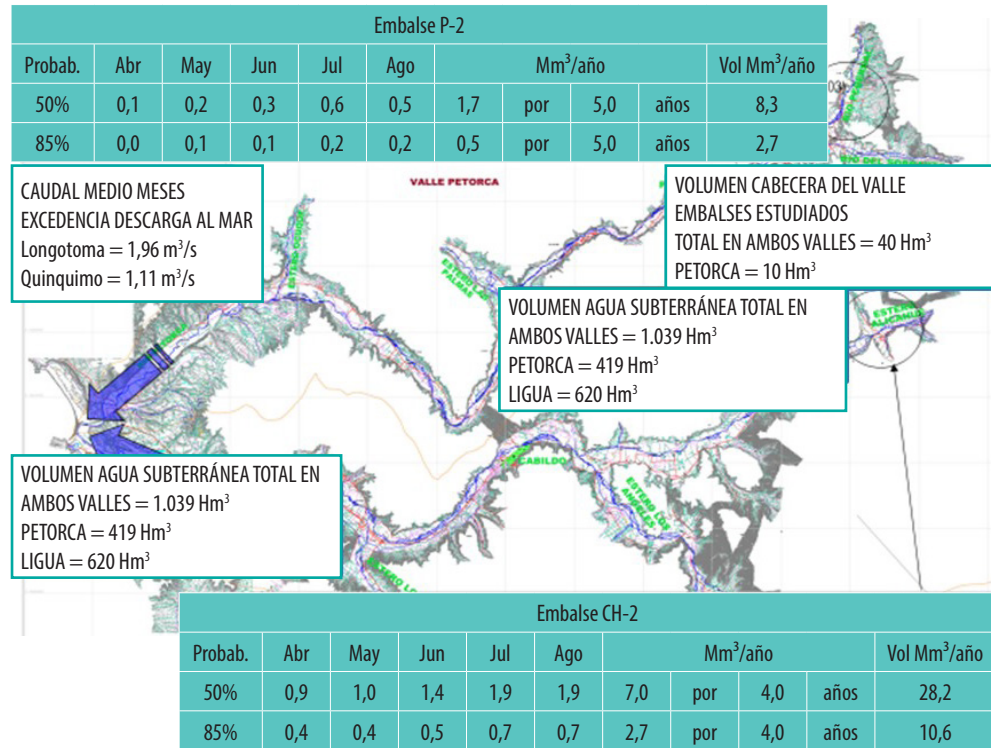
### Contexto hidráulico y solución de embalses superficiales

A partir de la estadística fluviométrica de los ríos Petorca (en Longotoma) y La Ligua (en Quinquimo), se puede verificar que en los periodos de lluvia o de años lluviosos, que históricamente se han dado de a 5 años húmedos durante el periodo de lluvia (meses de invierno), dichos ríos cuentan con caudales de 1,9 a 2 m<sup>3</sup>/s en Petorca y de 1 a 1,1 m<sup>3</sup>/s en La Ligua (ver Figura 3).

Totalizar ese caudal en volumen por un periodo de 4 a 5 años significa que cuenta con una disponibilidad aproximada de 170 millones de m<sup>3</sup> que se descargarán en el mar, por lo que si se acumularan en sectores del valle, se dispondría de un volumen a utilizarse de forma multianual.

En ese escenario, el análisis realizado por la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) –y que justificó la existencia de los cuatro embalses en La Ligua y Petorca– apuntó a que siendo estos administrados multianualmente, la solución permitiría dar seguridad de riego a la superficie agrícola existente y también mejorar las condiciones de las aguas subterráneas, generando una estabilidad en la recarga durante los periodos de verano.

Figura 3: Caudales y volúmenes agua: Estudio La Ligua y Petorca.



Fuente: Cygsa- DOH 2003. Hidrogestión – DOH 2005

En Petorca los derechos superficiales alcanzan 6.044 l/s, mientras que en La Ligua existen alrededor de 7.500 l/seg (ver Figura 4), los que pueden ser ejercidos en épocas que requieren riego solo cuando existe disponibilidad de aguas superficiales y que en la realidad actual podrían utilizarse una vez estén disponibles los volúmenes que acumularían los embalses.

### Constitución de las CAS por la DGA

Al observar la historia de ambos valles se puede constatar que el Estado –reconociendo una realidad de déficit y entendiendo

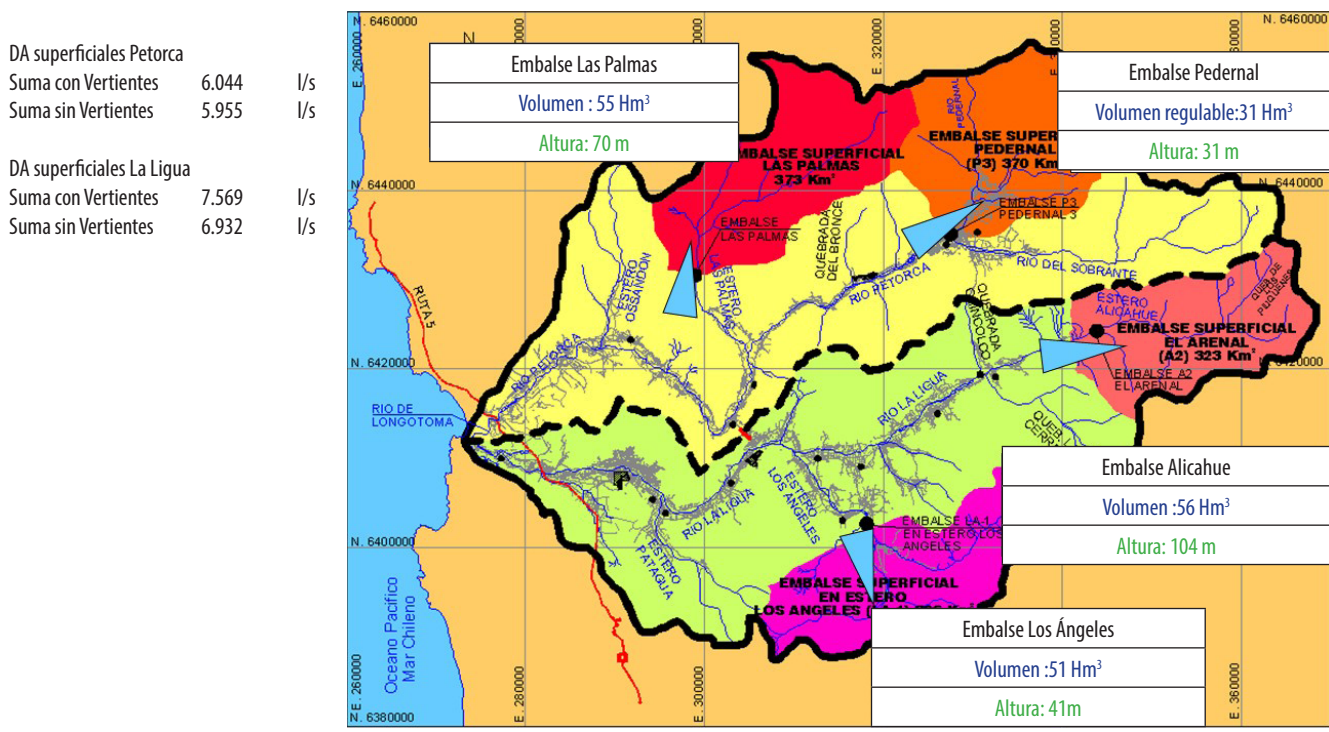
que se requiere de un fortalecimiento y una solución fundamentalmente para el riego agrícola– ha venido trabajando y apoyando a los usuarios y sectores productivos de La Ligua y Petorca a través de diversas instituciones.

El Estado impulsó la constitución de una Mesa Técnica (organismo de gestión público–privada) como una instancia de trabajo de la DOH, con la intención de apoyar a los agricultores para alcanzar soluciones de abastecimiento y mejorar las condiciones de riego. Dicho espacio de trabajo, coordinado con los agricultores (grandes, medianos

y pequeños), organismos públicos de la región de Valparaíso (DOH, CNR, DGA, Indap y otras), parlamentarios, representantes políticos, gobernadores, alcaldes y concejales, entre otros, en el período breve que operó desde 2005 a 2010, llevó adelante los estudios necesarios para que cuatro embalses (Pedernal y Las Palmas, en Petorca; y Alicahue y Los Angeles, en La Ligua) pudiesen ser ejecutados por el Ministerio de Obras Públicas (MOP) para un volumen total de regulación de 150 Hm<sup>3</sup>.

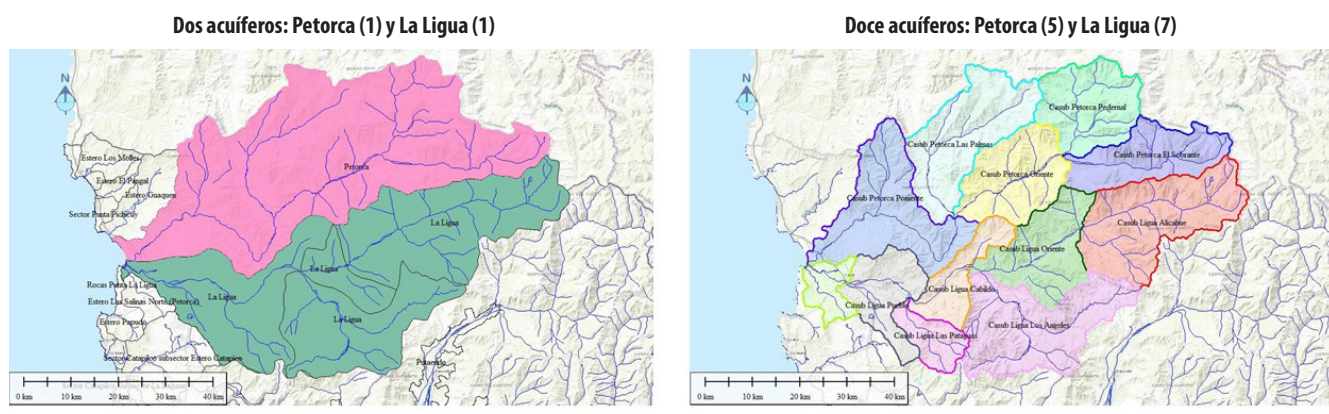
Como los embalses representaban una solución de construcción a largo plazo,

**Figura 4:** Solución de embalses superficiales: 4 Embalses con diseño, 1 de ellos en licitación de construcción.



Fuente: Memoria técnica preliminar formación Junta Vigilancia cuenca río La Ligua (Álamos y Peralta Ingenieros Consultores Ltda. Abril 1998).

**Figura 5:** Constitución de las CAS por la DGA. El programa se desarrolló entre septiembre de 2013 y octubre de 2015, observándose dos partes claramente definidas por la modificación del contrato que aumentó de 2 a 12 el número de comunidades a organizar y en 12 meses el plazo para su materialización. Esto fue motivado por las resoluciones DGA N° 31 y 32 de 2014, las que modifican las resoluciones 217 de 1997 y 204 de 2004, respectivamente; y que dividen al acuífero del río Petorca en 5 y al acuífero del río La Ligua en 7 sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común cada uno.



Fuente: Programa de apoyo a la constitución de Comunidades de Aguas Subterráneas de los acuíferos del río La Ligua y río Petorca (Universidad de Concepción), 2015 - DGA.

al constatarse que el agua subterránea era el principal recurso de abastecimiento de esa zona y que sus usuarios no estaban organizados, la Dirección General de Aguas (DGA) apuntó a constituir Comunidades de Usuarios de Aguas Subterráneas (CAS), las que originalmente eran dos (una en cada valle), pero que hoy alcanzan las 12 comunidades: 5 en Petorca y 7 en La Ligua (ver Figura 5). Paralelamente, en conjunto con la Comisión Nacional de Riego (CNR), la Mesa Técnica buscó desarrollar un modelo hidrogeológico con



el objetivo de contar con una herramienta de gestión y de conocimiento sobre el funcionamiento del acuífero.

A poco andar, la CNR –entendiendo que la DGA inició un proceso constructivo para valorizar las organizaciones de usuarios y para mejorar su capacidad de gestión y uso del agua– desarrolló un proyecto de fortalecimiento de las CAS entre 2017 y 2019, que permitió que estas organizaciones se constituyeran operacionalmente, eligieran a sus directivos y logran operar de manera efectiva, incluso que trabajaran coordinadas entre ellas constituyéndose como Coordinadora (CORCAS). Esto, coincidió con la promulgación de la ley 21.064 de modificación al Código de Aguas, que facilitó y fortaleció la medición y monitoreo, entregando herramientas de fiscalización, control y sanciones, permitiendo a los usuarios realizar mediciones de caudal y nivel de agua en sus instalaciones y contar con antecedentes y conocimientos de cómo operar los acuíferos, con capacidad de obligar a su puesta en marcha en áreas de restricción y zonas de prohibición.

### Situación de explotación del acuífero

En La Liga y Petorca existen alrededor de 2.000 captaciones de aguas subterráneas con títulos regulares, que constituyeron sus derechos de aprovechamiento de agua conforme a los procesos que establece el Código de Aguas.

Paralela y simultáneamente, coexisten un sinnúmero de captaciones no regulares, constando únicamente de un catastro de 2009, que cuenta con fichas por usuarios, las que al cotejarlas con los derechos de los titulares, muestran que: entre los denegados, los que están en proceso de regularización y las fichas técnicas que no son coincidentes con los titulares de derechos de agua, existen al-

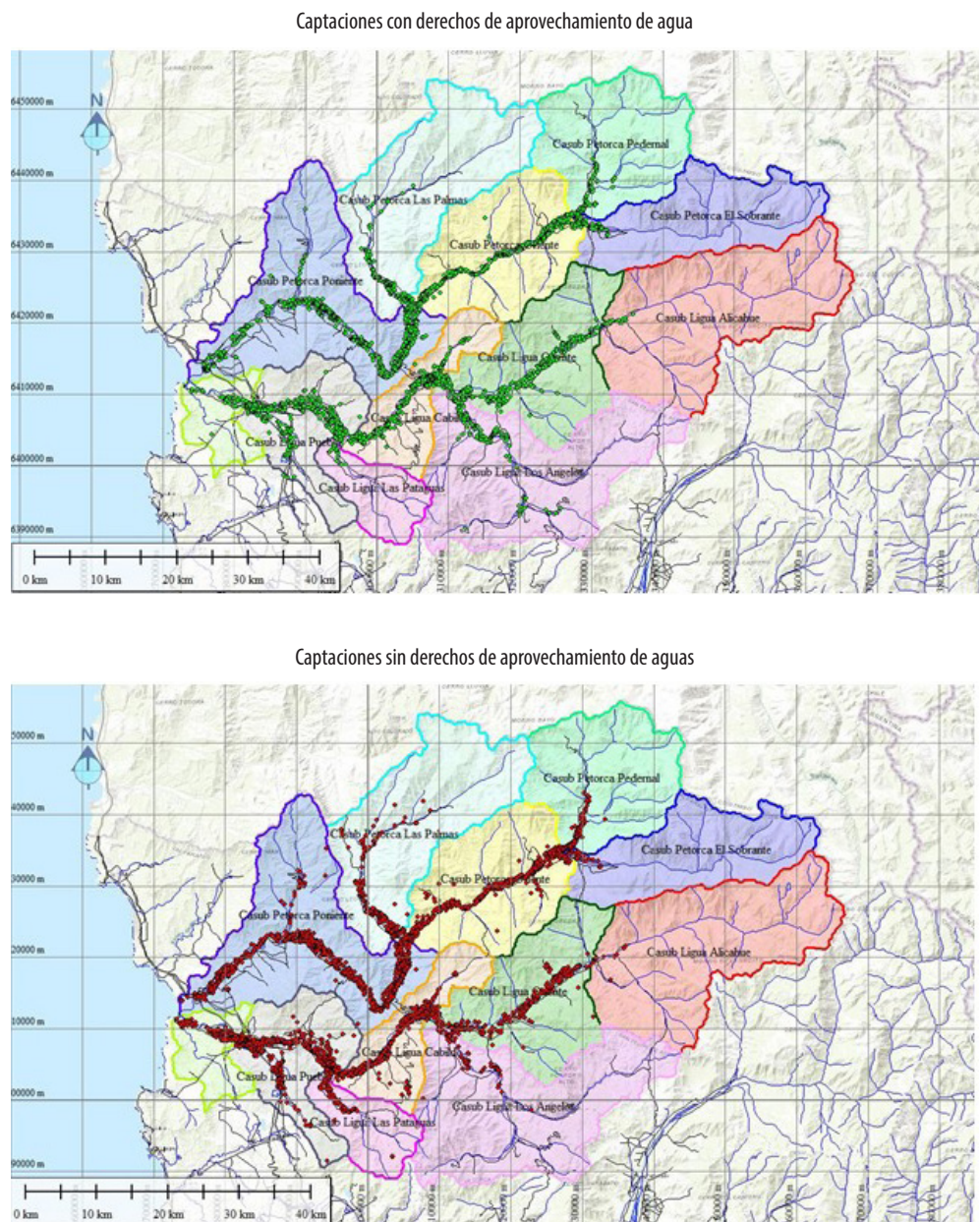
rededor de dos tercios de pozos no regulares. Es decir, por cada pozo regular hay dos no regulares (ver Figura 6).

Considerando que estas dos cuencas tienen resolución de área de restricción de parte de la DGA, la nueva ley de fiscalización les exigía a los usuarios contar con sistemas de medición y control, lo que finalmente podría permitir generar espacios para que los pozos

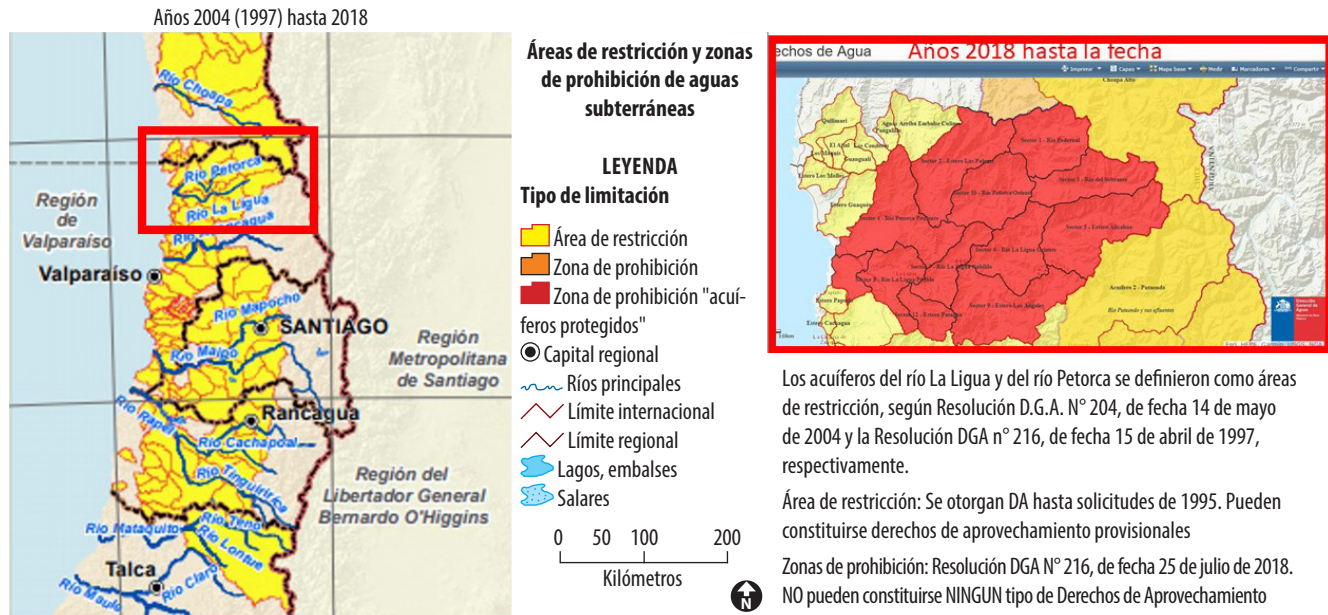
no regulares fueran parte de los sistemas de control y administrados por los titulares regulares, incorporándolos de alguna manera a las CAS.

No obstante, este proceso quedó pendiente en 2018, cuando la DGA modificó la resolución de área de restricción de ambos valles, transformándolos en una zona de prohibición, con lo que rigidizó un potencial esquema de regularización,

Figura 6: Situación de explotación del acuífero



**Figura 7:** Acción de la Dirección General de Aguas sobre el acuífero.



Fuente: Departamento de Administración de Recursos Hídricos de la DGA (2016).

no pudiendo otorgarse nuevos derechos ni siquiera del tipo provisional condicionados (ver Figura 7).

### Qué se dice en los medios

El contexto comunicacional de ambos valles revela que la prensa da cuenta de una crisis hídrica. Un informe emanado por el Instituto Nacional de Derechos Humanos (INDH) muestra que la seguía se ha profundizado y que con ello se han vulnerado los derechos humanos de los pequeños propietarios, pues actualmente no cuentan con agua para consumo humano. Otros titulares incluso aluden a una "Guerra del agua en Petorca", con "el alcalde y los agricultores enfrentados

por el desmantelamiento de instalaciones irregulares".

Esta serie de informaciones genera la impresión de que se está frente a una situación caótica porque se acabó el agua y además, se estigmatiza a diversos sectores productivos de ambos valles, en el sentido de afirmar de que los mayores productores, que cuentan con más recursos y han desarrollado industrialmente su sistema agrícola, estarían perjudicando a los productores más pequeños.

Este paradigma, como arrojan las cifras, es equivocado y es más bien un mal entendimiento sobre la realidad y las causas de lo que ocurre en La Ligua y Petorca, cuya percepción pública sobre el problema

se resume en los siguientes puntos:

- Se acabó el agua en Ligua y Petorca.
- Los grandes y sus plantaciones de paltos en laderas dejaron sin agua a los pequeños y a los APR.
- Existe sobreotorgamiento de derechos de agua.
- Hay molestia con autoridades e instituciones, principalmente por el otorgamiento de derechos provisionales.
- La utilización y acceso al recurso hídrico no prioriza normativamente el uso personal y doméstico del agua por sobre los usos productivos.
- Las empresas realizan un uso desmedido del agua, habilitando varios acuíferos.

- Se ha generado un conflicto por la existencia de dos grupos con intereses contrapuestos, uno de ellos más distinguible, conformado por los detentores de grandes derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas; y otro, un poco más difuso, constituido por los agricultores más pequeños que cuentan con una menor cantidad de derechos de agua.
- Plantean que los usuarios denominados "grandes" utilizan una mayor cantidad de aguas que las que les corresponde y que el otorgamiento de derechos provisionales se materializó de "mala manera", afectando a los pequeños usuarios y a la cuenca en general.



Figura 8: Demanda, derechos de agua otorgados y tipos de captaciones en La Ligua y Petorca.

Total predios por estrato de superficie en el valle de Petorca														
Sector	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total	%
0 - 10 há	5		219	216	282		1	130	4	122		54	1033	58,70%
1,01 - 5,0 há	9		190	68	19			57	7	19		56	425	24,20%
5,01 - 20,0 há	1		56	24	1		2	14	14	51		36	199	11,30%
20,01 - 50 há	5		8	3	1			9	7	7		9	49	2,80%
50,01 - 200,0 há			2	2	1			2	1	10		9	27	1,70%
> 200 há	4	1	1	3		3	3	1		2	1	4	23	0,30%
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>1</b>	<b>477</b>	<b>316</b>	<b>304</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>213</b>	<b>33</b>	<b>211</b>	<b>1</b>	<b>168</b>	<b>1.759</b>	<b>100,00%</b>

Derechos de agua y extracciones reales en el valle de Petorca					
Tipo	Nº expedientes	Caudales (l/s)		Volumen anual dispo. Dº agua (Hm³)	Volumen anual utilizado de agua (Hm³)
Aprobado	1.104	7.383		185	23
Denegados	531	7.110		224	22
Pendiente	810	2.014		64	6
No regulares	1.123	2.664		84	8
<b>Totales</b>	<b>3.568</b>	<b>19.171</b>		<b>557</b>	<b>60</b>

Descripción	Pozos		Norias		Drenes		Punteras		Otros		Total
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº
<b>Nº Total de Captaciones</b>	<b>149</b>	<b>16%</b>	<b>568</b>	<b>62%</b>	<b>15</b>	<b>2%</b>	<b>151</b>	<b>17%</b>	<b>28</b>	<b>3%</b>	<b>911</b>

Resumen catastro de captaciones Río Petorca.

Total predios por estrato de superficie en el valle de La Ligua														
Sector	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Total
0 - 10 há		32	126	50		138	35	64		235	21	216		917
1,01 - 5,0 há		1	17	1		33	12	4		128	32	134		362
5,01 - 20,0 há		36	91	39	7	57	39	39	5	94	11	89		507
20,01 - 50 há		3	9	6		4		1	4	10	2	8	6	53
50,01 - 200,0 há		1	4	3			6				1	3	7	25
> 200 há	3	2			2		1					1		9
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>75</b>	<b>247</b>	<b>99</b>	<b>9</b>	<b>232</b>	<b>93</b>	<b>108</b>	<b>9</b>	<b>467</b>	<b>67</b>	<b>451</b>	<b>13</b>	<b>1873</b>

Derechos de agua y extracciones reales en el valle de La Ligua					
Tipo	Nº expedientes	Caudales (l/s)		Volumen anual dispo. Dº agua (Hm³)	Volumen anual utilizado de agua (Hm³)
Aprobado	862	9.463		257	29
Denegados	464	6.383		201	20
Pendiente	560	2.046		50	6
No regulares	897	4.090		129	13
<b>Totales</b>	<b>2.783</b>	<b>21.983</b>		<b>638</b>	<b>68</b>

Descripción	Pozos		Norias		Drenes		Punteras		Otros		Total	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
<b>Nº Total de Captaciones</b>	<b>115</b>	<b>10%</b>	<b>854</b>	<b>75%</b>	<b>53</b>	<b>5%</b>	<b>35</b>	<b>3%</b>	<b>75</b>	<b>7%</b>	<b>1128</b>	<b>100</b>

Resumen catastro de captaciones Río La Ligua.

Fuente: Elaboración del autor, con registros de la DGA y catastro CNR 2011; Estudio de factibilidad de obras de regulación para lo valles de La Ligua y Petorca (AC Ingenieros Consultores Ltda. 2008 - DOH).

- Agregan que la legislación vigente favorece a los “grandes” usuarios, toda vez que la toma de decisiones en una comunidad de aguas se materializa mediante el conteo de votos, los que son equivalentes al número de acciones que cada usuario posee.
- Se implementa una actitud deferente con todos los actores sociales relevantes, incluidos aquellos que no cuentan con derechos de agua, de manera de informarlos e instarlos directamente a participar en el proceso de constitución de las CAS.

### Realidad estadística

A partir de los estudios que dieron origen a las grandes obras que actualmente el Estado desarrolla –y que están contemplados dentro de los planes de inversión–, los diversos análisis de prefactibilidad, factibilidad y proyectos de diseño de ingeniería realizados por diferentes consultoras muestran que las cifras son coincidentes en la pluviometría, fluviometría y capacidad de regulación, valores y estadísticas que surgen a partir de criterios objetivos, como lo son los estudios hidráulicos e hidrogeológicos.

Los antecedentes objetivos de la estructura del uso del agua y la realidad histórica comparada entre distintas variables hídricas y características territoriales en La Ligua y Petorca pueden inferirse a partir de la información expresada en la *Figura 8 (a) y (b)*. Para el caso de La Ligua se puede apreciar que la distribución territorial del valle indica que propietarios de 0 a 1 hectáreas son el 50% de los titulares; los propietarios entre 1 y 5 hectáreas alcanzan un 20%; o sea, los menores de 5 hectáreas son el 70%; y los propietarios entre 5 y 20 hectáreas

llegan al 27%. Lo anterior, da cuenta de que el 95% de los titulares de terreno agrícola en La Ligua cuentan con menos de 20 hectáreas y sólo el 5% con más de 20 hectáreas.

Esta realidad es similar a la de Petorca, donde los propietarios de 0 a 1 hectárea alcanzan un 58,7%; los de 1 a 5 hectáreas bordean el 24%; llegando a un 85% de propietarios con menos de 5 hectáreas. Para el caso de 5 a 20 hectáreas, en tanto, existe un 11%. Considerando estas cifras, ambos datos son coincidentes con los de La Ligua, con un 94% para propietarios menores de 20 hectáreas.



HIDROMAS se ha posicionado como una empresa especialista que entrega soluciones en temas de recursos hídricos y medio ambiente a través de asesorías técnicas-estratégicas, aportando con una visión integral y resguardando la sustentabilidad ambiental con un equipo profesional altamente competente.

- Consultoría técnica y apoyo estratégica en recursos hídricos y medio ambiente.
- Acompañamiento en procesos regulatorios frente a la autoridad ambiental y sectorial.
- Modelación hidrológica e hidrogeológica.
- Desarrollo de QA/QC de datos de calidad de aguas.
- Orientación y desarrollo de Permisos Sectoriales y Ambientales.
- Desarrollo de componente Recursos Hídricos en EIA.
- Capacitación y docencia.



Asociada a esta realidad de características del territorio y de la propiedad, también está presente el consumo del agua: quien cuenta con 0 a 1 hectárea presenta un consumo menor de 1 l/s; los propietarios con menos de 5 hectáreas muestran consumos inferiores a los 5 l/s; mientras que los usuarios con menos de 20 hectáreas bordean los 20 l/s. En resumen, la mayoría de los consumos agrícolas de ambos valles están constituidos por caudales pequeños que riegan propiedades menores y que representan una agricultura de subsistencia.

### **Demanda, derechos otorgados y tipos de captaciones**

Según cifras de la DGA, al año 2010, en La Ligua existen 862 expedientes aprobados para un caudal total de aproximadamente 9.463 l/s, que –de acuerdo a los títulos– representan un volumen anual del orden de los 257 millones de m<sup>3</sup>, que corresponden al volumen total de los derechos otorgados, conforme a los criterios de sustentabilidad de la DGA.

Y si a los 862 derechos aprobados se le agregan los denegados, pendientes y no regulares, existen alrededor de 2.780 titulares o extracciones de aguas potenciales en La Ligua, por lo que en vez de los 9.463 l/s, se contabilizan alrededor de 21.983 l/s. Esto quiere decir que se duplican, representando un volumen total anual máximo de consumo de 638 millones de m<sup>3</sup> contra los 257 Hm<sup>3</sup>.

Al realizar un análisis crítico de los antecedentes objetivos de las captaciones de los expedientes aprobados de

la DGA, del total actualizado, alrededor de 911 títulos otorgados –entre pozos, norias, drenes, punteras y otras forma de captación– en La Ligua solo el 16% de estos son pozos profundos, 62% corresponde a norias, 2% a drenes y 17% a punteras (ver *Figura 8*).

La realidad de Petorca, en tanto, da cuenta de que existen alrededor de 1.100 títulos aprobados, con 7.383 l/s, con un volumen anual de 185 millones de m<sup>3</sup>. No obstante, sumando los denegados, pendientes y no regulados de la ficha del catastro, el total de captaciones alcanza las 3.568 captaciones para un caudal total máximo de 19.200 l/s, que triplica los 7.400 de los títulos, para un volumen total máximo anual de 557 millones de m<sup>3</sup> contra los 185 otorgados en títulos regulares.

En materia del tipo de captaciones, este escenario de Petorca es similar al que se observa en La Ligua, que es inclusive más crítico. Del total de 1.128 expedientes con títulos otorgados, apenas el 10% corresponde a pozos profundos, 75% a norias, un 5% a drenes, 3% a punteras y 7% de otro tipo de captación (ver *Figura 8*).

Entendiendo que las norias, drenes y punteras son captaciones someras de poca profundidad y que producto de la sequía disminuye la recarga por pluviometría y consecuentemente genera el descenso de los niveles de agua en el acuífero, muchas de las captaciones someras quedan sin agua, ya que el agua que ingresa al acuífero por percolación es menor que la que se extrae. Este efecto se constituye como uno de los problemas princi-

pales presentes en ambos valles, es decir, la mayoría de las captaciones de aguas subterráneas existentes de los pequeños propietarios quedan “colgadas” o sin agua.

### **Impacto de las distintas variables en el acuífero**

Al observar el impacto de las distintas variables de lo que significa el total de las captaciones de aguas subterráneas de La Ligua y Petorca –así como los antecedentes objetivos de la evolución del agua en ambos valles– y entendiendo que un derecho de agua de 1 l/s representa un volumen anual de 31.536 m<sup>3</sup> da origen a un volumen disponible de ese 1 l/s del propio derecho de agua por todos los segundos de un año, caudal instantáneo que permite regar 1 hectárea anualmente, superficie plantada que consume alrededor de 8.000 a 10.000 m<sup>3</sup> para las distintas plantaciones promedio (paltas y vides, entre otras).

Es decir, el consumo real agrícola de una hectárea en un año es de 8.000 m<sup>3</sup> frente a 31.000 m<sup>3</sup> (que corresponde al derecho en su concepto de seguridad jurídica del mismo) y por tanto, el uso efectivo del agua de riego en volumen del derecho es apenas del 25% al 30%. Esto explica que en años normales la máxima superficie agrícola plantada que existía en cada uno de los valles el año 2010, cuando se diseñaron los embalses –contabilizándose 8.488 há en La Ligua y 8.432 há en Petorca– y existiendo un similar número de usuarios totales, no tuviese problemas de falta de agua.

En efecto, si a esa superficie de 8.432 há en Petorca –que suma aproximadamente 17.000 a 18.000 hectáreas en ambos valles– se le asigna una tasa de riego de 10.000 m<sup>3</sup> por hectárea anualmente (mayor a los 8.000 promedio que utilizan los agricultores en la zona), significa que la demanda máxima anual de agua que requiere Petorca es de 84 millones de m<sup>3</sup>, contra los 185 millones de m<sup>3</sup> del volumen con respaldo de la disponibilidad otorgado en derechos por la DGA. Por lo tanto, el máximo consumo de todos los usuarios del valle de Petorca –considerando las 8.500 hectáreas que estaban siendo regadas por regulares y no regulares– es menor a la mitad del volumen total otorgado en derecho. Y entendiendo que dicho volumen total otorgado en derecho por la DGA es un concepto del agua sostenible y sustentable, disponible en el acuífero para una recarga media, significa que de parte de los no regulares no existe una afectación real al acuífero.

Una situación similar ocurre en La Ligua. Si a las 8.488 hectáreas se les asigna una tasa de riego anual de 10.000 m<sup>3</sup>/há, esto implica una demanda máxima de 85 millones contra los 257 millones de m<sup>3</sup> otorgados en derecho, lo que significa casi un tercio del total. Por tanto, la suma total de la demanda de ambos valles respecto de la suma total de los volúmenes disponibles en derecho está cubierta de manera adecuada, lo que explica que cuando no existía sequía –en años

normales– existían las mismas captaciones y todos los usuarios regaban las 18.000 hectáreas, no existiendo problemas de agua, los que comenzaron a manifestarse ante la sequía extrema y prolongada, como consecuencia de la disminución de la recarga y descenso de los niveles del acuífero.

Al analizar las características de la cuenca y aplicando los criterios de recarga o de estimación de la recarga con el método racional –similar al que utiliza la DGA y la ingeniería hidráulica–, para el caso de Petorca (con una superficie de 1.988 kms<sup>2</sup> y precipitación media de 230 mm) el volumen de recarga es de alrededor de 49 millones de m<sup>3</sup>/anuales, que representa un 10% del volumen del acuífero, estimado a partir del análisis

de balance realizado con la DGA en 2005 en alrededor de 419 millones de m<sup>3</sup> como volumen útil del acuífero aprovechable real.

Y en La Ligua, en tanto, ocurre algo similar, pues para 1.980 km<sup>2</sup>, una precipitación media de 230 mm y un coeficiente de infiltración de 13%, el volumen de recarga es de alrededor de los 60 millones de m<sup>3</sup>, que constituyen cerca del 10% de los 620 millones de m<sup>3</sup> del volumen del acuífero.

### Extracciones por valle

El gráfico de la *Figura 9* sobre la acumulación de la demanda ejercida por las extracciones de aguas subterráneas de los títulos regulares y de los no regulares, da cuenta de un crecimiento fuerte de la explotación de aguas subterráneas entre 1990 y

2005, período en los que se decretan cierres de los acuíferos por áreas de restricción y con ello se detiene el aumento de la demanda.

No obstante, de acuerdo a las fichas de catastro de 2009–2010, al observar la proporción de lo que efectivamente se utilizaba en riego, comparado con el derecho en términos de volumen anual, se verifica que del total de extracción, el uso efectivo del agua en riego era del orden del 20% (inferior al total de los derechos otorgados).

### Contexto hidráulico histórico en La Ligua

Para el caso de La Ligua –donde el espesor del acuífero tiene en promedio del orden de 80 metros y varía por zonas entre 50 a 250 metros–, apoyándose en el sistema de medición histó-

rico de control de niveles de captaciones desarrollado por la DGA, al observar la zona de Cabecera o de Desembocadura del río La Ligua –con 6 pozos distribuidos desde la Cabecera hasta la zona media y 9 pozos hacia la Desembocadura– comparado con la pluviometría, el aumento de extracciones (de regulares y no regulares) y caudales medidos de la estación fluviométrica, la variación de los niveles de agua en los pozos (entre 1950 y 2017) da cuenta de una pluviometría variable (con periodos muy lluviosos y otros secos), que en la década de 1960 registra años secos (con niveles en descenso de 12 metros aproximadamente) y entre 1984 y 1986 una gran pluviometría, con cifras de más de 350 milímetros

## Asesoría Estratégica para la Viabilidad Ambiental de Proyectos

### Recursos Hídricos de SGA

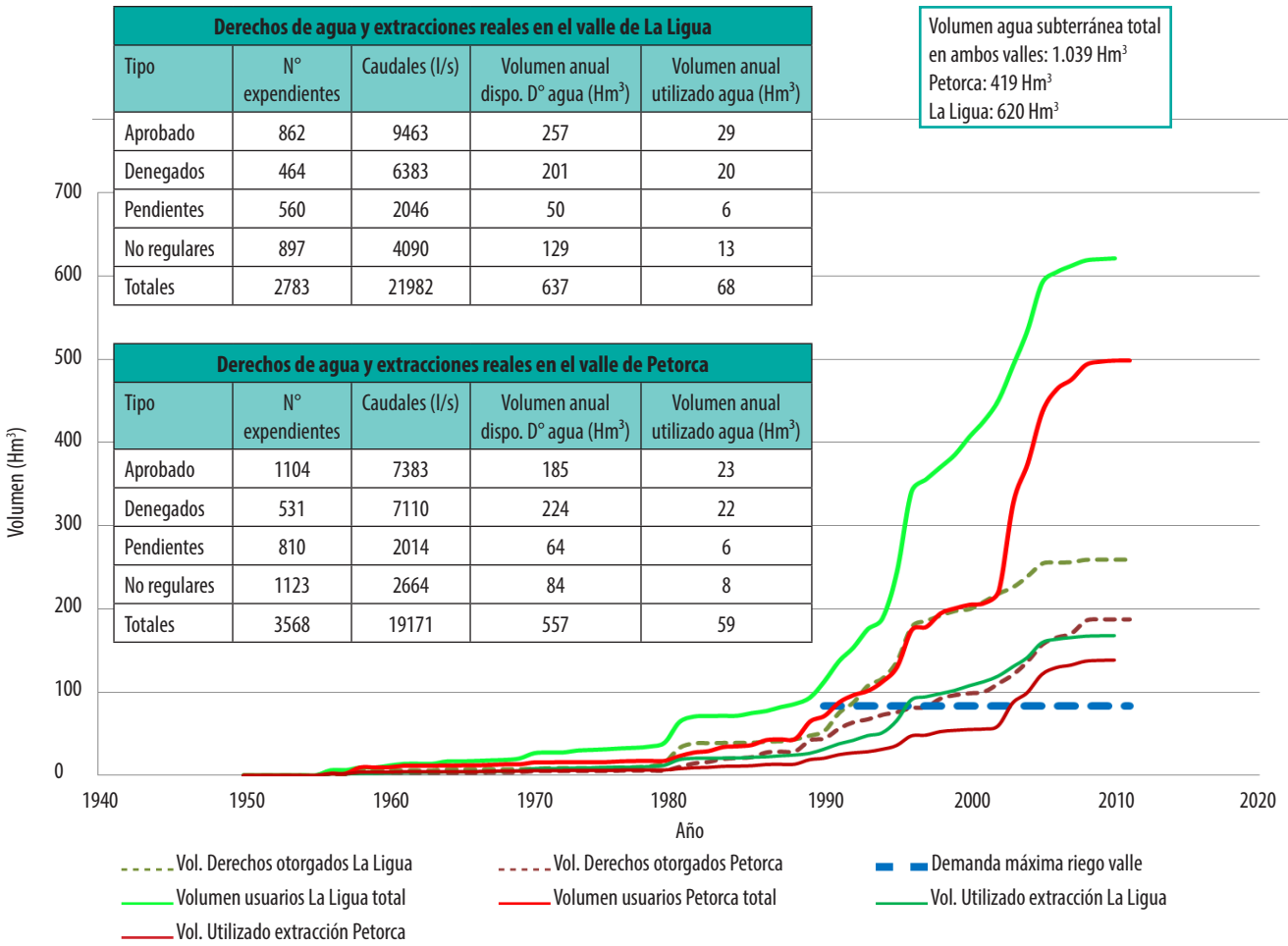
Aportando al desarrollo y sustentabilidad del país

Somos 30 profesionales de distintas disciplinas trabajando juntos para tus mejores soluciones:

- Geólogos
- Ingenieros Geólogos
- Hidrogeólogos
- Ingenieros Hidráulicos
- Geógrafos
- Ingenieros Ambientales
- Ingenieros Industriales
- Ingenieros Químicos

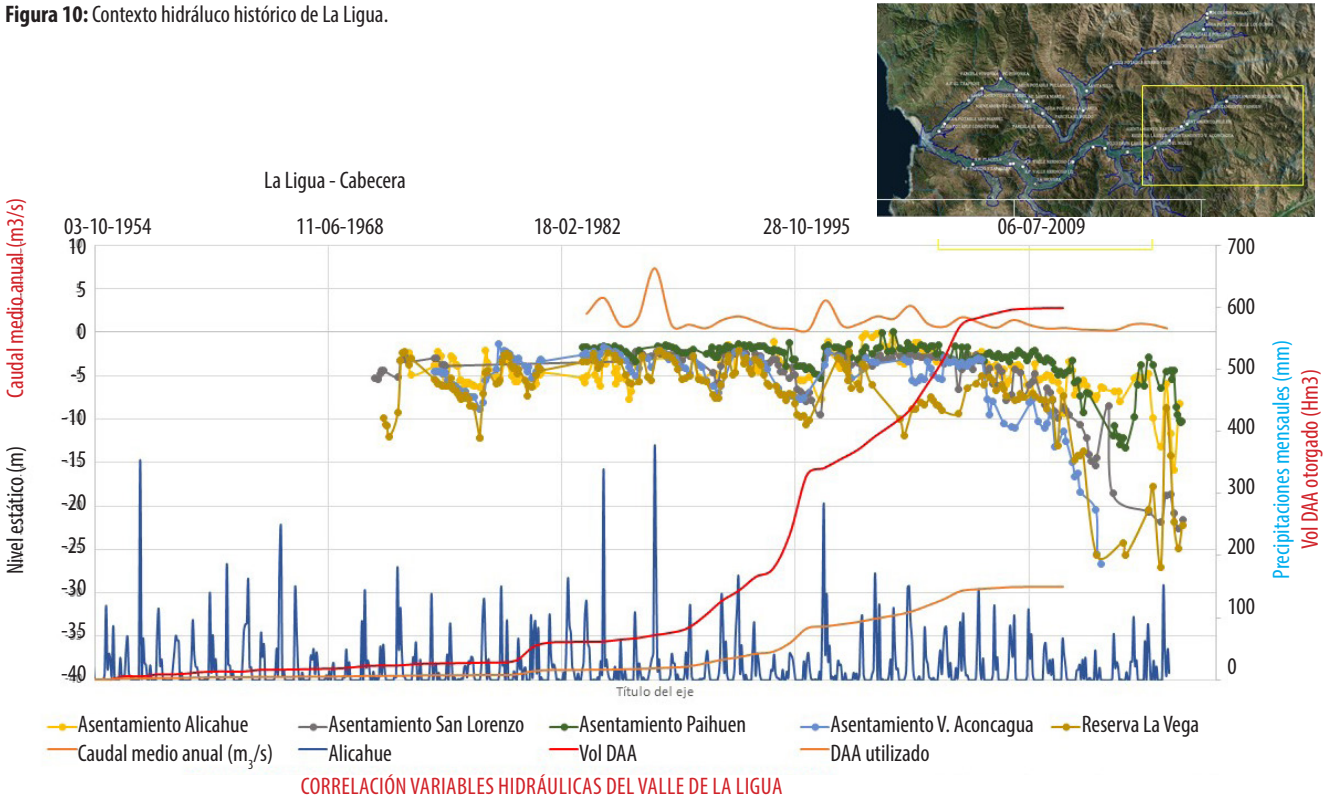


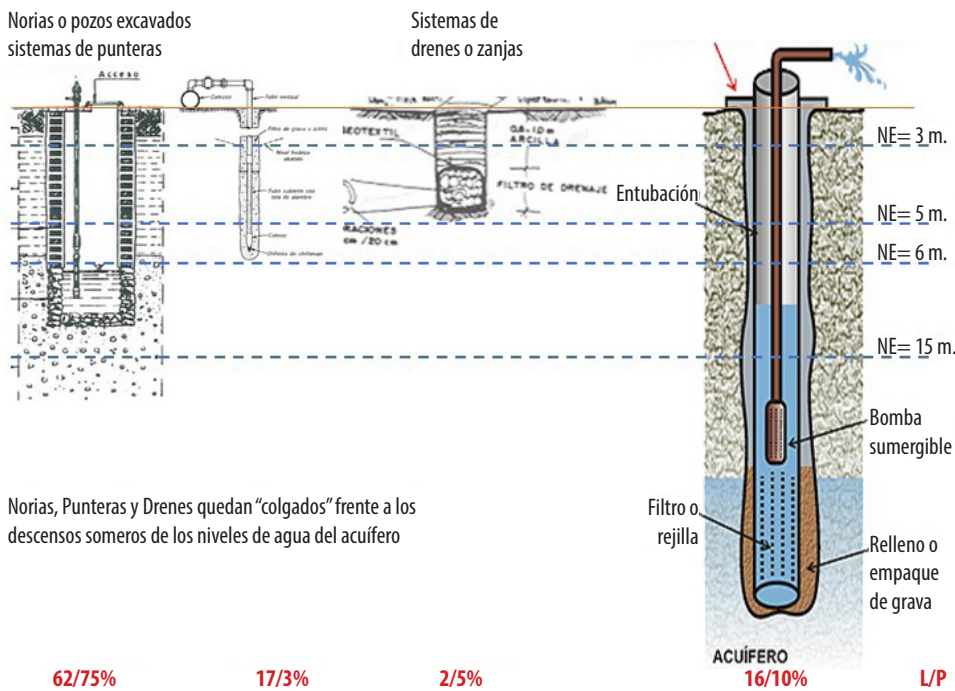
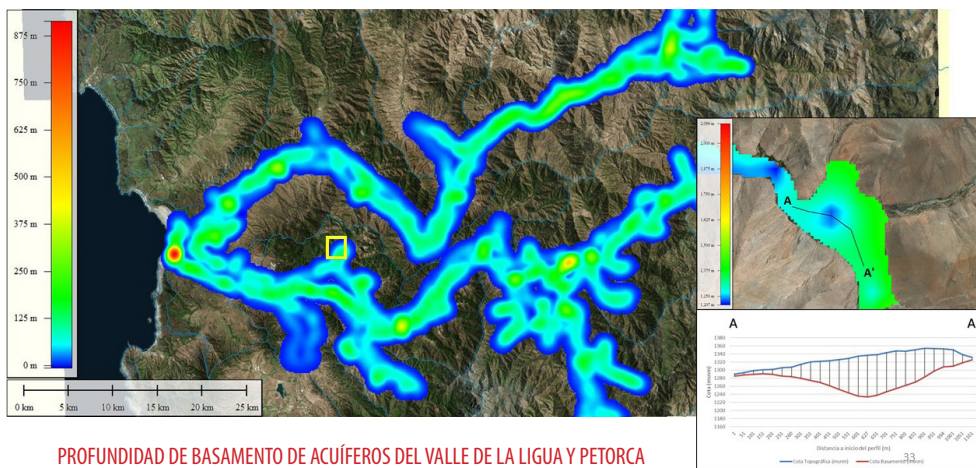
**Figura 9:** Volumen útil acuífero, recarga, demanda máxima versus volumen de derechos aguas subterráneas.



Fuente: Elaboración del autor, a partir de CNR – Informe 3 avance estudio modelación hidrogeológica en valles de La Ligua y Petorca.

**Figura 10:** Contexto hidrálco histórico de La Ligua.



**Figura 11:** Seguridad de producción según tipo de captación. Fuente: Elaboración del autor.**Figura 12:** Geofísica de gravimetría y profundidades de los valles de La Ligua y Petorca.

Fuente: Elaboración del autor, basado en modelos GFC Ingenieros, 2011.

en el año, que implicó que el río ascendiera y que se reestablecieran los niveles de los pozos (ver Figura 10). Esto, en una época en la cual existían muy pocos pozos y había una baja demanda de aguas subterráneas.

No obstante, en un siguiente período de sequía –entre la década de 1980 y 1990– el río decrece y se seca entre 1994 y 1995, cuando

existían la mitad o menos de las extracciones de aguas subterráneas. Esto da cuenta de que el río depende de las lluvias para escurrir naturalmente y que en las épocas de verano solo escurre cuando los niveles de aguas subterráneas están lo suficientemente altos y el acuífero aporta como recarga al río, lo que sucede en épocas de años lluviosos, mientras que

en períodos secos los niveles de agua subterráneas disminuyen y el río lleva mucho menos agua o se seca.

Desde 2006 se viene presentando una sequía prolongada y el río comienza a secarse, sin embargo, en 2015 llueve y el río vuelve a escurrir. Para el caso de los niveles de las aguas subterráneas, estas comenzaron a reducirse hasta 2010 –cuando se presen-

tan las condiciones más desfavorables con descensos del nivel del acuífero en los pozos de hasta 25 y 26 metros–, pero en 2015, cuando llueve, los pozos vuelven a elevarse y el río escurre nuevamente.

## Contexto hidráulico histórico en Petorca

Al observar Petorca–Cabeceira, con sus siete pozos en la zona de Cabeceira y doce pozos desde la zona media a la Desembocadura, ocurre exactamente el mismo fenómeno que en La Ligua: en años lluviosos el río escurre y los niveles se mantienen altos, mientras que en años secos el río deja de escurrir, disminuye sus caudales y los niveles descienden. Para el caso específico de Cabeceira–Petorca no existe ningún pozo medido por la DGA en el que el nivel del acuífero haya disminuido por debajo de los 16 metros.

Para Desembocadura, en tanto, con sus doce pozos, prácticamente ninguno de ellos descendió bajo los 12 metros, presentando niveles estables de las aguas subterráneas, con el río escurriendo solo en períodos de fuertes lluvias y desapareciendo en épocas de sequía (para un acuífero de espesor promedio también del orden de 70 metros).

Lo anterior demuestra que objetiva e históricamente, desde la década de 1950 hasta la actualidad, el aumento de la extracción por las captaciones de aguas subterráneas no son el factor de falla del escurrimiento del cauce, el que depende principalmente de lo lluvioso del año para su disponibilidad de agua en superficie.



## Seguridad de producción según tipo de captación

La realidad del problema es que la seguridad de disponibilidad de aguas subterráneas y la capacidad de producción tiene su origen principal según el tipo de captación que dispone el usuario, no dependiendo de la existencia del agua subterránea en el acuífero.

En La Ligua y Petorca, como consecuencia de la gran cantidad de pequeños propietarios agrícolas con superficies de riego menores de 5 hectáreas, la mayoría de las captaciones de aguas subterráneas que se disponen son norias, punteras o drenes.

Las norias son captaciones con máximos 12 a 15 metros, las punteras alcanzan profundidades de 6 a 10 metros, los drenes no superan los 5 a 6 metros y los pozos bordean los 100 a 150 metros.

En ambos valles, en general, los pozos alcanzan entre 50 a 100 metros. Por lo tanto, existiendo niveles estáticos de 3 metros, todos estos cuentan con agua, sin embargo, si desciende a los 5 metros, las punteras quedan débiles o "colgadas". Y si el nivel baja a 6 metros, las punteras y los drenes quedan fuera, algunas norias siguen trabajando y solo los pozos quedan funcionando. Finalmente, si los niveles descienden bajo los 15 metros, entonces los drenes, punteras y norias quedan "colgadas" y únicamente los pozos continúan en funcionamiento. En La Ligua y Petorca las norias son entre el 62% y 75%, las punteras entre 17% y 3%, los drenes entre 2% y 5% y los pozos

Figura 13: Estimación de la variación histórica del volumen del acuífero.

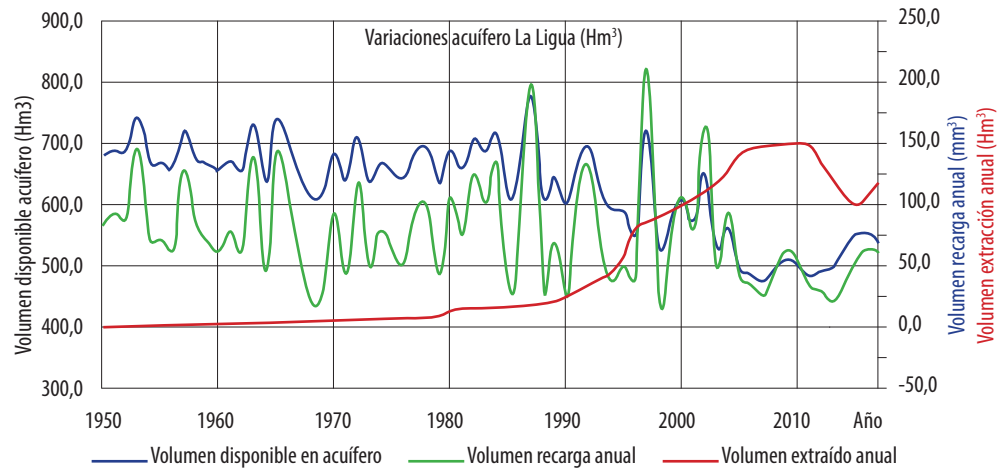
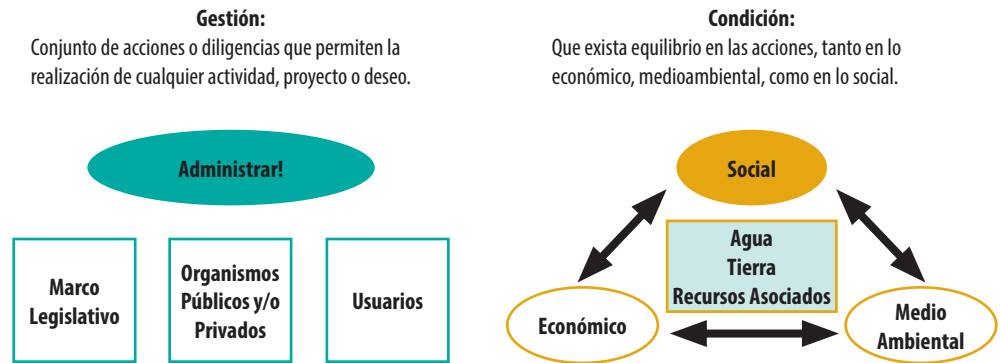


Figura 14: Gestión de recursos hídricos.



representan apenas un 16% o 10% (ver Figura 11).

Por lo anterior, para aprovechar los recursos del acuífero de manera más adecuada y resolver el problema de falta de agua de la mayoría de los usuarios, las captaciones someras de poca profundidad se deben transformar en pozos profundos, lo que no es alcanzable para los pequeños propietarios –entre un 70% y 80% de los propietarios cuenta con menos de cinco hectáreas–, puesto que representa una inversión como mínimo de alrededor de CLP \$60.000.000.

Y como apenas existe la posibilidad de invertir y de mejorar las condiciones de captación para quienes su-

peran las 5 a 10 hectáreas, el camino de solución es ubicar zonas hidrogeológicamente de mejores características, que permitan realizar captaciones que produzcan más agua, optimizando la inversión y atendiendo a una cantidad importante de pequeños agricultores, que se constituyan como pozos comunitarios para repartir el agua.

Si se observa una sección de un valle con un acuífero saturado en época lluviosa –que dispone de pozos en el sector del eje del valle versus pozos en las zonas laterales– en situaciones de disminución de la recarga y descenso en los niveles del acuífero, entonces existen pozos en

zonas profundas (en el centro) que siguen conectados con el acuífero y produciendo agua, frente a pozos laterales (ubicados cerca de los cerros) y con menos profundidad, que se quedan sin agua física, pese a contar con derechos constituidos, situación que se denomina "probabilidad de falla". Bajo este escenario se debiera privilegiar la ubicación de los pozos comunitarios en las zonas que presentan mejores condiciones para las captaciones de agua.

La Figura 12, que presenta el resultado de la geofísica por gravimetría y profundidades de los valles de La Ligua y Petorca, obtenida de una campaña preliminar que puede ser perfectible, mues-

tra que tanto en La Ligua como en Petorca –tanto en las zonas de Cabecera como en Desembocadura y en la zona media–, existen lugares con profundidades capaces de acumular el agua subterránea y mantenerla ahí, como sectores que constituyen embalses naturales de aguas subterráneas, generando una retención en un umbral que impide que el agua circule en el acuífero desde una profundidad hacia abajo.

Si en estos sectores se ubicaran tanto pozos colectivos administrados por las comunidades de aguas, como pozos comunitarios para comunidades de usuarios que pudieran atender colectivamente sus predios, se podrían redistribuir los derechos o redistribuir el agua y atender satisfactoriamente a la mayoría de los usuarios, inclusive en los períodos de sequía.

## Formación de los acuíferos

La Ligua y Petorca son valles con una formación asociada a un aluvial originario de baja permeabilidad, cuyo acuífero principal corresponde a un fluvial del cuaternario, asociado al curso de los ríos y a una época geológicamente más reciente. Presenta anchos variables en el rango de los 200 a 300 metros y profundidades también variables de 50 a 100 metros, definiendo en Petorca un volumen útil mínimo de 400 millones de m<sup>3</sup> y 600 millones de m<sup>3</sup> en La Ligua.

Asociando esta realidad a la posibilidad de manejar estos volúmenes y embalses naturales de aguas subterráneas, el valle de Petorca suma en

tre 370 y 400 millones de m<sup>3</sup> en este paleocauce del cuaternario, con un volumen adicional del terciario del orden de 100 millones de m<sup>3</sup> aproximadamente; y en La Ligua, en tanto, tiene alrededor de 590 a 600 millones de m<sup>3</sup> del cuaternario, más 400 millones de m<sup>3</sup> aproximados restantes del terciario.

En la *Figura 13*, a partir del volumen originario (de 400 m<sup>3</sup> en Petorca y 600 millones de m<sup>3</sup> en La Ligua) se visualiza la demanda asignada como un consumo anual estadístico en base a la superficie agrícola regada (línea roja) desde 1950 hasta 2018 y se compara con la recarga evaluada como el 10% o 13% de la pluviometría según el valle (línea verde). Como diferencia se observa históricamente cómo varía el volumen de agua disponible en el acuífero (línea azul), que efectivamente disminuye en los últimos años de sequía extendida, período de 10 años en el que las superficies plantadas también se reducen, pero que demuestra que el volumen del acuífero todavía dispone del orden del 80% al 90% del volumen total saturado.

Realizando un balance histórico equivalente en el valle de Petorca, el volumen disponible en el acuífero es de aproximadamente 330 millones de m<sup>3</sup>, es decir, del cuaternario existe alrededor de un 80% del volumen. Entonces, no es una realidad que en La Ligua y Petorca no se cuente con agua, lo que ocurre es que el diagnóstico no se ha enfocado en forma correcta ni se ha trabajado en la solución real del problema, mejorando las captaciones para que el agua esté disponible para todos y no solo para quienes tienen la posibilidad de invertir en grandes obras de pozos profundos y en ubicaciones de sectores hidrogeológicos correctos.

Mejorando las captaciones, tanto en La Ligua como en Petorca se pueden resolver adecuadamente los problemas de abastecimiento de agua, incluso en épocas de sequía extrema.

## Soluciones de gestión con las CAS

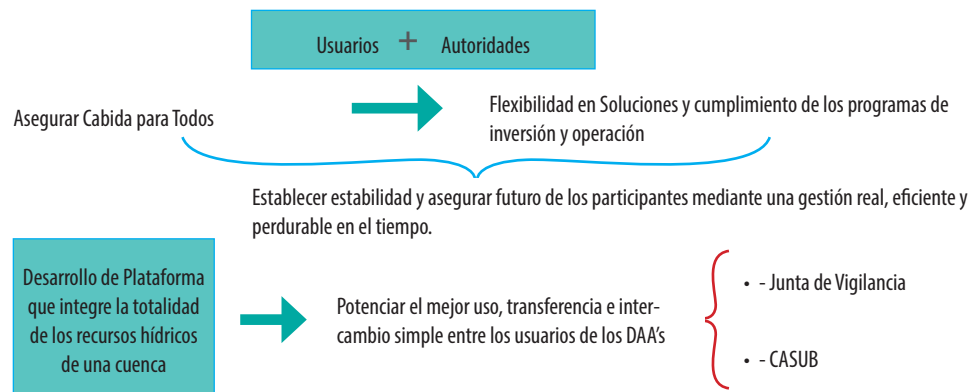
Las soluciones de mejoramiento de las captaciones de agua y su mejor ubicación requieren de la gestión del

agua con las Comunidades de Agua Subterráneas y organizaciones de usuarios vigentes, las que deben apuntar al fortalecimiento de las CAS y a la administración de los recursos a través de la integración de todos los usuarios con la medición y control, tomando decisiones en base a datos reales de cada sector y analizando las situaciones mediante modelos predictivos de conocimiento del funcionamiento de los recursos hídricos, así como potenciando la transferencia e intercambio entre los usuarios de los derechos de aguas para su mejor aprovechamiento.

Lo anterior se logra poniendo en práctica lo que las Comunidades de Agua Subterráneas (CAS) ya están desarrollando mediante la instalación de sistemas de medición con control por telemetría, cuyo objetivo es conocer la realidad y controlar a distancia, para lo cual, las CAS son fundamentales en la gestión organizada de los usuarios, en conjunto con la autoridad, llevando adelante una gestión integrada de los recursos hídricos, progresivamente y en el tiempo, para lo

**Figura 15:** Gestión Integrada de los Recursos Hídricos.

Levantar una visión de mediano y largo plazo asociada a la GIRH en cada cuenca



Fuente: Elaboración del autor, Everis + Hidrogestión. Propuesta GIRH por Cuencas a JV varias regiones - 2017.



cual debe existir un manejo conjunto de las aguas superficiales, subterráneas, reutilizadas, desalinizadas y de todos los recursos que existen en una cuenca.

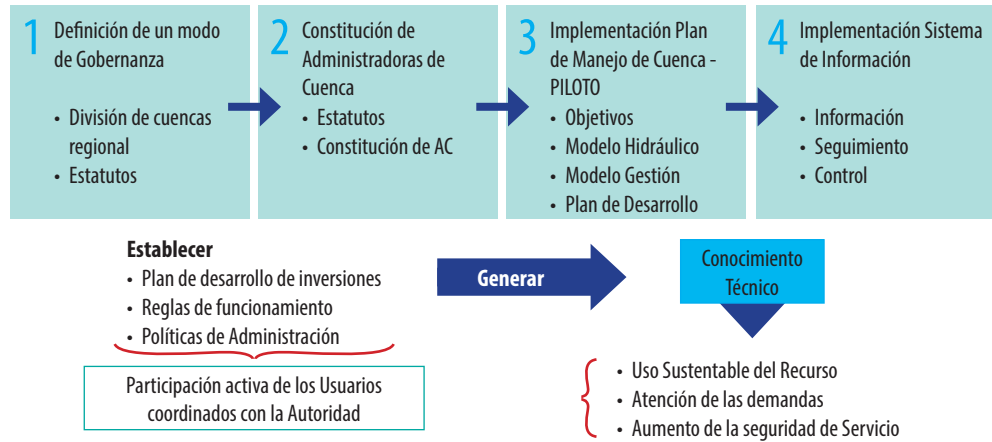
La gestión debe ocurrir con la participación de todos los usuarios (privados y del Estado), existiendo un equilibrio entre los usos del agua y las demandas ambientales. Y para ello, la administración será efectiva en la medida de que se cumpla con el marco legislativo y que tanto los organismos públicos como los privados formen parte de un administración coordinada que esté liderada por los usuarios. Este proceso debe realizarse entendiendo la interacción entre el agua, la tierra y los recursos asociados (ver *Figura 14*), existiendo equilibrio en las acciones, tanto en lo económico como en lo medioambiental y social.

Pero para que las CAS sean realmente efectivas frente a la gran cantidad de extracciones no regulares de ambas cuencas y puedan operar efectivamente, es decir, para que puedan desarrollar una acción real en el corto, mediano y largo plazo, se les debe empoderar llevando adelante las siguientes acciones:

- i. Implementar para todos los usuarios incorporados a la CAS las instalaciones de medición de extracciones y control de los niveles del acuífero con monitoreo por telemetría.
- ii. Incorporar a la CAS a los usuarios no regulares mediante el otorgamiento posterior de derechos de aprovechamiento provisionales condicionados por la DGA, o transferen-

**Figura 16:** Propuesta para la zona de La Ligua y Petorca de implementación de un itinerario para la infraestructura física, tecnológica y de gestión.

Implementar un ITINERARIO para la infraestructura física, tecnológica y de gestión necesaria



Fuente: Elaboración del autor, Everis, Hidrogestión. Propuesta GIRH por Cuencas a JV varias regiones - 2017.

**Figura 17:** Proyecto pozo comunitario.



Fuente: Elaboración del autor, Everis, Hidrogestión. Propuesta GIRH por Cuencas a JV varias regiones - 2017.

cia de volúmenes no utilizados entre los usuarios, sujetos a reducción de caudal en volumen, incorporando para todos ellos los sistemas de medición y monitoreo que permitan aplicar modificaciones objetivas en el uso del acuífero. Para este efecto, dada la condición de mayoría de pequeños propietarios de agricultura de subsistencia, es indispensable que sean sujetos de apoyo fiscal, es decir, que cuenten con la condición legal de regulares.

- iii. Generar modificaciones a los derechos de aprovechamiento de aguas sub-

terráneas provisionales en el uso y caudales de extracción, conforme al comportamiento efectivo de los acuíferos en cada una de las zonas o sectores de cada valle por la CAS y con apoyo de la DGA.

- iv. Posterior, se deben aplicar las medidas de fiscalización y multas a aquellos que estén fuera del sistema regular y/o que no cumplan con las disposiciones que establezcan la CAS y la DGA.

### Gestión integrada de recursos hídricos

Es necesario levantar una visión de mediano y largo

plazo asociada a la gestión integrada de los recursos hídricos de cada cuenca, que sea administrada por los usuarios en conjunto con las autoridades y que busque flexibilidad en las soluciones y cumplimiento de los programas de inversión y operación (ver *Figura 15*).

Para establecer estabilidad y asegurar el futuro de los participantes mediante una gestión real, eficiente y perdurable en el tiempo, se debe desarrollar una plataforma que integre la totalidad de los recursos hídricos de una cuenca, potenciando el mejor uso, transferencia e intercambio simple entre los usuarios de los derechos de agua, lo cual puede ser desarrollado por las Juntas de Vigilancia o por las comunidades de agua.

### Modelos hidrológicos para planificación

Es fundamental, además, contar con modelos y herramientas de predicción y de operación, que permitan analizar y anticiparse a situaciones que pueden ser de conflicto, de manera de que

estén analizada las formas más convenientes para resolver cada una de las instancias. Dichos modelos deben ser alimentados periódicamente con el máximo de información, para lo cual la medición y la telemetría es fundamental.

### Propuesta de gobernanza

En lo que respecta a la administración del recurso, deben ser los usuarios a través de las comunidades quienes manejen los recursos hídricos a nivel de cuenca, esto puede

ser a través de la Junta de Vigilancia con las Comunidades de Agua Subterráneas y las Asociaciones de Canalistas como usuarios en su interior, que se pueden constituir como una "Administradora de Cuenca", lo que hoy puede ocurrir desde una "Coordinadora de las Comunidades de Aguas Subterráneas".

Esta gestión por los usuarios debe realizarse entendiendo que también deben hacerse cargo de la calidad del agua y del medio ambiente, además de respetar los usos del agua en términos

del consumo humano, riego, industria, turismo y forestal, deben generar espacios de coordinación con un Consejo de Cuencas (como un organismo consultivo, compuesto por el gobierno, la sociedad civil, las empresas, los titulares y la academia), definiendo objetivos y fijando los límites y posibilidades a la administración de los recursos. Asimismo, debe considerar los posibles eventos extremos y el cambio climático, proponiendo estrategias sectoriales de prevención para abordar sequías, inundaciones y otros

fenómenos que puedan generar conflictos.

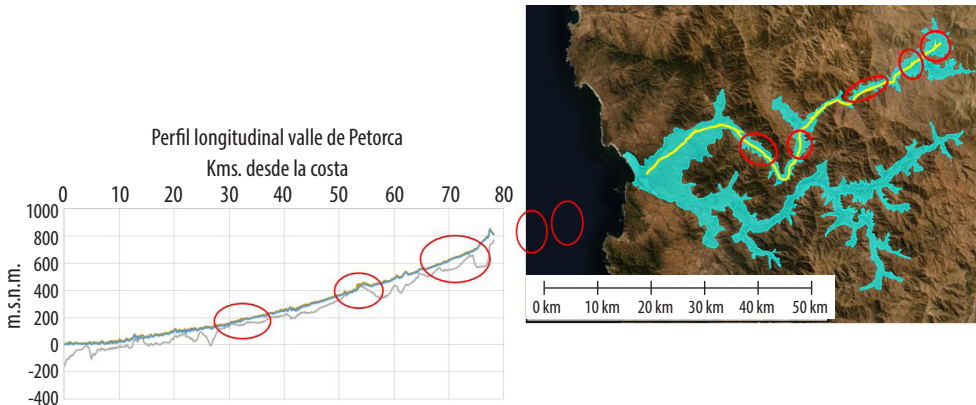
Para que exista una definición de una nueva gobernanza y la constitución de una Administradora de Cuenca, así como la implementación de un plan de manejo (con un plan piloto) y el desarrollo de modelos, herramientas y reglamentos de gestión, junto a un sistema de información, es fundamental que exista un plan de desarrollo de inversiones a mediano y a largo plazo, además de reglas de funcionamiento y políticas de administración. (ver Figura 16).

Todo lo anterior se genera sobre la base del conocimiento técnico, el cual debe sustentarse en el uso sustentable del recurso, lo que se logra solo con la participación activa de todos los usuarios coordinados con la autoridad, mediante un trabajo conjunto.

### Soluciones de abastecimiento

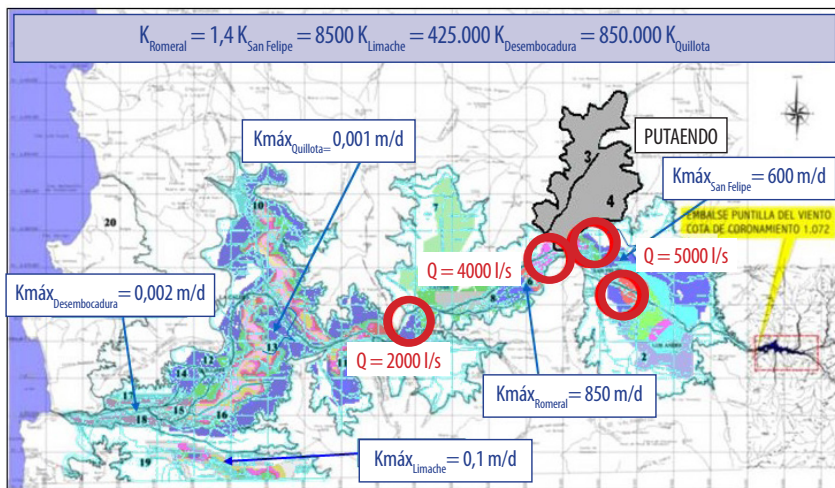
Se debe trabajar prioritariamente en lo más urgente, que refiere al mejoramiento de las captaciones de los

Figura 18: Disponibilidad de recursos subterráneos.



Fuente: Elaboración del autor, basado en modelo GCF Ingenieros 2011.

Figura 19: Variables principales en bombeo e infiltración.



Hidrogestión para DOH en Asesoría "Sistema Aconcagua Embalse Puntilla del Viento y Batería de Pozos de Aguas Subterráneas" – 2001.

Fuente: Elaboración del autor.

### CONSTANTES ELÁSTICAS DEL ACUÍFERO - ECUACIÓN SIMPLIFICADA DE JACOB

$$Q = \frac{4 \pi K H s}{\ln \left( \frac{2,25 T r}{r^2 S} \right)}$$

con  $s = ND - NE$   
 $y T = KH$

- Q caudal
- K permeabilidad
- T transmisividad
- S almacenamiento
- H espesor saturado
- s depresión
- r radio del pozo
- t tiempo de bombeo
- NE nivel estático
- ND nivel dinámico

Material	k en cm/seg	k en m/día (aproxim.) <sup>25</sup>
Grava limpia	> 1	> 1000
Arena gruesa limpia	1 a 10 <sup>-1</sup>	1000 a 10
Mezcla de arena	10 <sup>-2</sup> a 5 · 10 <sup>-3</sup>	10 a 5
Arena fina	5 · 10 <sup>-3</sup> a 10 <sup>-3</sup>	5 a 1
Arena limosa	2 · 10 <sup>-4</sup> a 10 <sup>-4</sup>	2 a 0,1
Limo	5 · 10 <sup>-4</sup> a 10 <sup>-5</sup>	0,5 a 0,001
Arcilla	< 10 <sup>-4</sup>	< 0,001



pequeños propietarios agrícolas, es decir, avanzar hacia los pozos comunitarios colectivos, posteriormente la construcción de baterías de pozos colectivos administrados por las CAS, la construcción de embalses superficiales de cabecera y laterales, la construcción de una conducción matriz de entrega en presión a lo largo del valle y que podría permitir la hidrogenación de pasada en la matriz de entrega de los embalses, disminuyendo los costos operacionales para el funcionamiento de los usuarios.

En la *Figura 17* se muestra un ejemplo de un proyecto de pozo comunitario, que puede ser acogido por la Ley de Riego y que implica una inversión de alrededor de 15.000 UF.

Con el mejoramiento de la fuente, la puesta en servicio del pozo (con una bomba, impulsor, tanque y hasta un regulador de agua superficial) se posibilita la distribución a través de canales o tuberías a los distintos usuarios.

Como se observa en la *Figura 18* sobre disponibilidad de recursos subterráneos, la profundidad de la roca va formando pequeños o grandes volúmenes y lagunas bajo la superficie del territorio y la topografía superficial, que incluso quedan prácticamente aisladas de las zonas aguas abajo, logrando con ello la posibilidad de generar zonas de captación que atiendan con mucha eficacia a los valles por sectores.

La importancia de los pozos colectivos y administrados por las Comunidades de Aguas Subterráneas radica en la posibilidad de distribuir

**Recuadro 1:** Resumen en cifras de los valles de La Ligua y Petorca.

	Petorca	La Ligua
Volumen Cuaternario (Hm <sup>3</sup> )	373	596
Volumen Almacenado Total (Hm <sup>3</sup> )	480	1020
NE Histórico Normal (m)	1 a 2	1 a 2
NE Histórico Mínimo (m)	17	27
Superficie Agrícola Máxima (ha)	8.432	8.488
Demanda Máx. (10,000 m <sup>3</sup> /ha/año) (Hm <sup>3</sup> )	84	85
Recarga Media (Hm <sup>3</sup> )	49	60
% Pozos Profundos del Total Captaciones	16%	10%

el agua entre todos sus usuarios. Si se analiza la expresión que administra, maneja, define e ilustra cómo funcionan los pozos de captación de aguas subterráneas en un acuífero, se demuestra que el caudal que se puede extraer en un pozo es directamente proporcional a varias variables, como el espesor saturado del pozo (variable lineal), la depresión que se puede lograr en una captación (variable lineal) y otras variables fijas. No obstante, la permeabilidad (K) es una variable que depende del tipo de suelo y varía en millones de veces: desde 0,001 en metros por día hasta más de 1000. Por lo tanto, la cantidad de agua dependerá de las condiciones más favorables del relleno o suelo donde se ubique la obra de captación (ver *Figura 19*).

### Resumen en cifras y caminos de solución

En el *Recuadro 1* pueden observarse las cifras de los valles de La Ligua y Petorca, cuyo volumen de aguas subterráneas almacenado total alcanza del orden de los 480 Hm<sup>3</sup> (Petorca) y los 1.020 Hm<sup>3</sup> (La Ligua), así como otros valores

analizados que caracterizan ambos valles.

Finalmente, entre los caminos de solución en obras se apunta a desarrollar paralelamente mecanismos de corto y mediano plazo de proyectos complementarios en beneficio de los pequeños propietarios, mediante inversiones del INDAP y de la DOH en la construcción de pozos comunitarios y sistemas colectivos, junto con el esfuerzo desarrollado por la CNR de mantener los concursos de la Ley 18.450, focalizados en el monitoreo y telemetría (2019–2021) que aseguren y otorguen una mejor utilización de los recursos hídricos subterráneos, así como concursos de obras civiles, que permitan poner en funcionamiento los nuevos pozos comunitarios y colectivos por los usuarios y las CAS, mientras se construyen y se hacen efectivos los embalses mayores.

Estas proposiciones y proyectos, a corto y mediano plazo, refieren a lo siguiente:

#### A corto plazo:

- Control de caudales de extracciones, monitoreo de variación del nivel del acuífero y telemetría de los

datos de los usuarios con derechos de agua permanentes y posteriormente, los no regulares (vía provisionales o por transferencia de volúmenes disponibles).

- Dos concursos CNR 2019 por MM\$1.500 cada uno.
- Cuatro concursos CNR en 2020 y 2021, por MM\$1.500 cada uno.
- La construcción de pozos profundos comunitarios de parceleros, en reemplazo de norias que quedan “colgadas” (con norias, punteras, drenes u otros para  $DA \leq 5 \text{ l/s}$   $Q_{tot} = 4.512 \text{ l/s}$ )
- DOH, INDAP: 150 a 200 pozos profundos → MM\$ 23.500 → UF 850.000 → UF 170.000 por 5 años
- CNR: Ley 18.450 Bba, Alim. Electr., Impulsión= 200 solución → MM\$ 50.000 → UF 1.800.000 → UF 360.000 por 5 años

#### A mediano plazo:

- La construcción de embalses medianos y pequeños intraprediales, donde se justifique.
- Construcción de baterías de pozos colectivos (bombeo y recarga) de explotación en sequía por las CAS, en lugares adecuados.
- Formación de la Junta Vigilancia cuenca río La Ligua y fortalecimiento de la Junta Vigilancia cuenca río Petorca.

Por último, para todo lo anterior se requiere que el Estado asuma un compromiso en el mediano y largo plazo, de modo que los recursos existentes y a disposición permanezcan en el tiempo y para que las obras ya diseñadas como los embalses y otras posibilidades de solución no se posterguen con cada cambio de gobierno. 🌱



# HIDROGESTIÓN

## Soluciones que crean valor

Proponemos soluciones efectivas, eficientes, innovadoras y personalizadas para cada uno de nuestros clientes, mediante una mirada holística y profesional.

Av. Providencia 2330 Of. 63  
Providencia, Santiago

+562 2333 7038

contacto@hidrogestion.cl



## SABEMOS DE MEDICIÓN



KELLER



inVentia

decenLab

Texas Electronics  
Quality Weaker Instrumentation for Professionals





# Desafíos para una gestión colectiva de las aguas subterráneas en Atacama



Guillermo Donoso\*

Ponencia realizada durante el Seminario 2018 "Gobernanza del agua subterránea en la gestión hídrica", de Alhsud Chile.

Guillermo Donoso es ingeniero agrónomo por la Pontificia Universidad Católica de Chile, Ph.D. en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales por College of Agricultural and Resource Economics de University of Maryland. Actualmente se desempeña como profesor titular del departamento de Economía Agraria y del Centro de Derecho y Gestión de Aguas de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

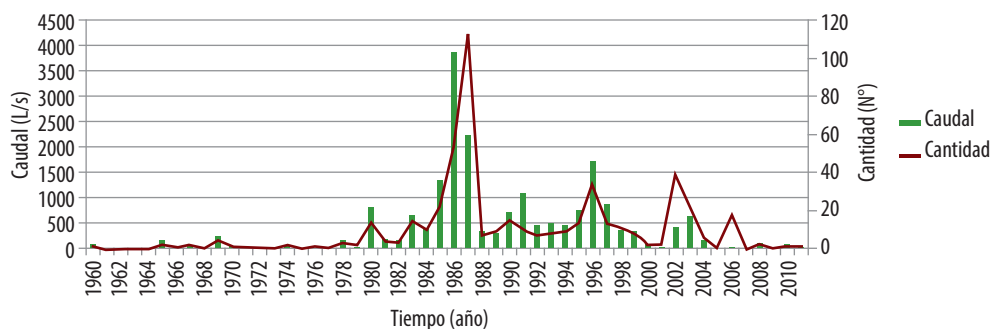
Atacama es una zona con comunidades de aguas subterráneas constituidas y que presenta un evidente avance en la gestión colectiva. Uno de los puntos claves a considerar en su gestión actual es el agotamiento de recursos de agua subterráneas.

Se trata del clásico ejemplo de lo que Garrett Hardin llamó la *Tragedia de los comunes*, que describe una situación en

la que varios individuos con un recurso común de libre acceso –pero sin acuerdos de gestión– terminan agotándolo, lo que demuestra que todo recurso natural finito requiere de una gestión sustentable y de regulación.

Recuadro 1: Derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas.

	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4	Sector 5	Sector 6	Total
DAA otorgados (N°)	41	60	75	75	160	81	492
% de participación total de cada sector	8,4	12,9	15,2	15,2	32,5	16,5	100
Caudal otorgado (l/s)	2277	3.230,5	4.206,2	4.140,5	4.240,6	20.047,4	38.142,20
% de participación total de cada sector	11,4	16,1	21	20,7	21,2	10,2	100
Caudal promedio de DAA otorgado (l/s)	55,5	53,8	56,1	55,2	26,5	25,2	45,4



En particular, para el caso de Atacama, la *Tragedia de los Comunes* no se provoca por la irracionalidad o miopía de los usuarios, sino más bien por la estructura de incentivos que los empuja hasta una situación de agotamiento del recurso.

En contraposición con las afirmaciones de Hardin, la ganadora del Nobel de Economía (2009), Elinor Ostrom, contradujo esta lógica demostrando con diversos ejemplos que las comunidades de agua, gestionando en forma colectiva, tienen capacidad de cooperar en la gestión de los recursos utilizados en común, logrando la autogestión y autoadministración de las aguas; con beneficios a largo plazo asociados al uso sustentable del agua sub-

*“En el caso de Copiapó existen múltiples estudios hidrológicos e hidrogeológicos con resultados diferentes. Por tanto, si no hay claridad respecto de la situación real del acuífero, difícilmente se generarán acuerdos para participar en la gestión colectiva de éste.”*

terránea. Para lo cual, se requiere de comunidades de aguas subterráneas reflexivas, capaces de aprender, modernizarse y adaptarse continuamente a los desafíos de la autorregulación.

### Derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas

El *Recuadro 1* cuantifica los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas otorgados en el acuífero de Copiapó, en sus seis secciones. En lo que respecta a cifras, se trata de alrededor de 20 mil l/seg otorgados, con una recarga del acuífero que ronda entre los 3.800 y 4.000 l/seg, evidenciándose un claro déficit (ver *Figura 1*).

Se observa un agotamiento de los volúmenes

**Figura 1:** Disminución del volumen de agua. En los últimos 22 años, el agua extraída ha sido de 830 millones de metros cúbicos.

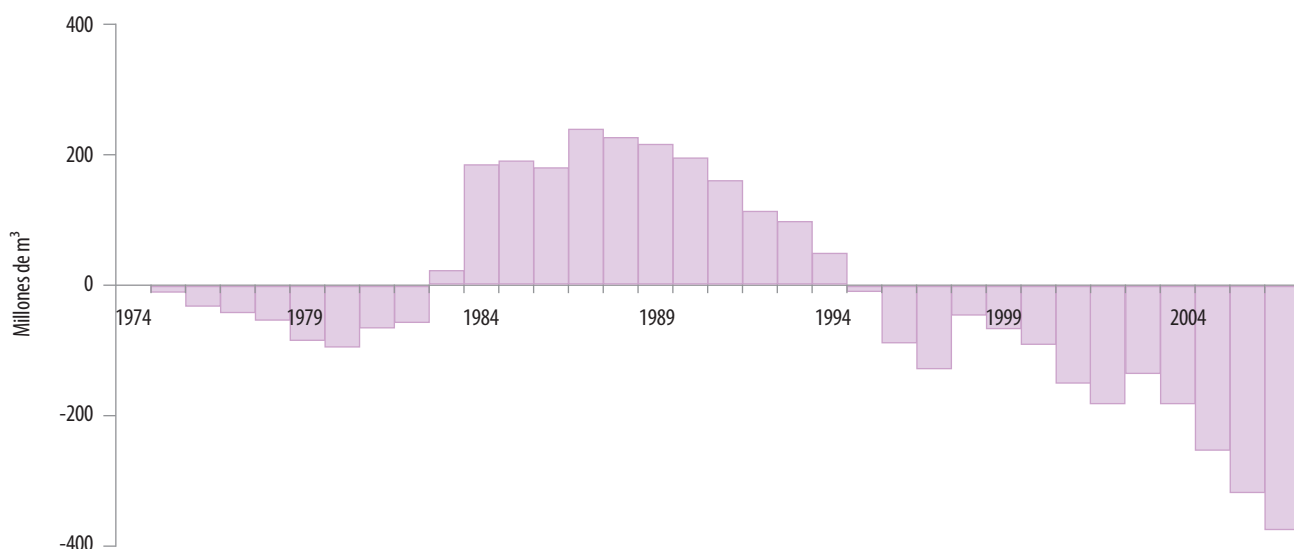
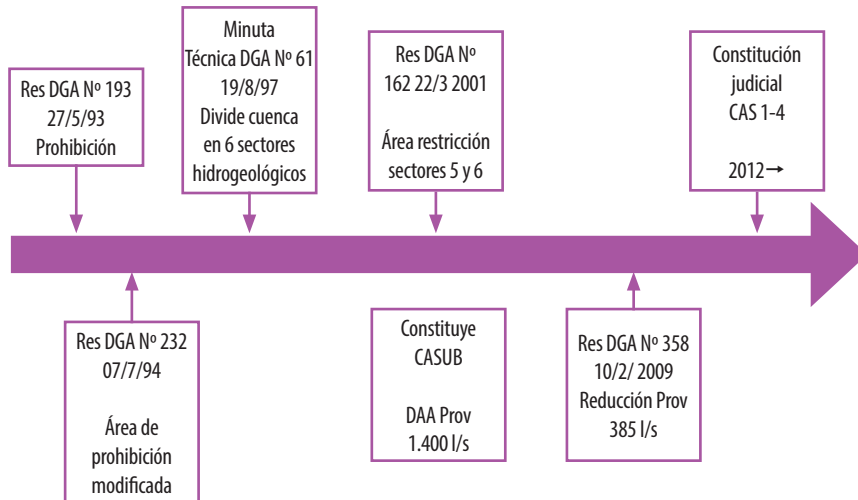




Figura 2: Declaración de zona de restricción y prohibición.



de agua, con proyecciones poco auspiciosas. La línea histórica de la *Figura 2* da cuenta que en 1993 se declara “prohibición” (Res DGA Nº 193 27/5/93). En 2001, se declara área de “restricción” a los sectores 5 y 6 (Res DGA Nº 162 22/3 2001) y, a su vez, se constituye la Comunidad de Aguas Subterráneas (CASUB), área de jurisdicción: zona de restricción Copiapó-Piedra Colgada; Piedra Colgada-Desembocadura. Posteriormente, en 2012, en la parte alta se constituyen las otras cuatro comunidades de agua subterráneas (CAS) restantes: CAS 1, 2, 3 y 4.

### Gestión colectiva de aguas

Ostrom y Van Vugt cuestionan la representación canónica a los problemas de gestión colectiva y anali-

zan la experiencia de otros recursos naturales en los cuales este tipo de gestión ha sido exitosa y se transforma en una gestión sustentable. Y en dicho caso, el concepto es de autogestión y autoadministración de las aguas, con usuarios que cuentan con la responsabilidad de gestionar sus recursos, lo que en Chile está reconocido por el Código de Aguas.

No obstante, se evidencian algunos problemas en torno a las Comunidades de Aguas Subterráneas. La legislación chilena establece que toda área de restricción-prohibición debe contar con una comunidad de agua subterránea como factor no opcional. Sin embargo, actualmente existen alrededor de 150 a 160 zonas bajo esa declaración, con solo 12 comunidades

*“Es necesario construir un conocimiento compartido con los grupos de interés, con una activa participación de todos los usuarios, sensibilizándolos respecto de los beneficios a largo plazo, asociados al uso sustentable del agua subterránea.”*

de agua subterráneas, aproximadamente.

Se evidencia una baja participación de los usuarios de aguas subterráneas en las CAS, con asimetrías de información existentes respecto del estado actual de los acuíferos, es decir, existen diferentes diagnósticos de la situación actual; y en casos extremos, inclusive versiones contrapuestas. Por ejemplo, en el caso de Copiapó existen múltiples estudios hidrológicos e hidrogeológicos con resultados diferentes. Por lo tanto, si no hay claridad respecto de la situación real de un acuífero, difícilmente se generarán acuerdos para participar en la gestión colectiva de éste.

### Principios de gestión colectiva

Elinor Ostrom plantea ocho principios para lograr el éxito de la gestión colectiva. El primero refiere al establecimiento claro de límites de grupo, principio que se cumple en el caso de las Comunidades de Aguas Subterráneas de Copiapó, donde el acuífero también ha sido claramente delimitado y cada CAS cuenta con su zona de jurisdicción clara.

Como segundo principio se establece que deben existir reglas del juego adaptadas a las necesidades y condiciones locales, lo que se cumple en términos de legislación, pero no de manera práctica

(en terreno), por lo que su cumplimiento es parcial. El uso está definido principalmente por el sistema oficial de Derechos de Aprovechamiento de Aguas (DAA), pero las organizaciones de usuarios no cuentan con reglamentos de operación claramente establecidos y aprobados, sino que estos son más bien inexistentes o muy recientes, por lo que no han sido plenamente implementados.

Así, el problema está definido principalmente por el sistema oficial de derechos de aprovechamiento, con usuarios que se rigen por normativas establecidas en el Código de Aguas que no son específicas ni adaptadas a las condiciones locales.

El tercer principio refiere a que las autoridades externas deben respetar los derechos de los miembros de la comunidad a la hora de establecer normas, factor que se cumple parcialmente. Existen diferencias en visiones respecto de las reales atribuciones del Estado y de la comunidad en su propia gestión, lo cual genera conflictos desde el punto de vista administrativo y de las atribuciones de las CAS.

El cuarto principio hace mención a que los afectados por las reglas puedan participar en la modificación de estas, aspecto que también se cumple solo de manera parcial. Sin bien los

estatutos de las Comunidades de Aguas Subterráneas (CAS) permiten la participación efectiva de todos los usuarios en la definición y modificación de las reglas, los pequeños usuarios se sienten excluidos del proceso de decisión.

Como quinto principio se debe contar con un sistema efectivo de fiscalización y sanciones, ejecutado por los miembros de la comunidad, para monitorear el comportamiento de estos, es decir, de autofiscalización, lo cual en Atacama no se cumple. Y en caso de contar con telemetría, se requiere de recursos para analizar la enorme cantidad de datos generados por el sistema y que se compartan entre los usuarios.

De acuerdo al Código de Aguas, sin bien la DGA cuenta con la potestad para vigilar, son los usuarios los principales llamados a cumplir con esta tarea, observándose un sistema eficiente en diversas organizaciones de aguas superficiales, mecanismo que no se cumple para el caso de las organizaciones de aguas subterráneas, demostrándose una gran diferencia cultural respecto del uso de agua superficial frente del uso de aguas subterráneas.

El sexto principio de gestión colectiva refiere al uso de sanciones graduadas para quienes no cumplan

con las reglas, factor que no se cumple en el caso de Atacama. Nuevamente, debido a un problema de reglamento de operaciones, se establecen sanciones graduales (advertencia, multa y posterior corte agua y remate DAA), no existentes o que no están del todo implementadas. Y aunque muchos usuarios cuentan con evidencias de incumplimiento de reglas, el problema es que las sanciones serían impugnadas en los tribunales, ya que sus reglas de operación no han sido registradas por la DGA. Si bien los estatutos

establecen la atribución para fiscalizar, no quedan claros ni los mecanismos ni las sanciones, dificultando su aplicabilidad.

El séptimo principio menciona que se deben proporcionar medios accesibles y de bajo costo para la resolución de conflictos, lo cual en Atacama se cumple de manera parcial. Ya que no existen procedimientos claros definidos en los estatutos, la gran mayoría de los conflictos no se soluciona a nivel de organizaciones.

Y por último, el octavo principio refiere a la respon-

# hidroestudios

hidrología  
hidrogeología  
hidrogeoquímica  
modelación numérica  
monitoreo hidrogeológico  
asesoría estratégica

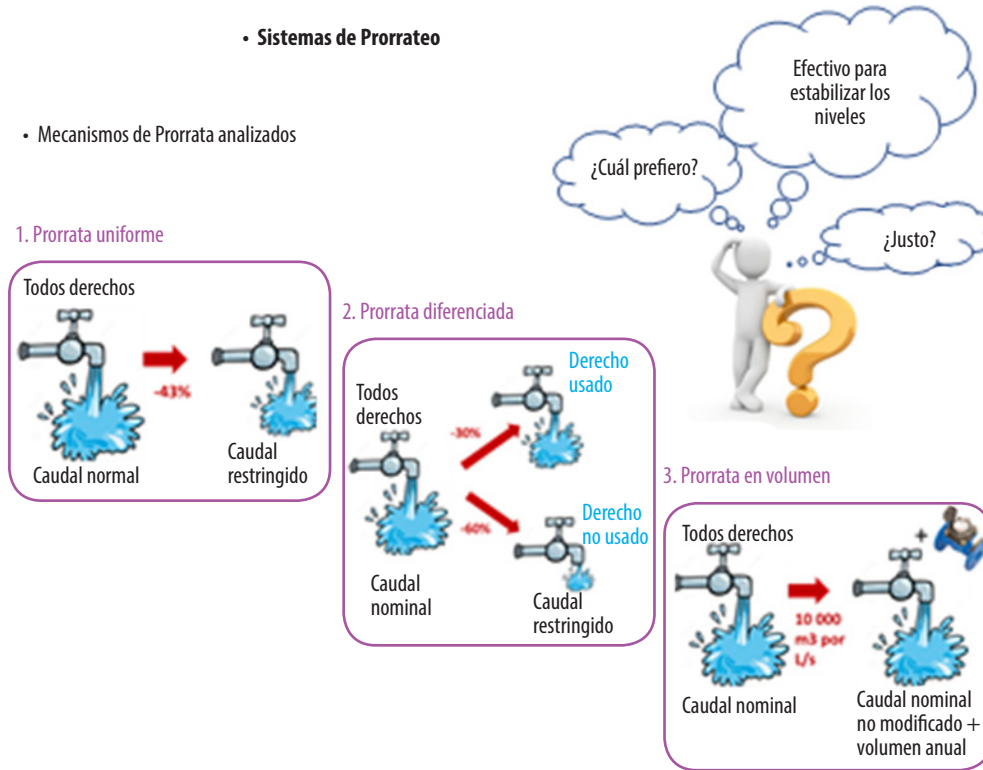
Estudios y Consultoría en Recursos Hídricos

Av. Andrés Bello 2325, piso 12 Providencia, Santiago  
hidroestudios.cl – (+56 2) 2840 5350





Figura 3: Sistemas de prorrateo analizados.



sabilidad de gobernar el recurso común en niveles anidados, desde el nivel más bajo hasta todo el sistema interconectado, lo que en Atacama no se cumple. Se gestiona el uso del agua subterránea en sectores, pero es un solo acuífero el que está interrelacionado con aguas superficiales y la situación depende de las acciones de otros.

### Desafíos que enfrentan las CAS

Es necesario construir un conocimiento compartido con los grupos de interés, lo cual requiere de una ac-

tiva participación de todos los usuarios, sensibilizando respecto de los beneficios a largo plazo, asociados al uso sustentable del agua subterránea.

Además, se debe generar información para mejorar el conocimiento del acuífero: monitorear extracciones aguas subterráneas (telemetría) y evaluar anualmen-

*“Existe una baja participación de los usuarios de aguas subterráneas en las CAS, con asimetrías de información respecto del estado actual de los acuíferos, es decir, con diferentes diagnósticos de la situación actual. Y en casos extremos, inclusive existen versiones contrapuesta.”*

te la disponibilidad agua mediante el desarrollo de modelos hidrogeológicos.

Otros desafíos son mejorar el conocimiento de la interacción del agua superficial y agua subterránea mediante modelos; disminuir las extracciones ilegales (sobrextracción en pozos con derechos y en no regulares); y establecer reglas para ajustar las extracciones en situación de riesgo de agotamiento. Para este último punto, por ejemplo, a través del sistema de prorrateo (ver Figura 3).

En particular, con la Comunidad de Aguas Subterráneas ya existen avances en la discusión y acercamientos hacia un consenso de cuál sería el sistema de prorrateo que podría implementarse. Y algo muy destacable: que ya se asumió como algo prioritario y solo resta emprender los siguientes pasos.

Finalmente, aunque Chile cuenta con una larga tradición de gestión de agua, legislación sofisticada, organismos estatales y organismos privados bien organizados y responsables de la gestión del agua, el problema se presenta en la gestión de los recursos, que es en lo que se debe avanzar. Este aspecto no pasa por más reformas legislativas, sino más bien en la implementación de una gestión adecuada que impida llegar a situaciones como las de Atacama. 🌍



**ILCABOGADOS**  
RECURSOS NATURALES Y REGULACIÓN

Imagen: Carlos Ciappa Petrescu

Creemos en un nuevo rol del abogado, enfocado en reconocer, prevenir y gestionar el conflicto regulatorio y sus elementos, considerando las personas, el entorno y el Estado, con un claro **compromiso** con nuestros clientes, el país y el bien común.

Nuestra meta es entregar un servicio jurídico especializado, ágil y de alta calidad, que refleje un entendimiento de las necesidades de nuestros clientes, con un compromiso profundo con sus **resultados** y con la **ética**.

[www.ilcabogados.cl](http://www.ilcabogados.cl)



# Derechos de aprovechamiento de aguas subterráneos bajo la circular n° 3 (2018) de la DGA



Ignacio Urbina y Pedro Pablo Ballivian

Ponencia realizada durante el Seminario 2018 "Gobernanza del agua subterránea en la gestión hídrica", de Alhsud Chile.

Ignacio Urbina es asociado senior en Barros y Errázuriz. Es abogado por la Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC), master of Laws por la Universidad de Michigan (Estados Unidos) y PhD en Juridical Science in Environmental Law por la Pace University (Estados Unidos).

Pedro Pablo Ballivian es abogado por la Universidad de Los Andes y diplomado en Derecho en Recursos Naturales con mención en Derecho de Aguas por la PUC. En Barros y Errázuriz está dedicado a la asesoría en temas de derechos de aguas, derecho sanitario y sancionatorio – ambiental.

En octubre de 2018, la Dirección General de Aguas (DGA) publicó la circular número 3, que imparte instrucciones sobre el procedimiento para la constitución de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas en pozos de barreras hidráulica, asociadas a proyectos de disposición de residuos, estériles o derechos sanitarios.

El artículo 300, letra a, del Código de Aguas, establece la facultad del director de la DGA de dictar circulares para la aplicación del Código, leyes y reglamentos de su competencia.

En 2018, además de la circular 3, la primera circular complementó la circular 1/2016, que trataba sobre obras hidráulicas mayores (OOHH); mientras que la circular 4/2018 entregó instrucciones para la correcta aplicación del artículo 41 del Código de Aguas, sobre modificaciones de cauces.

## ¿Qué es una circular?

Sobre su rango legal o reglamentario, una circular no es ley ni reglamento (norma que emana de un órgano de administración del Estado y tiene por objetivo desarrollar o complementar una norma legal), no pasa por un trámite legislativo y no trata materias propias de una ley.

Por tanto, una circular se ubica en un tercer orden, después de una ley y de un reglamento. En palabras de Eduardo Cordero, corresponde a aquellas "normas que dictan los jefes de servicio en virtud de su potestad jerárquica o de mando, dentro del margen de discrecionalidad que le entrega el ordenamiento para la buena marcha y funcionamiento de la entidad pública".

Así, entre las diferencias existentes entre reglamentos versus circulares se distingue la potestad, la publicidad y los efectos. Para la dictación de reglamentos, la potestad viene dada por

la propia Constitución y las leyes. Y la circular, en cambio, es una manifestación de esta potestad de parte de un jefe superior de servicio, que en este caso es el director nacional de la Dirección General de Aguas.

Y en cuanto a la publicidad, los reglamentos normalmente deben publicarse en el Diario Oficial para darse a conocer y transformarse en obligatorios; mientras que una circular habitualmente se distribuye entre los propios funcionarios del órgano que la dicta.

Y finalmente, en cuanto a sus efectos, por regla general, el reglamento es obligatorio para personas, grupos o instituciones; en tanto que las circulares solo mandatan a los funcionarios dependientes del jefe de servicio que dicta dicha circular.

### Ámbito de aplicación circular 3/2018

Tal como se consigna en la propia circular (3/2018), el documento establece criterios para la constitución de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas (DAA) en pozos de barreras hidráulicas, asociados a obras de disposición de residuos, obras estériles y obras de desechos sanitarios (Recuadro 1).

Sin embargo, esta circular no sólo establece criterios para constituir DAA asociados a obras que extraigan una mezcla de aguas naturales y aguas de contacto, sino que también marca una serie

“ El análisis efectuado a la circular n° 3 (2018) da cuenta de los posibles vicios legales que pueden generarse, además de la falta de coordinación entre organismos de Estado. ”

**Recuadro 1:** Ámbito de aplicación de circular 3/2018

C° DAA subterráneas en pozos de barreras hidráulicas		
Disposición de residuos	Estériles	Desechos sanitarios

**Recuadro 2:** Infracciones y sanciones Código de Aguas.

1 <sup>er</sup> Grado	Entrega info y res. DGA	10 - 50 UTM
2 <sup>do</sup> Grado	Medición caudales, volúmenes, etc.	51 - 100 UTM
3 <sup>er</sup> Grado	Reincidencia 2 <sup>do</sup> grado	101 - 500 UTM
4 <sup>to</sup> Grado	Actos u obras sin permiso, afectando disponibilidad	501 - 1.000 UTM
5 <sup>o</sup> Grado	Doble inscripción	1.001 - 2.000 UTM

**Recuadro 3:** Sanciones ambientales por infracción de Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA).

Infracciones gravísimas	Revocación de RCA	USD 8,560,000
	Clausura temporal o definitiva	
	Multa de hasta 10.000 UTA	
Infracciones graves	Revocación de RCA	USD 4,280,000
	Clausura temporal o definitiva	
	Multa de hasta 5.000 UTA	
Infracciones leves	Amonestación por escrito	USD 856,000
	Multa de 1 a 1.000 UTA	

de definiciones relevantes, cuyos ámbitos de aplicaciones son en torno a barrera hidráulica, obras de captación, agua de contacto, obra de disposición de residuos y estériles, y desechos sanitarios.

### Sus nueve criterios

El primer criterio de la circular 3/2018 establece que todo pozo u obra de captación de carácter subterráneo –que opere como parte de una barrera hidráulica– debe contar con un derecho de aprovechamiento de agua de carácter consuntivo. Además, establece un monto equivalente a la cantidad de agua de la recarga natural que es interceptada por la barrera hidráulica.

El segundo punto refiere a la exigencia de acompañar la solicitud de un derecho de aprovechamiento de agua de un informe técnico, cuyo objetivo es determinar la fracción de agua natural y de aguas de contacto. Al revisar el artículo 140 del Código de Aguas, se constata que para solicitar un DAA no se exige ningún informe técnico en dicho sentido; solo en algunos casos, cuando se trata de determinados caudales se solicita memoria técnica.

Y si se analiza el reglamento de aguas subterráneas, establece informes o memorias para los casos de exploración, delimitándose un área de protección mayor –incluso en caso de recarga de acuíferos– pero no se establece la exigencia de



acompañar un informe con el detalle que se menciona en la circular. Por lo tanto, se constata que no se trata de un criterio y que esta circular va más allá de lo que determina la ley y el reglamento, sumando una exigencia adicional para poder constituir un derecho de aprovechamiento con estas características.

El tercer criterio establece que la DGA está facultada para revisar información respecto de la cantidad de agua y que lo valida o puede solicitar mayores antecedentes. El cuarto criterio, en tanto, refiere al sistema de medición de caudales establecidos mediante resolución constitutiva. Y el quinto criterio clarifica los aspectos relacionados con el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), que dice relación con el hecho de que independiente de que los proyectos deban o no ingresar al SEIA, esta norma aplica y no existe un eximente respecto de la aplicación de esta norma si el proyecto fue aprobado (o rechazado) mediante resolución de calificación ambiental.

En su séptimo y octavo criterio, la circular 3/2018 establece dos soluciones alternativas para aquellos casos en los que no fue posible constituir un derecho de aprovechamiento de carácter consuntivo propiamente tal. Al respecto, las soluciones buscan entregar la posibilidad de constituir derechos de aprovechamiento no

**Recuadro 4:** Análisis de gravedad según tipo de infracción, calificación y sanción aplicable.

Tipo de infracción	Circunstancias que califican la infracción	Sanción aplicable		
Infracciones gravísimas	Daño ambiental no reparable	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Revocación de RCA</li> <li>•Clausura temporal o definitiva</li> <li>•Multa de hasta 10.000 UTA</li> <li>•(\$4.795.920.000)</li> </ul>		
	Afectación grave a la salud de la población			
	Obstaculizar deliberadamente el cumplimiento de metas de un PPDA			
	Entregar información falsa u ocultamiento para encubrir infracción gravísima			
	Impedir deliberadamente la fiscalización			
	Ejecución de proyectos art. 10 al margen del SEIA con efectos del art. 11			
Reiteración o reincidencia de infracciones graves				
Infracciones graves	Daño ambiental reparable	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Revocación de RCA</li> <li>•Clausura temporal o definitiva</li> <li>•Multa de hasta 5.000 UTA</li> <li>•(\$2.397.960.000)</li> </ul>		
	Riesgo significativo a la salud de la población			
	Afecten negativamente el cumplimiento de metas de un PPDA			
	Ejecución de proyectos art. 10 al margen de SEIA sin efectos del art. 11			
	Incumplan gravemente medidas para eliminar efectos según RCA			
	No acatamiento de las instrucciones y medidas urgentes de la SMA			
	Negativa a entregar información urgente exigida por SMA			
	Persistente reiteración de una misma infracción leve			
Infracción al interior de áreas silvestres protegidas del Estado, sin autorización				
Infracciones leves	Hechos, actos u omisiones que contravengan precepto o medida obligatoria y que no constituya infracción gravísima o grave	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Amonestación por escrito</li> <li>•Multa de 1 a 1.000 UTA</li> <li>•(\$479.592 - \$479.592.000)</li> </ul>		
Sanción	=	Beneficio económico (BE)	+	Componente disuasivo (CD)

Fuente: Superintendencia del Medio Ambiente ([www.sma.gob.cl](http://www.sma.gob.cl))

consuntivos, agregando la exigencia de demostrar que el agua a restituir tenga la misma calidad del agua natural del acuífero. La otra solución alternativa la establece el artículo 46 del Código de Aguas respecto de los puntos alternativos de captación.

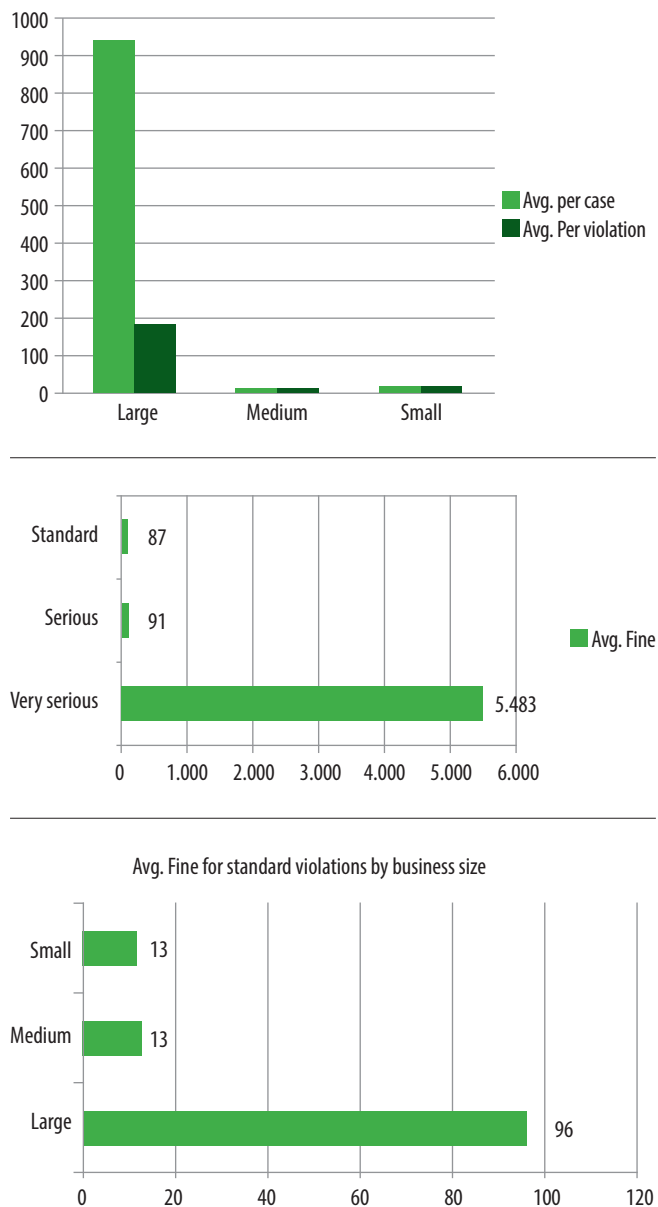
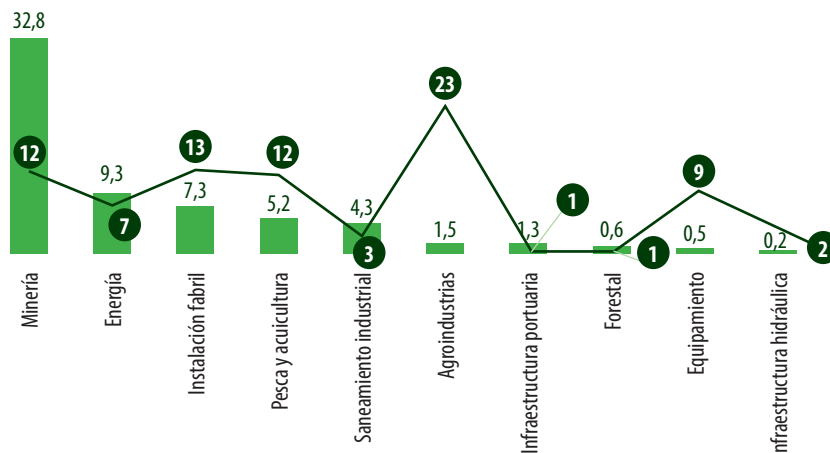
Finalmente, en su noveno criterio, que refiere al derecho de uso de suelo, establece que es necesario contar con la servidumbre o propiedad de éste, aspecto ya establecido de manera reglamentaria.

### Sanciones por CA versus infracción de RCA

En el *Recuadro 2* se observan las sanciones que establece el Código de Aguas, cuyos grados transitan del primero al quinto (con mayor o menor gravedad), con infracciones que pueden alcanzar un máximo de 140 mil dólares en su quinto grado.

El *Recuadro 3* de sanciones ambientales por infracción de Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA), en tanto, muestra la clasificación de la institucionalidad ambiental, con infracciones gravísimas, graves y leves, en las que el máximo de la multa leve ambiental es de 850 mil dólares.

Al realizar la comparación entre las sanciones establecidas por el Código de Aguas versus las por infracción de RCA se revela que para el segundo caso aumentan de manera considerable las sanciones por

**Figura 1:** Algunas cifras sobre multas promedio para empresas.**Figura 2:** Total de multas impuesta por sector económico en el período 2014 - 2017 (MMUSD).

incumplimiento con la normativa ambiental.

En el *Recuadro 4*, en tanto, se observa el detalle de las circunstancias que califican cada infracción y la sanción aplicable. Las medidas de mitigación presentes en las RCA están diseñadas para evitar la contaminación aguas abajo y son medidas centrales para evitar un evento de contaminación.

### Algunas cifras

Los gráficos de la *Figura 1* demuestran que la multa promedio para grandes empresas es de 182 UTM, es decir, de alrededor de 140 millones de dólares por infracción.

Ya que normalmente un infractor no presenta un solo un cargo, una empresa de gran tamaño en su totalidad puede alcanzar multas de 1000 unidades tributarias anuales, es decir, de 800 mil dólares aproximadamente. Así, puede corroborarse que si bien las gran-

des empresas no suelen alcanzar el umbral máximo del esquema sancionatorio, igualmente, las multas resultan muy superiores a las establecidas por el Código de Aguas.

El gráfico de la *Figura 2*, preparado por la Superintendencia del Medio Ambiente en su Memoria 2014-2018 da cuenta que la minería es lejos la industria con las sanciones más altas. La barra azul demuestra que alcanza los 32,8 millones de dólares por sólo 12 procesos sancionatorios, lo que da cuenta de multas promedio de 2,7 millones de dólares en la industria minera.

### Reflexiones finales

El análisis efectuado a la circular 3/2018 da cuenta de los posibles vicios legales que pueden generarse, además de la evidente falta de coordinación entre organismos del Estado. Asimismo, se observa un nivel de complejidad para la aplicación práctica, puesto que los tiempos de la DGA no coinciden necesariamente con los plazos con los que cuenta un proyecto en su implementación y desarrollo.

Su aplicación por parte de la DGA se torna difícil en paralelo con la obligación de cumplir con la RCA, pues ambas entidades pueden fiscalizar, activar cargos y un proceso sancionatorio independiente de la situación que presente frente a cada entidad por separado.



# Gestión del agua en Israel, Arizona y Sudáfrica



Pablo García\*

Ponencia realizada durante el Seminario 2018 "Gobernanza del agua subterránea en la gestión hídrica", de Alhsud Chile.

Pablo García es doctor en Bioingeniería por la Universidad de Arizona, magíster en Hidrología y Manejo de Cuencas por la misma casa de estudios e ingeniero forestal por la Universidad de Chile. Actualmente se desempeña como profesor asociado del departamento de Gestión Forestal y Medio Ambiente de la Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza de la Universidad de Chile.

Desde el punto de vista hidrológico y de la gestión de los recursos hídricos, Israel es un país que desde sus inicios presentó dificultades en torno al agua. Cuando se decretó como Estado, en 1948, las personas contaban con diez litros de agua al día: dos para beber y las restantes destinadas a usos como limpieza (de ropa, loza, etcétera) y riego (ver Figura 1).

Así, se transformaron en expertos de la gestión eficiente de los recursos hídricos. En 1958 se creó la ley del medidor; ya que el agua escaseaba y necesitaba gestionarse adecuadamente, se requería contar con un conocimiento exacto respecto de su consumo, por lo que no solo las casas contaron con un medidor, sino también el 100% de los pozos y desvíos de canales, todos gestionados y administrados por el Estado.

En 1961, por ley se estableció que el Estado era el dueño, soberano y administrador del agua. Y en la actualidad, Israel cuenta con un muy alto nivel de desalación, con un 100% del agua potable proveniente de este sistema

(ver Figura 2). De hecho, la desaladora más grande del mundo está ubicada en Tel Aviv (de 7 m<sup>3</sup>/seg).

Además de bombear agua desde el mar y de acuíferos subterráneos, los israelíes cuentan con una carretera hídrica de gran magnitud y

conectividad hídrica, a través de un sistema de entubamiento. Es decir, existen múltiples tubos, con aguas recicladas, de alcantarillado o desalada, que permiten abastecer a distintas ciudades y que se van bifurcando a través de las cuencas.

Figura 1: Israel en 1948.



“ Al igual que en Israel, en Arizona los jardines y parques en su totalidad son regados con aguas tratadas de alcantarillado, las que se infiltran en acuíferos especiales destinados solo al uso de este tipo de riegos. La educación ambiental también juega un rol importante y está presente desde los primeros años de vida, además de existir diversos incentivos para la creación de sistemas de captación de aguas lluvias. ”

En lo que respecta al riego para agricultura, también existen carreteras hídricas que se trasladan a la zona sur (agrícola), con un 100% de aguas tratadas de alcantarillado, por lo que no se utiliza agua de río o de acuíferos.

De hecho, en el gráfico de la Figura 3 se evidencia la evolución del uso de la tierra y del consumo del agua versus la productividad agrícola, observándose que el consumo de agua disminuyó y la productividad agrícola aumentó

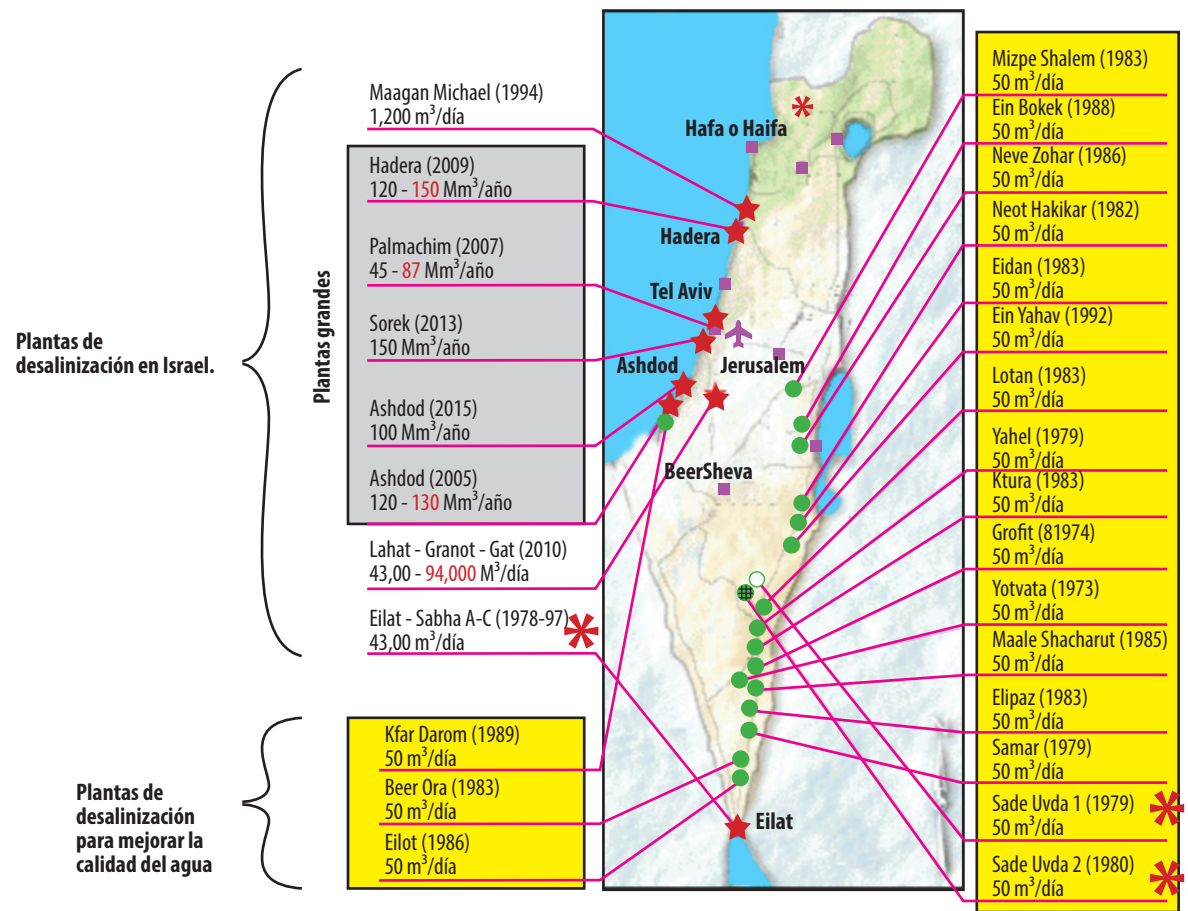
significativamente desde que comenzó a utilizarse el sistema de tratamiento de aguas residuales con nutrientes.

### El caso de Arizona

El manejo del agua en Arizona se basa en la importa-

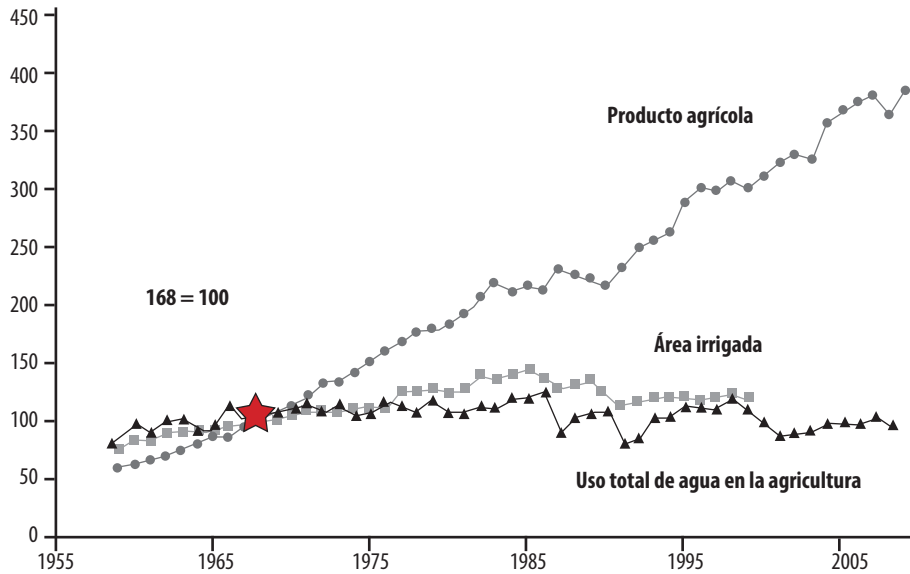
ción del recurso desde el río Colorado, con una carretera hídrica de 540 kilómetros (ver Figura 4). A diferencia de Israel, Arizona cuenta con un sistema de derechos de agua con una amplia investigación previa a la asignación de éste,

Figura 2: Plantas de desalinización en Israel.

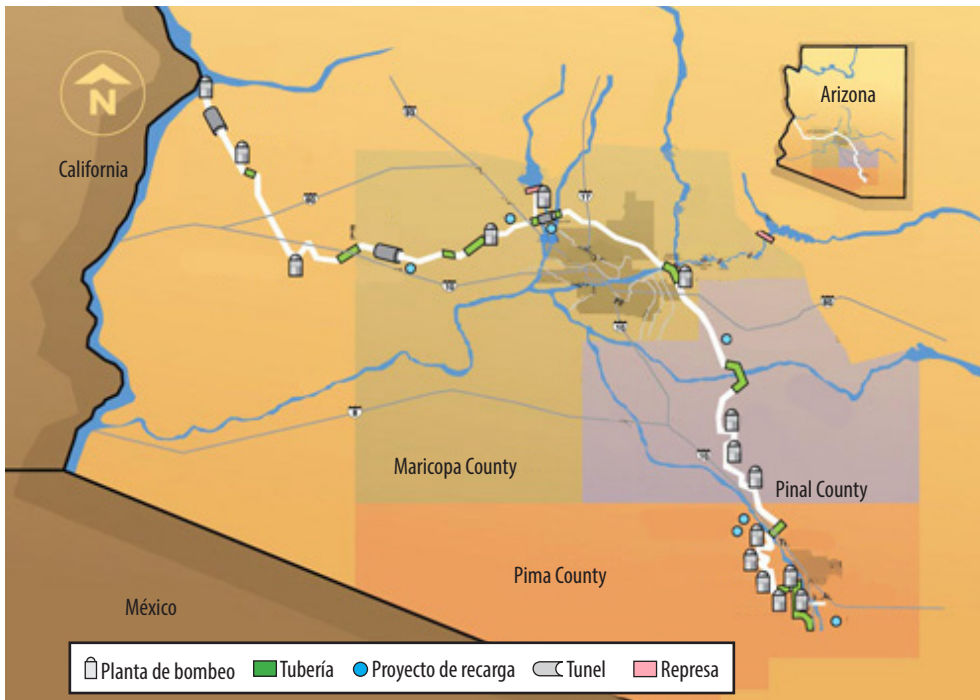




**Figura 3:** Evolución del uso de la tierra y consumo del agua versus productividad agrícola.



**Figura 4:** Manejo del agua en Arizona.



**Figura 5:** Carretera hídrica en Arizona - aistribución y traslado del agua por el desierto.



contando con un total conocimiento de las cuencas.

En Arizona existe una alta recarga de acuíferos –entre 3 y 9 metros diarios aproximadamente– y décadas de investigación (desde 1970), por lo que se conoce perfectamente la geología del lugar, dónde puede infiltrarse y hacia dónde y a qué velocidad viaja el agua subterránea. En la *Figura 5* se observa una carretera hídrica, cómo se distribuye y se traslada el agua por el desierto.

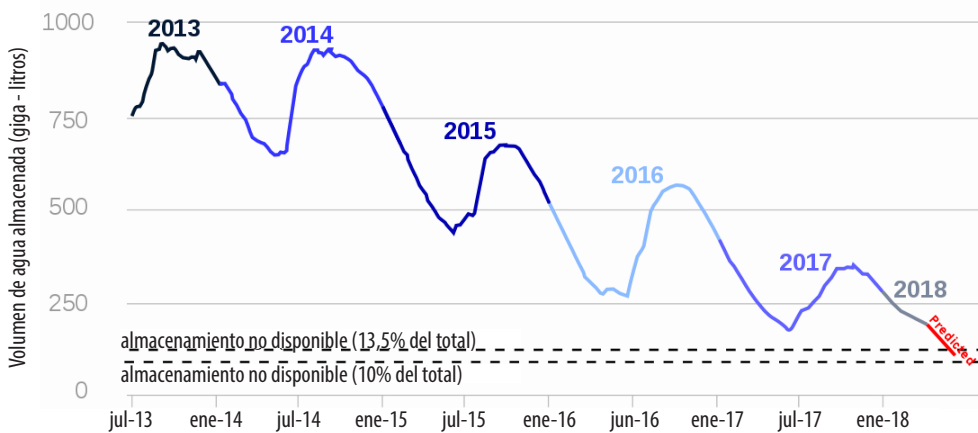
Al igual que en Israel, en Arizona los jardines y parques en su totalidad son regados con aguas tratadas de alcantarillado, las que se infiltran en acuíferos especiales destinados solo al uso de este tipo de riegos y que se trasladan en tubos especiales dentro de la ciudad, para distribuirse en parques, campos de golf y otros espacios similares.

La educación ambiental también juega un rol importante y está presente desde los primeros años de vida, además de existir diversos incentivos para la creación de sistemas de captación de aguas lluvias. Por ejemplo, en lo que respecta a aguas grises, si un ciudadano cambia su sanitario normal –que utiliza 15 litros por descarga– por uno eficiente (de con-

**Figura 6:** Jardín típico en Arizona, con ausencia de césped para evitar el riego.



**Figura 7:** Descenso del volumen de agua almacenado (julio, 2013 a enero, 2017) en Ciudad del Cabo.



**Figura 8:** Descenso en el nivel de embalse entre 2013 y 2017 en Ciudad del Cabo.



sumo máximo de dos litros) esta iniciativa es bonificada.

Para el caso de los jardines, si bien no fue necesaria la prohibición del uso de césped, la educación de la población impulsó la generación de otro tipo de jardines, como los que se observan en la *Figura 6*.

### Ciudad del Cabo (Sudáfrica)

En el gráfico de la *Figura 7* puede observarse el descenso sostenido del nivel de agua almacenado en Ciudad del Cabo (capital de Sudáfrica), donde fueron disminuyendo las precipitaciones anualmente.

Así, entre 2013 y 2017, el embalse que abastecía a la ciudad redujo significativamente su almacenamiento (ver *Figura 8*), por lo que comenzó a racionarse el agua. Esta medida consistió en que con medidores en cada casa, de acuerdo al número de habitantes, el suministro se restringió a los 50 litros por persona.

Lo anterior, al igual que con los casos antes descritos de Israel y Arizona, implicó finalmente un cambio cultural y de adaptación de las personas, que con un trabajo educativo reformularon sus hábitos de consumo de agua.



# Visión de futuro: ¿Hacia dónde va la DGA?



Luis Ulloa\*

Ponencia realizada durante el Seminario 2018 "Gobernanza del agua subterránea en la gestión hídrica", de Alhsud Chile.

Luis Ulloa es jefe de la División Legal de la Dirección General de Aguas (DGA) del Ministerio de Obras Públicas (MOP), es abogado y magíster en Derecho con mención en Derecho Regulatorio.

Se ha desempeñado como fiscal, gerente legal y abogado senior en estudios jurídicos e instituciones privadas.

Los desafíos que enfrenta la Dirección General de Aguas (DGA) se enfocan en tres ejes: el consumo humano, el crecimiento económico y la conservación ambiental, este último como desafío central para obtener un desarrollo y uso eficiente del recurso hídrico que garantice un crecimiento sostenible.

Actualmente se dispone de un cuerpo legal con diversas modificaciones a lo

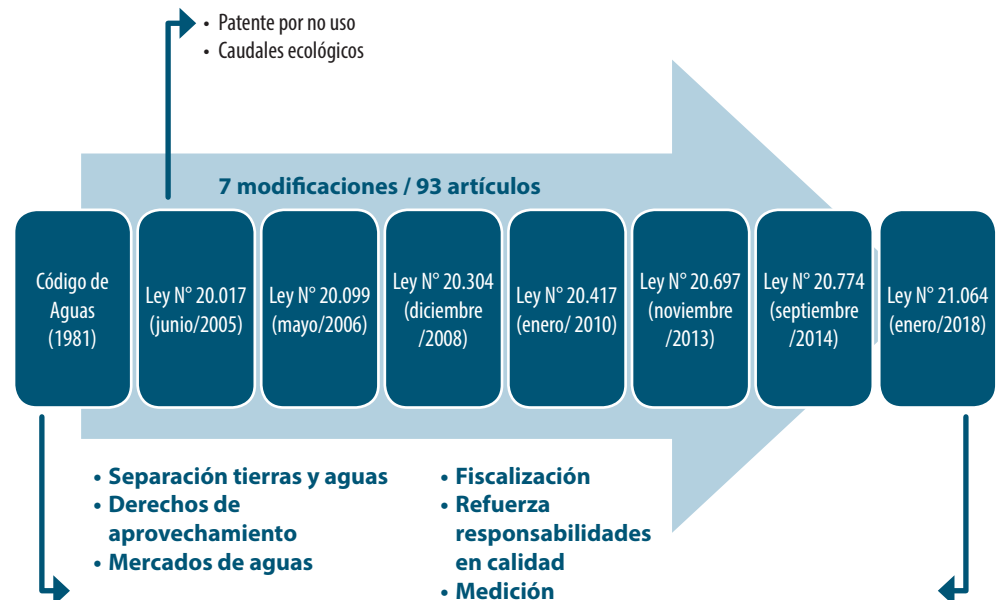
largo del tiempo (ver *Figura 1*), cuyo marco legal –que rige desde 1981– es el Código de Aguas (CA), el que cambió la concepción del derecho de agua frente a lo que se conocía hasta aquel entonces.

En el actual CA están presentes la separación de la tierra y del agua, los derechos de aprovechamiento y los mercados de aguas. Posteriormente, en 2005, se crearon las patentes por no uso y los caudales ecológicos

de la legislación de 1981. Recientemente, en enero de 2018, con la aprobación de la Ley 21.064 se reforzó el procedimiento de fiscalización y la responsabilidad en calidad y medición, aspectos en pleno proceso de implementación.

Respecto de los derechos de aprovechamiento de agua en el catastro público, de acuerdo a la información que dispone la Dirección General de Aguas, actualmente existen 11.196 derechos de agua no consuntivos

Figura 1: Cuerpo legal.



Fuente: Dirección General de Aguas (DGA).

constituidos (con caudales equivalentes a 58.371.510 l/s) y 93.061 derechos de agua consuntivos (con caudales equivalentes a 3.653.282 l/s). De los derechos consuntivos, el 33% de estos caudales está en manos de la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), destinados básicamente a obras de riego.

Respecto de la contribución del agua al país, según datos de la Dirección General de Aguas se calcula que un 22% de la energía eléctrica proviene de los recursos hídricos, un 6% se destina al consumo humano y un 82% del consumo representa un 14% del Producto Interno Bruto (PIB).

De acuerdo al último censo agropecuario so-

bre formas de riego, hasta 1997 el riego gravitacional era de un 91%, mientras que en 2017 fue de un 72%. Asimismo, la tecnificación permitió que el riego mecánico mayor fuera en aumento, pasando de 3%, en 1997, a 5%, en 20017. Igualmente, para el mismo

período el micro riego pasó de 6% a 23%.

### El rol del mercado

De acuerdo a los registros de la Dirección General de Aguas (DGA) y tomando como muestras las cuencas de los ríos Maipo (tercera sección) y Aconcagua

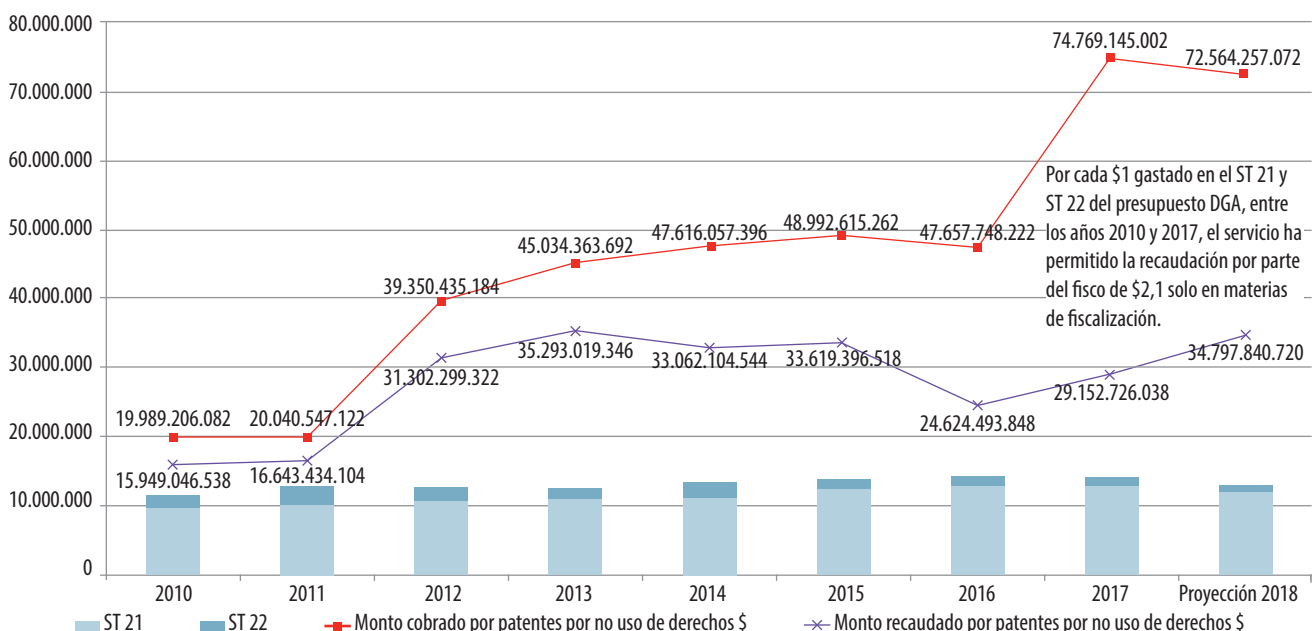
(cuarta sección), para el primer caso, entre 2009 y 2013 se generaron 782 transacciones de derechos de agua (avaluadas en USD 6,5 millones); mientras que para el segundo caso, en el mismo período, se registraron 473 transacciones de derechos de agua (equivalentes a USD \$5,9 millones), de las cuales, un 18% correspondió derechos de agua otorgados.

*“Se constituyen como principales desafíos la gestión para el consumo humano, la conservación ambiental como derecho a utilizar agua y el crecimiento económico, refiriéndose este último a la certeza jurídica con una mejor gestión legal del recurso hídrico.”*

### Patentes por no uso

Respecto de la patente por no uso, lo que se buscó con su implementación fue que aquellos usuarios que solicitaban derechos de agua para acaparamiento o especulación, a través del tiempo se vieran forzados a devolverlos, en un escenario en que

**Figura 2:** Ficalizaciones, cobro y recaudación por patentes por no uso de derechos.





las patentes se tornarían impagables dado que el factor de cálculo se multiplica a través del tiempo. Sin embargo, a través de la Tesorería General de la República lo que se observa es que si bien el cómputo de pago se ha incrementado (ver línea roja en *Figura 2*), esto no necesariamente ha significado una mayor devolución o mejor recaudación. De hecho, en la línea azul de la *Figura 2* se observa que aunque la recaudación aumenta, este incremento se mantiene inferior al cobro.

En cuanto al sistema, existen diversos problemas en su propia concepción. En la nómina de cobro de patentes no están todos los derechos invocados, puesto que algunos usuarios no inscriben sus derechos y no forman parte de la nómina de patentes, y por ende, dichos derechos no pueden cobrarse, ya que además parte del procedimiento de cobro –que es judicial– requiere del embargo del derecho.

Actualmente, de acuerdo a este incremento en el factor de las patentes, también existen múltiples derechos o titulares que han renunciado a ellos. En el *Recuadro 1* se observan las renunciaciones de derechos no consuntivos hasta 2018, con un 36% en Aysén y un 19% en Los Lagos. En cuanto a caudales por derecho, existe un total de 2 mil 328

**Recuadro 1:** Especulación y patentes por no uso de derechos (PNU).

Derechos de aprovechamiento de aguas renunciados				
Regiones	N° no consuntivos	Caudal promedio mensual		Porcentaje
		m³/s	l/s	
O'Higgins	2	6,60	6.600,00	2,1 %
Maule	2	18,33	18.333,33	2,1 %
Biobío	7	59,95	59.945,83	7,3 %
La Araucanía	16	786,29	786.287,75	16,7 %
Los Lagos	19	1.998,53	1.998.534,66	19,8 %
Aysén	35	3.393,05	3.393.054,42	36,5 %
Metropolitana	4	25,04	25.038,01	4,2 %
Los Ríos	11	205,01	205.011,33	11,5 %
Total	96,00	6.492,80	6.492.805,33	100 %

Derechos de aprovechamiento de aguas renunciados				
Regiones	N° no consuntivos	Caudal promedio mensual		Porcentaje
		m³/s	l/s	
Valparaíso	2	34,11	34.106,33	7,4 %
Biobío	4	0,28	280,11	14,8 %
La Araucanía	10	6,46	6.456,67	37,0 %
Los Lagos	8	4,55	4.550,92	29,6 %
Aysén	3	139,00	139.000,00	11,1 %
Total	27,00	184,40	184.394,03	100 %
Metropolitana	4	25,04	25.038,01	4,2 %
Los Ríos	11	205,01	205.011,33	11,5 %
Total	96,00	6.492,80	6.492.805,33	100 %

derechos no consuntivos y un caudal equivalente a 24.993.502 l/s (42% del caudal otorgado como no consuntivo). Respecto de los derechos consuntivos, las renunciaciones a nivel nacional alcanzan un total de 184.394 l/s.

## Desafíos

Se constituyen como principales desafíos la gestión para el consumo humano, la conservación ambiental como derecho a utilizar agua y el crecimiento económico, refiriéndose este último a la certeza jurídica

**Recuadro 2:** Gasto camiones aljibes.

Gasto 2011 – 2017	
Año	Gasto \$MM
2011	2.529
2012	12.062
2013	12.378
2014	28.057
2015	46.323
2016	29.411
2017	29.084

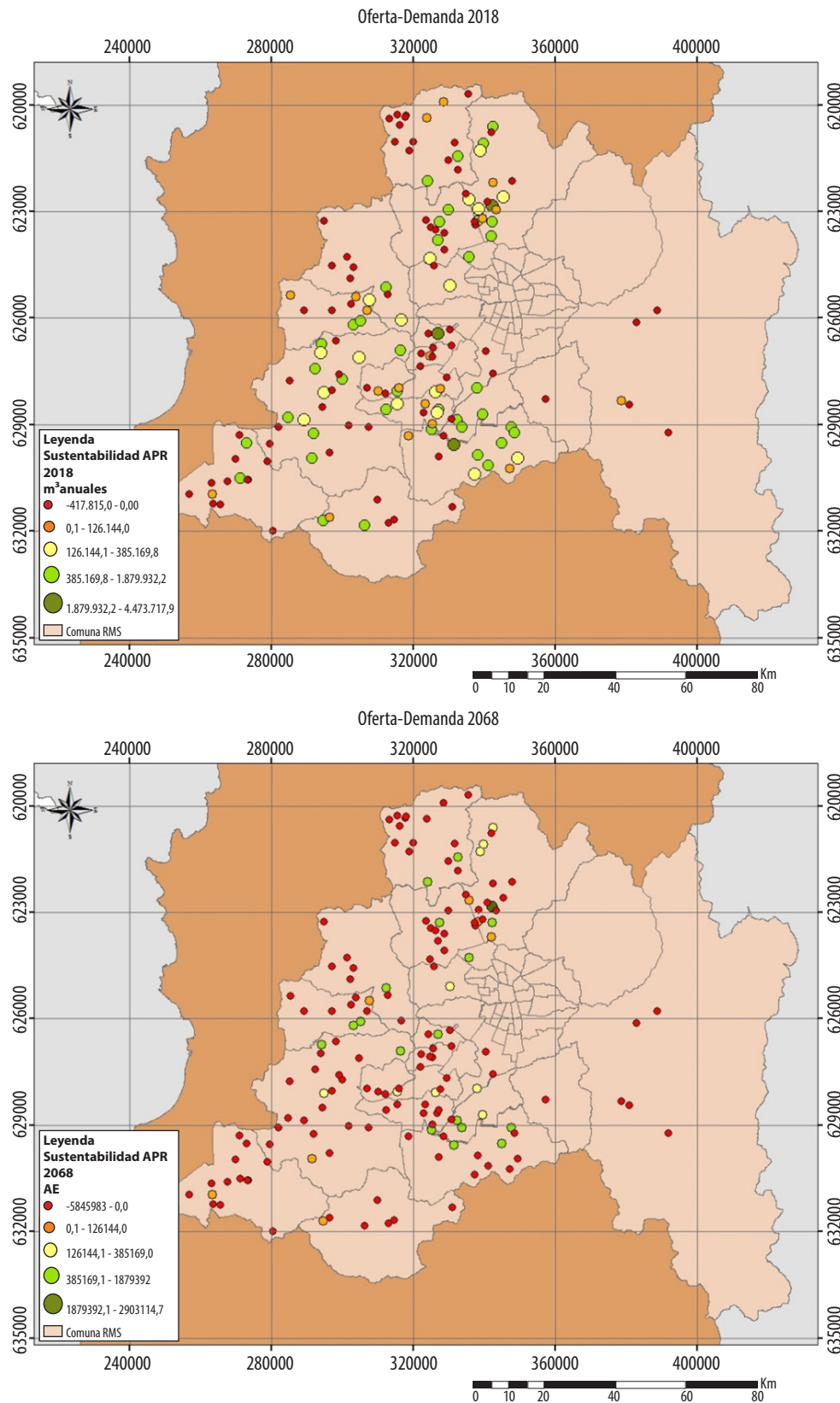
Gasto enero - julio	
Región	Gasto \$MM
Coquimbo	3.822
Valparaíso	674
Metropolitana	647
Maule	674
Biobío	99
La Araucanía	499
Los Ríos	280
Los Lagos	438
Total	7.133

Fuente: Unidad de Gestión de Riesgos y Emergencias, Ministerio del Interior (abril 2018) y Unidad de Coordinación de Fondos de Emergencia, Onemi (abril 2018).

con una mejor gestión legal del recurso hídrico.

En cuanto a la gestión del agua para consumo humano, en el *Recuadro 2* se puede cuantificar el gasto del Estado para la provisión de agua mediante camiones aljibes. Los datos, entrega-

**Figura 3:** Gestión de agua para consumo humano, proyección a 2068.



dos por la Oficina Nacional de Emergencia, muestran que entre enero y julio de 2018 el gasto ha ido en aumento, alcanzando 7 mil 124 millones. Asimismo, al revisar el gasto entre 2011 y 2017 se observa que en el primer año se cuantifican 2 mil 529 millones, sumando 29 mil 84 millones en 2017.

Tomando como referencia el caso de Petorca, la gestión del agua para consumo humano entre 2014 y 2018 alcanzó los \$7.513.274.054 millones en camiones aljibes. Se estiman 52 litros diarios por persona, cantidad equivalente a 15,4 l/s, siendo hoy requeridos 36 l/s.

En cuanto a la demanda en los APR en la Región Metropolitana, hasta 2018 un 53% de estos presenta déficit hídrico, estimándose que en 2068 el 79% de los APR estarán con déficit (ver *Figura 3*), lo que evidencia una falta de planificación del recurso hídrico, que es lo que debe atenderse.

### Conservación

Actualmente, los caudales ecológicos no son fiscalizados directamente por la Dirección General de Aguas. Al no existir el derecho de conservación, lo que la DGA propone es una indicación al Código de Aguas para la creación de un derecho de agua de conservación, el cual esté exento de la patente por no uso y preserve el equilibrio eco-



Figura 4: Certeza hídrica, nuevas fuentes como infiltración.

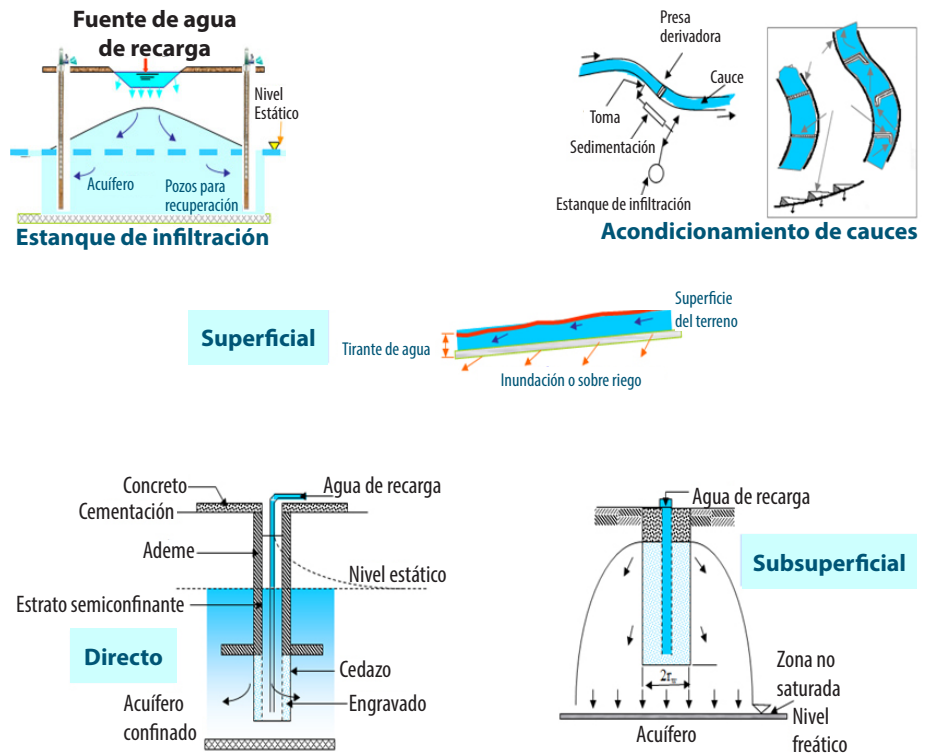
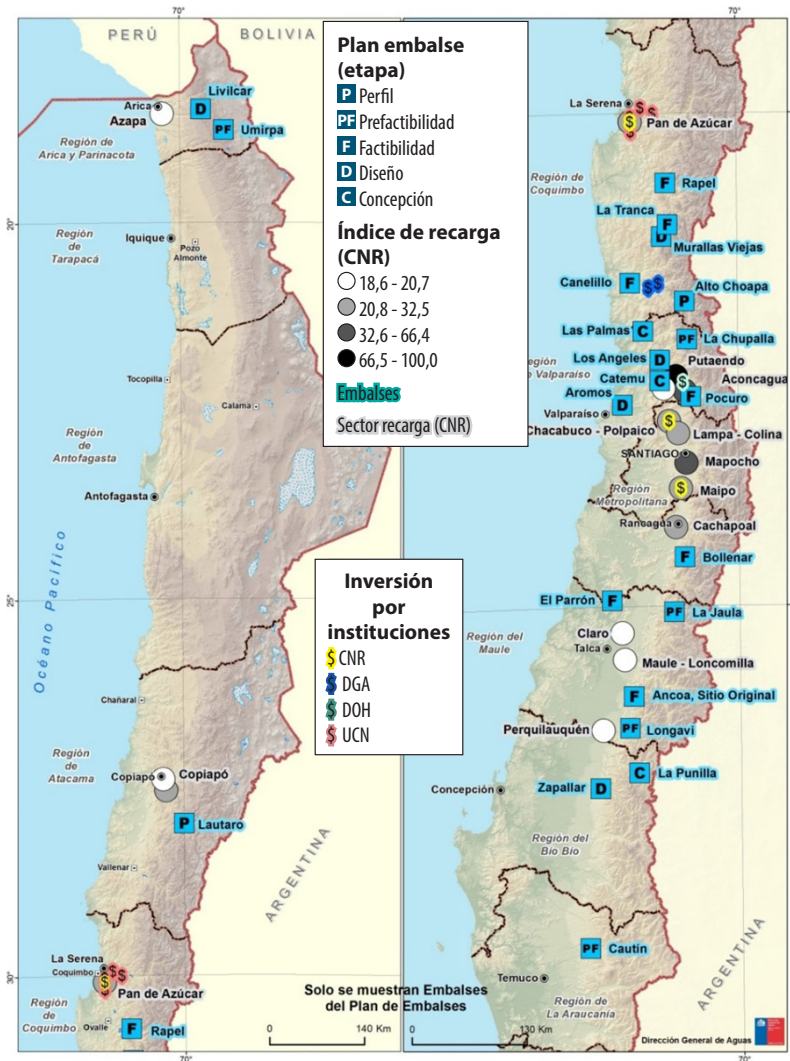
lógico y las napas subterráneas del lugar.

### Certeza hídrica

En lo que respecta a la sobreexplotación, lo que más afecta a los balances son los derechos regularizados por la vía judicial, puesto que los tribunales, incluso sin contar con los informes de la Dirección General de Aguas ni con las disponibilidades de la zona, resuelven afectando los derechos de terceros.

En cuanto a las herramientas que proporciona el Código de Aguas, el Recuadro 3 da cuenta de que para regular el sobreotorgamiento de derechos de aprovechamiento de aguas existen la declaración de áreas de restricción (artículo 65), las zonas de prohibición (artículo 63) y las declaraciones de agotamiento (artículo 282).

Asimismo, se dispone de otros instrumentos para situaciones de amenaza de sustentabilidad, casos de extrema sequía, fiscalización y medición; y organizaciones de usuarios de agua (tanto para comunidades como para juntas de vigilancia), sobre todo en lo que respecta al cuidado y sustentabilidad de los acuíferos. Sobre este último punto, si bien muchas organizaciones no se han logrado constituir, actualmente se trabaja en un proceso de reforma a la constitución de estas







## **Soluciones eficientes de abastecimiento y monitoreo de recursos hídricos.**

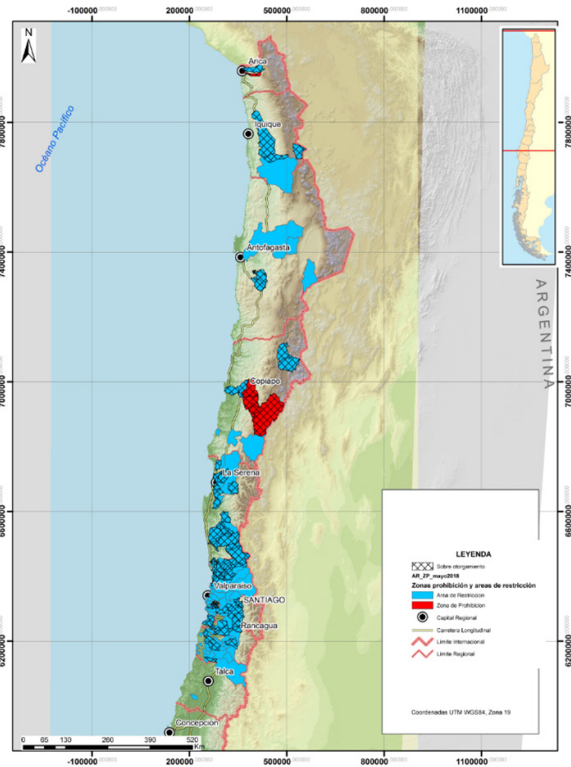
- Pozos profundos.
- Equipos de bombeo e impulsiones.
- Equipos de monitoreo y control.
- Operación y mantención .
- Gestión de Recursos Hídricos.
- Organismo de Inspección Ambiental (ETFA)



**Recuadro 3: Herramientas del Código de Aguas.**

**Sobre explotación**

- DGA con uso previsible
- DAA otorgados por Tribunales
- DAA SAG
- Extracción ilegal



**■ Para regular el otorgamiento de DAA**

- Áreas de restricción (art. 65)
- Declarar zonas de Prohibición (art. 63)
- Declaración de agotamiento (art. 282)

**■ Para situaciones de amenaza sustentabilidad**

- Reducción temporal Ejercicio Derechos de Aprovechamiento a prorata (art. 62)
  - ◆ Para casos de extrema sequía
- Declaración de zona de escasez (art.314)
  - ◆ Fiscalización y medición ( Ley 21.064)
  - ◆ Organización de Usuarios de Aguas (OUA)
- 558 OUA
- **16% del registro de OUA en el Catastro Público de Aguas fracasó en el intento de registro y nacimiento legal.**

organizaciones, para que asuman un rol protagónico y de co fiscalizadoras de los usuarios de agua.

Para la nuevas fuentes de recarga, actualmente se trabaja en la infiltración de recursos hídricos, existiendo algunos proyectos en curso. El reglamento de aguas subterráneas se encuentra en proceso de revisión para flexibilizar y agilizar los procedimientos de recarga de acuíferos, sobre todo en zonas vulnerables (ver Figura 4).

**Principales desafíos de la DGA**

Un problema fundamental que enfrenta la DGA es la multiplicidad de datos respecto de una misma información, para lo cual se busca unificar y mejorar la entrega de información.

Asimismo, se trabaja en perfeccionar los planes de cuenca y dentro de la aplicación de la ley 21.064 en incorporar mediciones por telemetría e información en base a fiscalización. Igualmente, se busca la implementación de tramitaciones más expeditas a través de un sistema electrónico.

Y finalmente, respecto de la recaudación por patentes por no uso, se identifica como problema el hecho de que la recaudación por patente no va directamente la Dirección General de Aguas, sino que a fondos de desarrollo regional.

**Recuadro 4: Reformas al Código de Aguas.**

- Permitir que el Estado pueda recuperar DAA entregados por razones de bien nacional
- Promover el uso del agua
- Limitación del ejercicio de los derechos de aprovechamiento de aguas, en función del interés público
- Protección de área protegidas y glaciares

---

Categorización Posibles usos del agua y usos prioritarios

- Subsistencia y uso para el consumo humano y el saneamiento
- Preservación ecosistémica
- Productivos

Regularización de derechos de aprovechamiento

Regular Mercado del agua

---

**Planes de manejo y OUA**

**Nuevas Fuentes de aguas**

**Mejorar las decisiones y medidas de intervención y reducción o redistribución**

- Temporalidad
- Caducidad
- Aumento patentes
- Mayor discrecionalidad de la DGA (interés público)
- DAA amarrados a fines específicos
- Prioridad en otorgamiento de DAA
- Prohibición de constitución de DAA en glaciares

- Compra DAA
- Aumento patentes
- Rol activo OUA en planes para períodos de escasez
- Facilidades de otorgamiento de DAA para uso humano
- DAA para conservación
- Prohibición de constitución de DAA en glaciares
- Facilitar regularización de DAA
- Potenciar el mercado del agua y su transparencia

The logo for ACG, consisting of the letters 'ACG' in a stylized, bold, orange font with a blue outline, set against a dark blue background.

holding acp



## LA MEJOR TECNOLOGÍA EN PERFORACIÓN DE POZOS AMBIENTALES

Con mas de 14 años de trayectoria, 17 equipos de perforación, y más de 700.000 metros de experiencia, concluimos que nuestros procesos van de la mano con la nueva tecnología.

### PERFORACIÓN SÓNICA

¿Por qué es tan valioso para usted?

Rendimientos altos con velocidades de penetración extremadamente rápidas en terrenos aluviales.

En versiones RotoSonic para fracturación de la roca y penetración del concreto y de otros niveles de alta densidad.

Un carro de perforación pequeño y ligero con una potencia excepcional.

La posibilidad de perforar en lugares muy contaminados, limitando mucho el manchado.

Muestras de alta calidad en niveles de suelos secos y saturados.

Puntazas o tallantes perdidos para la instalación de pozos, sistemas de intercambio de frío-calor y perforación para sísmica de exploración.

La posibilidad de usar pozos de monitoreo premontados con collarines de bentonita preformados o BentoBlocks sin inyección. Retirada fácil de la tubería y el utillaje de perforación mediante el uso de vibraciones sonic.

+56 512 566 580

INFO@ACGGEOSONIC.CL



# Tensión entre normativa y práctica: Gestión sustentable del agua subterránea en Chile



Humberto Peña\*

*Ponencia realizada durante la Quinta Jornada Técnica 2019 "La Ligua y Petorca: Una mirada a la realidad actual, contexto histórico y propuesta de solución" de Alhsud Chile.*

*Humberto Peña es ingeniero civil hidráulico por la PUC y ex director de la Dirección General de Aguas (DGA), entre 1994 y 2006. Es 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 socio de DIAgua.*

Con el objetivo de lograr una gestión sustentable de las aguas subterráneas, desde la década de 1980 se han desarrollado una serie de iniciativas en relación a las normativas y políticas públicas. Esta dinámica se ha generado en el contexto del gran interés por la explotación de las aguas subterráneas, con el objetivo de atender las nuevas demandas.

La experiencia de estos últimos años permite comprobar que la tarea de establecer un sistema de gestión que garantice la sustentabilidad de los acuíferos –cuando existen incentivos económicos relevantes para su aprovechamiento– es un desafío complejo que necesita superar obstáculos de diversa índole y desarrollar acciones en distintas áreas.

Así, la gestión sustentable de las aguas subterráneas requiere de un marco legal funcional a la naturaleza del tema; instituciones adecuadas para la aplica-

ción de dicho marco legal; políticas y programas que den respuesta a los desafíos que se presenten; y un conocimiento de las aguas subterráneas y su comportamiento, esto a nivel de instituciones, usuarios y sociedad en general, acorde con los papeles que deben desempeñar.

En los últimos 40 años, diversos factores internos y externos han incidido en un desarrollo acelerado del aprovechamiento de los recursos subterráneos en el país. Esta dinámica ha puesto en manifiesto los déficits de distinta naturaleza que afectan la gestión del agua subterránea y que ponen en riesgo su aprovechamiento sustentable.

Durante este período se han desarrollado numerosas iniciativas en el ámbito legal, institucional y técnico para superar los problemas detectados, con resultados variados e inciertos. Dichas iniciativas, han respondido a diagnósticos y concepciones diferentes y, en ocasiones, han conducido a actuaciones contradictorias.

Para el siguiente análisis crítico se distinguen tres periodos:

- 1981 – 1993: Caracterizado por una explotación incipiente de las aguas subterráneas y una reducida preocupación por el tema.
- 1995 – 2005: Se incorporan cambios a las regulaciones y a las prácticas administrativas en un contexto de expansión acelerada de los aprovechamientos.
- 2006 – presente: Se aplican los cambios normativos ya realizados y el manejo de las aguas subterráneas se realiza en un escenario de creciente escasez.

En cada uno de estos tres periodos, el análisis se realiza enfatizando en que la gestión de las aguas no responde solamente a un marco normativo, sino que a la forma concreta en cómo se interpretan y se aplican las disposiciones legales vigentes, a las capacidades institucionales disponibles, a las políticas públicas implementadas, a la actuación práctica de la administración y de los usuarios; y a la cultura y co-

nocimiento de las particularidades que presenta el manejo de las aguas subterráneas, entre otros factores.

Finalmente, se hace una evaluación de los avances de las iniciativas desarrolladas para adecuar el sistema de gestión a las nuevas exigencias y de los déficits que aún presenta en orden a garantizar una gestión sustentable de los acuíferos.

### El concepto de gestión sustentable

La gestión de las aguas subterráneas presenta características únicas que la hacen especialmente difícil y compleja, no siendo extraño que la gravedad de los problemas de gobernanza de las aguas subterráneas sean motivo de preocupación a nivel mundial, y que no existan modelos de gestión que puedan ser seguidos en cualquier realidad local. Al respecto, el diagnóstico de los grupos expertos y de las entidades especializadas a nivel internacional señala que: “la gobernanza del agua subterránea es pobre –inclusive en gran medida ausente– en la mayor parte del mundo”.

Entre los factores que afectan la gobernanza de las aguas subterráneas, se identifican los siguientes:

1. La complejidad técnica de su estudio, debido a las restringidas posibilidades de acceder a un conocimiento completo de las propiedades de los acuíferos y de los procesos de recarga y descarga. Así, la determinación de la disponibilidad de las aguas subterráneas y los efectos de su explota-

ción siempre presentan un grado de incertidumbre, sustantivamente mayor al posible de alcanzar en la gestión de las aguas superficiales.

2. La dificultad de relacionar los efectos con las causas y el retardo con que ellos se manifiestan hace difícil la solución de conflictos, favorece los comportamientos sociales irresponsables y afecta la asociatividad. Así, diversas actuaciones que tienen un impacto en un futuro lejano no son corregidas en forma oportuna.
3. La función de fiscalización –y, en general, de protección de los acuíferos– resulta de difícil implementación, ya que se trata de controlar actividades que se desarrollan en territorios muy extensos o en espacios protegidos por la propiedad privada de los suelos. Además, se necesita controlar acciones que tienen importantes incentivos económicos y en los que la sustentabilidad de los recursos hídricos subterráneos son una externalidad para los actores<sup>2</sup>.
4. La necesidad de una adecuada gestión del agua subterránea, salvo excepciones, es un hecho reciente y la sociedad no ha acumulado una experiencia prolongada en el tema. De este modo, los gobiernos, los usuarios, y la población en general tienden a reaccionar solo cuando las crisis se tornan evidentes.
5. La interacción de las aguas subterráneas con

el manejo del suelo y las actividades que se desarrollan en el territorio es intensa. Así, la gestión de las aguas subterráneas requiere de una amplia coordinación con múltiples sectores, lo que resulta especialmente difícil en el marco de fragmentación de la institucionalidad y de coexistencia entre múltiples mercados que caracteriza a las sociedades modernas.

No obstante estos problemas, las aguas subterráneas constituyen un recurso valioso que puede contribuir eficazmente a alcanzar objetivos de equidad social, crecimiento económico y sostenibilidad medioambiental. En este contexto, se presenta como un objetivo nacional maximizar el aporte de las aguas subterráneas al desarrollo en un marco de sustentabilidad.

Esto significa que la simple conservación de los recursos subterráneos no es opción si ello implica que el aprovechamiento de estos se mantiene bajo los niveles que resultan técnica, ambiental y socialmente aceptables. Para ese objetivo, se requiere realizar una gestión de las aguas subterráneas que permita el aprovechamiento de los recursos en un nivel compatible con los efectos sociales, económicos y ambientales de corto, mediano y largo plazo, que pudieran ser negativos.

La extracción y aprovechamiento de los recursos subterráneos necesariamente genera cambios en diversas variables físicas y ambientales. Así, por ejem-

plo, la extracción de caudales subterráneos ineludiblemente produce descensos en los niveles para inducir flujos hacia los puntos de captación. Además, los efectos se propagan con un cierto retardo a toda la extensión del acuífero.

Debido a lo anterior, resulta una tarea compleja determinar en términos precisos cuándo se tiene una gestión sustentable del agua subterránea, así como su contrapartida, cuándo se presenta una sobreexplotación de los acuíferos<sup>3</sup>.

Además, los valores reales de las recargas y descargas son inciertos e interdependientes entre sí; hay tendencias que se presentan durante un cierto período, pero corresponden solo a estados transitorios para alcanzar un nuevo nivel de equilibrio de largo plazo; y los umbrales de las variables que resultan aceptables socialmente (por ejemplo: niveles freáticos, aportes a los cauces, calidad de las aguas) cambian con el tiempo y dependen de consideraciones externas al recurso hídrico. Asimismo, la sustentabilidad de la explotación de un acuífero puede estar amenazada no solo por el incremento de las extracciones, que es la causa más frecuente, sino por situaciones que pueden afectar la magnitud de las recargas (por ejemplo, debido al cambio climático, revestimiento de cauces, urbanización, entre otros) o la calidad de las aguas.

Así, en definitiva, la sustentabilidad se refiere a “un conjunto de objetivos establecidos por una insti-



tución gestora, de acuerdo con las leyes y reglamentos en vigor, con la implicación de los que tienen un interés en el agua subterránea, y teniendo en cuenta los condicionantes económicos, ecológicos, sociales y políticos”<sup>4</sup>.

Para los efectos de analizar la sustentabilidad de la gestión del agua subterránea en el país, este estudio se ha centrado en evaluar la forma en cómo se realizan algunas funciones relativas al manejo de los recursos subterráneos que resultan especialmente críticas. Ellas son:

- La asignación de los recursos de aguas subterráneas para su aprovechamiento por los particulares. En esta función se incluyen los procesos que conducen al otorgamiento de autorizaciones de extracción.
- La administración de las aguas subterráneas considerando aquellas acciones que se refieren al aprovechamiento de las aguas subterránea por los usuarios según las autorizaciones y regulaciones vigentes.
- La función de fiscalización y policía, conducente a impedir, corregir y castigar las acciones que se apartan de las normativas y resoluciones vigentes.
- El manejo de los procesos relacionados, que pueden afectar la recarga de los acuíferos.

El desempeño de dichas funciones se puede estudiar a partir de los distintos componentes que contribuyen a la gobernanza del sector. Ellos son<sup>5</sup>:

- El marco jurídico que regula las actividades de los distintos actores relacionadas con la gestión de las aguas o que las afectan de cualquier forma.
- El marco institucional constituido por las entidades públicas encargados de las tareas de administración que competen al Estado, y las organizaciones de participación de los interesados, y de coordinación con otros sectores.
- Las políticas y planes que se relacionan con el manejo de las aguas subterráneas.
- El conocimiento de los sistemas de agua subterránea y la conciencia de su importancia, en el ámbito de las instituciones, los usuarios y la sociedad en su conjunto.

De acuerdo con lo anterior, a continuación, se analiza el comportamiento de estas funciones (asignación, administración, fiscalización y policía, manejo de procesos relacionados) y de los componentes de la

gobernanza (marco legal, marco institucional, políticas y planes, conocimiento y conciencia) para distintas épocas de la gestión de las aguas subterráneas del país.

### Desarrollo del agua subterránea en contexto de abundancia (1981 – 94)

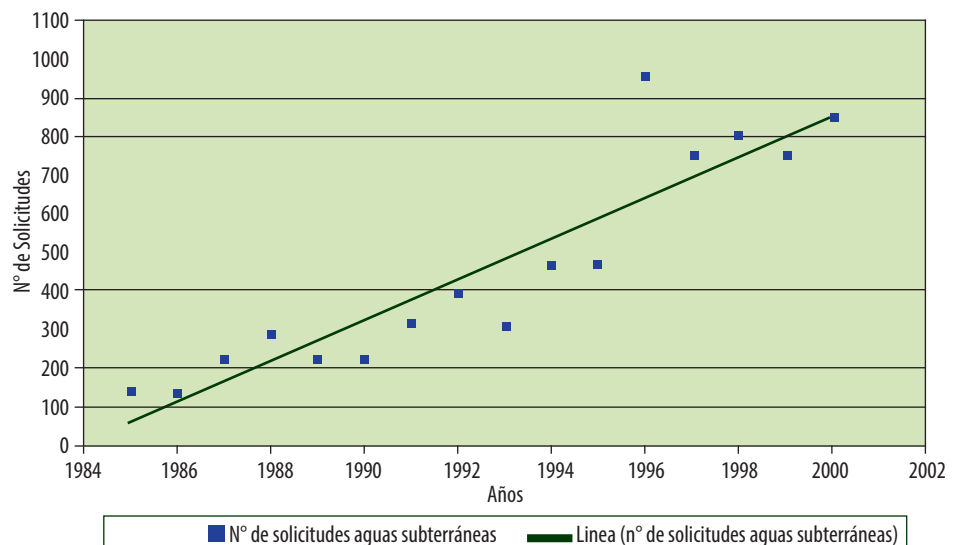
Desde principios del siglo XX, en Chile se realizaron trabajos de perforación de pozos para la extracción de aguas subterráneas. No obstante, cuando en 1981 se dictó un nuevo Código de Aguas (CA-81), el aprovechamiento de éstas era muy reducido. Se estimaba que existían unos 2.000 pozos operativos, dedicados al abastecimiento del agua potable (40%), al regadío (37%) y a la industria (23%). Una elevada proporción de dichos pozos habían sido construidos directamente o encargados por los servicios públicos sanitarios o por la CORFO<sup>6</sup>.

En este escenario, hasta 1981 las aguas subterráneas habían sido objeto de escasa preocupación en la legislación. Aunque, salvo excepciones, eran reconocidas como bienes nacionales de uso público y su uso –exceptuado el uso doméstico– requería de la concesión de un derecho de agua, el tema de la sostenibilidad de las explotaciones en esa época resultaba una preocupación más teórica que real.

La legislación (Código de Aguas, 1969) no hacía menciones directas al tema, sin perjuicio de que el artículo 61 del Código de Aguas autorizaba en forma genérica a la Dirección General de Aguas (DGA) “para regular las exploraciones que vayan a efectuarse con el objeto de alumbrar aguas subterráneas y para prohibirlas cuando lo considere necesario”.

A principios de la década de 1980, esta situación estaba evolucionando. La perforación de pozos se había incrementado y las

Figura 1: Número de solicitudes de aguas subterráneas.



Fuente: Dirección General de Aguas.

solicitudes a la DGA para constituir nuevos derechos eran del orden de 100 solicitudes anuales, sin considerar que los pozos para abastecimiento de agua potable usualmente no solicitaban la constitución de derechos de aprovechamiento (ver *Figura 1*).

Asimismo, la apertura del país al comercio internacional creaba incentivos para el desarrollo de rubros de exportación, como la fruticultura, que dependen estrechamente de un adecuado suministro de agua. Estas nuevas demandas se presentaban en un contexto en el que los derechos de aprovechamiento de aguas superficiales en las zonas de riego ya estaban asignados, lo que otorgaba un nuevo atractivo a las fuentes no

utilizadas, como era el caso de las aguas subterráneas.

En este escenario, el CA-81 dedicó el título VI del libro primero –con 13 artículos– a las aguas subterráneas, sin perjuicio de las disposiciones generales aplicables a todo tipo de aguas. Entre otras materias, el CA-81 facultó a la Dirección General de Aguas (DGA) a establecer normas generales para la explotación de aguas subterráneas (art. 59, CA-81) lo que se hizo efectivo mediante la resolución DGA N° 207 de 1983, que estableció las normas de exploración y explotación de aguas subterráneas.

Más allá de las normas dirigidas a regular las interferencias locales (art. 61, CA-81), la nueva legislación

incorporó algunas normativas específicas orientadas a dar sustentabilidad a las explotaciones: la facultad de declarar zonas de prohibición para nuevas explotaciones (art. 63, CA-81); la posibilidad de declarar áreas de restricción, a solicitud de un usuario, cuando exista el riesgo grave de disminución de un determinado acuífero, con el consiguiente perjuicio a terceros; y facultad de establecer la reducción temporal a prorrata del ejercicio de los derechos, cuando la explotación de unos afecta a otros titulares, a petición de un afectado (art. 62, CA-81).

A lo anterior, se deben agregar los resguardos comunes a todas las aguas superficiales y subterráneas. Entre ellos, cabe destacar la

obligación de publicar las solicitudes que se hacen a la DGA, la facultad de presentar oposiciones, reconsideraciones y reclamaciones por los interesados, y la obligación de la autoridad de constituir los derechos de aprovechamiento solicitados “siempre que exista disponibilidad del recurso y fuere legalmente procedente” (art. 141, CA-81), “no pudiendo perjudicar ni menoscabar derechos de terceros” (art. 22, CA-81), regulaciones que se señala expresamente que son aplicables a las aguas subterráneas (art. 57, CA-81).

En relación a estas disposiciones y su reglamentación mediante la resolución DGA n°207 de 1983, importa destacar que el área de restricción fue concebida

**A** bogados e ingenieros se unieron para prestar servicios integrales en la gestión de recursos naturales. De esta manera, DIAGua apoya los intereses y proyectos de sus clientes en los mercados regulados.

“Hemos participado en la gestación de importantes proyectos que hacen uso de las aguas terrestres, ayudando a identificar los elementos esenciales que determinarán su éxito y viabilidad, tanto desde la perspectiva técnica como jurídica”, explica Pablo Jaeger, director ejecutivo de DIAGua.

El equipo de profesionales domina a cabalidad tanto la normativa vigente como las prácticas y criterios de los servicios públicos que intervienen en las aprobaciones sectoriales, lo que ayuda a prever el desarrollo crítico de los proyectos.

“Dado que tenemos amplia experiencia en la tramitación de permisos y autorizaciones sectoriales, podemos identificar anticipadamente las situaciones que permitirán optimizar el tiempo y los recursos asociados a esas tramitaciones”, detalla Pablo Jaeger.

#### INTEGRAL

La asesoría integral que entrega

## DIAGua: asesoría integral en gestión de recursos naturales

La perfecta conjunción entre el derecho y la ingeniería más el fuerte compromiso de los profesionales de DIAGua con sus clientes facilitan la tramitación de permisos, autorizaciones e, incluso, la planificación de los proyectos.

DIAGua incluye planificación estratégica de proyectos, dirección y supervisión de estudios e investigaciones, litigación y solución de controversias. Los profesionales con vasta experiencia en el derecho de los recursos naturales están convencidos de que –en la gestión de los recursos naturales y del agua, en particular– debe existir una estrecha relación entre el ámbito jurídico y los conocimientos técnicos de la ingeniería.

“Nuestra experiencia nos ha demostrado que estos conocimientos son complementarios y permiten enfrentar el desarrollo de los proyectos

de manera mucho más eficiente”, afirma Jaeger.

La consultora ha asesorado a clientes privados y públicos en conflictos de diversa índole, trabajando siempre por alcanzar acuerdos que permitan salvar las diferencias. Sin embargo, como no siempre es posible lograr consensos, los profesionales de DIAGua también han defendido causas ante tribunales de justicia, servicios públicos y jueces ábitros, centrándose en la gestión eficiente de recursos naturales.

Los años de experiencia en el diseño y aplicación del derecho y la ingeniería de recursos hídricos, más el aporte del equipo al perfeccionamiento del marco jurídico convierten a DIAGUA en un apoyo estratégico para quienes deseen llevar adelante proyectos para los cuales resulta vital el uso y gestión de recursos naturales, especialmente, en proyectos mineros, hidroeléctricos, sanitarios, obras públicas, inmobiliarios y agrícolas.





como una medida precautoria y preventiva (que “exista el riesgo grave”), que se aplica a solicitud de los usuarios, y cuando existen descensos medidos por más de 5 años consecutivos, disminuyendo el rendimiento efectivo de al menos el 50% de los pozos del sector (art. 20, DGA 207/83). Para la declaración de zona de prohibición, en tanto, se establece entre los requisitos que “la zona haya sido declarada previamente área de restricción” (art. 22, DGA 207/83).

Estas disposiciones se aplicaron en el período 1981-1995, cuando el interés por la explotación del agua subterránea presentó un fuerte incremento, pasando de 100 solicitudes de derechos en 1981 a 500 al final del período, en 1995 (ver *Figura 1*). Aunque en esos años no se observaron muestras evidentes de problemas relacionados con la sustentabilidad de las explotaciones, la aplicación práctica de estas normativas, en el largo plazo han incidido en la sobreexplotación de varios acuíferos.

Los principales problemas que se pueden identificar se refieren a las normativas mismas, a la aplicación de los instrumentos existentes por las instituciones y los usuarios, y a los déficits de conocimiento sobre el tema en el país. Al respecto, resulta necesarios los siguientes comentarios:

1. En la práctica normal de la DGA, la determinación de la disponibilidad de agua para constituir nuevos derechos de aprovechamiento, se restringió a la

verificación de una prueba de bombeo, ensayo que entrega información sobre la existencia del agua y la aptitud de la obra para extraer el recurso, además de la capacidad del acuífero para alimentar el pozo de aguas en el corto plazo, pero no da información sobre la sustentabilidad del sistema acuífero en un escenario de largo plazo y considerando la explotación del conjunto de derechos comprometidos. Esto significa que en el período no se evaluó el tema de la sustentabilidad de las explotaciones en la asignación de nuevos derechos.

2. De acuerdo con la normativa vigente (DGA, 207/83), la declaración de área de restricción exigía la verificación de descensos sostenidos de los niveles freáticos. Esa aproximación resultaba completamente inadecuada ya que los efectos de los derechos de aprovechamientos otorgados pueden manifestarse con mucho retraso, tanto por demora en el completo uso de lo autorizado como por la lenta dinámica característica de las aguas subterráneas. La tardanza en reaccionar, que pudiera no ser relevante cuando el ritmo de incorporación de nuevas explotaciones es lento, en un escenario de crecimiento acelerado resulta crítica y no es eficaz para controlar el riesgo de una futura sobreexplotación.
3. El conocimiento de los acuíferos chilenos en esos años estaba en un nivel incipiente, sin informa-

ción válida acerca de la hidrogeología (geometría, parámetros elásticos, estratigrafía, etcétera), extracciones y recargas. Sólo existían estudios generales desarrollados por CORFO en algunos acuíferos, en especial del norte grande, pero las herramientas tecnológicas indispensables para evaluar distintos escenarios de extracciones no estaban en un nivel operativo. En particular, los modelos matemáticos para simular el comportamiento de los acuíferos estaban en una fase de desarrollo teórico y de introducción en el país, pero sin una aplicación práctica directa<sup>7</sup>. El primer modelo de aguas subterráneas que desarrolló la DGA con el propósito de efectivamente evaluar la disponibilidad de aguas se realizó en el acuífero de Copiapó, a fines de los años 80, sin embargo, su operatividad para simular escenarios alternativos era muy limitada.

4. Los instrumentos incluidos en la normativa para prevenir la afección a terceros y la sustentabilidad de las explotaciones cuya iniciativa estaba radicada en los usuarios, tales como la presentación de oposiciones, la solicitud de reducción temporal de las extracciones o la declaración de áreas de restricción (y por extensión la declaración de zona de prohibición, ya que la restricción era una condición para su aplicación) no fueron utilizados por los usuarios. Ello se explica en primer

lugar por el escaso nivel de información y de conciencia sobre el comportamiento de las aguas subterráneas de los usuarios. Además, está la presencia de una cultura orientada a evitar la conflictividad que significa oponerse a usuarios de sectores aledaños con los que se mantiene relaciones en diversos ámbitos (sociales y económicos), y la ausencia de una convicción fuerte de que efectivamente existía un riesgo a las explotaciones en el largo plazo. En este sentido, la filosofía del CA-81, orientada a limitar la iniciativa de la Administración y radicarla en forma exclusiva en los usuarios, asumiendo que era una garantía suficiente para la protección de sus intereses, resultó completamente errada.

5. La aplicación de la legislación establecía una escasa relación entre los derechos constituidos por la DGA con el uso efectivo de las aguas subterráneas, ya que ellos se otorgaban a partir del rendimiento de los pozos y sin mediar una justificación de las demandas.

De acuerdo con lo señalado, prácticamente la totalidad de los derechos de aprovechamiento solicitados sobre aguas subterráneas en ese período se constituyeron según los caudales máximos definidos en las pruebas de bombeo y se puede concluir que la normativa, los criterios en aplicación, las capacidades institucionales y el nivel de conocimiento disponible no

aseguraban la sustentabilidad de las explotaciones, la no afección de derechos de terceros y de los servicios ambientales asociados a las aguas subterráneas. Sin embargo, considerando la lenta respuesta de los sistemas acuíferos y la magnitud de las extracciones acumuladas en ese período inicial de desarrollo de las fuentes de aguas subterráneas, estas falencias no se manifestaron en esa época.

En el período 1981-1994, el único caso de limitación a la explotación de las aguas subterráneas correspondió a la declaración del acuífero de Copiapó como zona de prohibición. Dicha limitación se impuso a partir de la evidente desproporción entre los caudales solicitados y los niveles de recarga estimados, sin que se aplicaran las condiciones definidas en las normativas<sup>8</sup> y en contradicción con las recomendaciones del estudio de modelación disponible<sup>9</sup>.

Así, por resolución DGA n°193 de 27/03/1993, se declaró prohibido el acuífero para nuevas explotaciones, lo que se aplicó para denegar todas las solicitudes de nuevos derechos ingresadas después del 1 de julio de 1993<sup>10</sup>. Una vez cerrado el acuífero no se tomaron medidas adicionales, considerando que los niveles freáticos durante toda la década de 1990 se mantuvieron elevados y recién a mediados de la década de 2000, en general, volvieron a los niveles existentes a principio de la década de 1980.

Es más, durante todo ese período autoridades locales y representantes empresariales hicieron distintas gestiones para modificar lo que en esa época se consideraba un criterio excesivamente conservador de la DGA y se procediera a levantar la declaración de zona de prohibición. Evidentemente, de acuerdo con el conocimiento que hoy tenemos, esta situación de

relativa estabilidad correspondía a un ciclo favorable de la hidrología de la zona y a un uso parcial de los derechos de aprovechamiento.

### Incorporación de regulaciones (1995 – 2005)

Sin perjuicio de que la legislación fuera modificada recién en 2005, a partir de 1994 se introdujeron cambios sustantivos en los criterios, procedimientos y políticas en aplicación por la administración, orientados a atender la necesidad de sustentabilidad de la gestión de los acuíferos.

En lo normativo, ello se expresó en la resolución DGA 186 de 1996, que reemplazó a la resolución DGA 207/83, estableciendo nuevas normas para la exploración y explotación de los acuíferos. En relación con los procedimientos y criterios de la administración, ello se tradujo en circulares internas de la DGA

que se consolidaron y complementaron en el Manual para la Administración de Recursos Hídricos, aprobado en su versión original por resolución DGA n° 1700 de 1999 (MARH/1999), y revisado por resolución DGA n° 1503 de 2002 (MARH/2002).

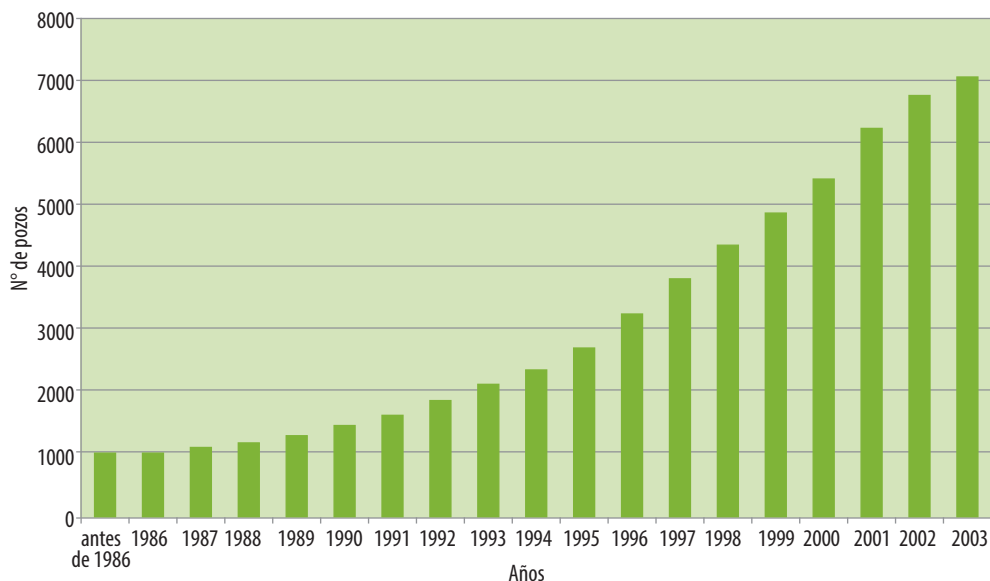
Este proceso se presentó en el marco de un gran interés en la explotación de aguas subterráneas, asociado al desarrollo minero y de la agricultura: fruticultura, vitivinicultura y hortalizas<sup>11</sup>. Así, de 300 solicitudes anuales de derechos de agua subterránea a principios de los años 90, se pasó a unas 800 en el año 2000 (ver *Figura 1*). El número de pozos para riego, declarados a través de solicitudes, a fines de 2000 se habían multiplicado por 7 en 10 años (ver *Figura 2*).

### Cambios normativos y legales del período

Los cambios más relevantes introducidos en la aplicación del ámbito normativo fueron los siguientes:

- Se incorporó como requisito de aplicación general (DGA 186/96; MARH/1999; MARH/2002) el análisis de la disponibilidad de aguas subterráneas a nivel del acuífero. Así, en adelante ya no bastaría con la mera comprobación de la existencia del agua y la posibilidad de extraerla mediante las pruebas de bombeo del pozo. Consistentemente con el concepto técnico de sustentabilidad (ver punto 2) se definió un caudal

**Figura 2:** Número acumulado de pozos vigentes ingresados desde la I Región a la Región Metropolitana, con uso para riego.

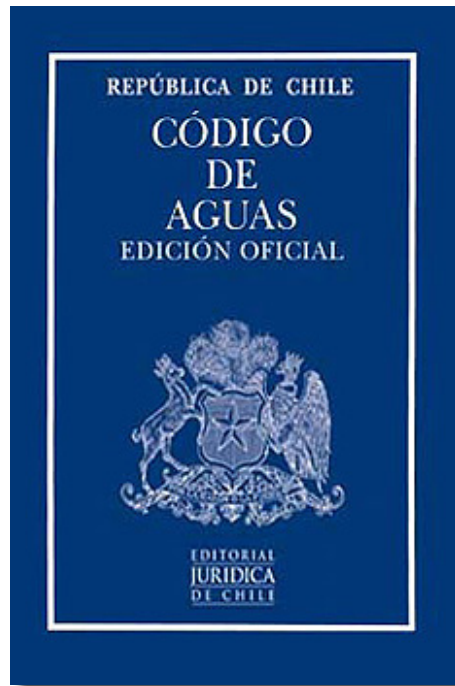


Fuente: Dirección Genreal de Aguas.



de explotación sustentable como “aquel caudal de explotación que permite un equilibrio de largo plazo del sistema, otorga respaldo físico a los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas otorgados, no genera afección a derechos de terceros (tanto derechos superficiales como subterráneos) y no produce impactos no deseados a la fuente y al medio ambiente”. Con ese objetivo, se debía determinar: i) La oferta de agua subterránea en el largo plazo; ii) Los derechos otorgados y los usos susceptibles de ser regularizados que deben ser respetados; iii) La demanda efectiva al acuífero de acuerdo con los derechos definidos en ii; y iv) El balance entre esa demanda efectiva y la oferta de recurso hídrico subterráneo.

b. La condición necesaria para declarar área de restricción se definió no ya sobre la base de evolución histórica de los niveles, como se establecía en la resolución DGA 186/96, sino sobre la base de resultados de estudios predictivos, de modo de anticiparse a las situaciones críticas. Así, se estableció como condición “que los estudios demuestren que existe riesgo de un descenso generalizado de los niveles estáticos en el largo plazo, que afecte la capacidad productiva de los acuíferos, debido a una insuficiente recarga en relación con la explotación existente” (art. 27, DGA 186/96).



c. Entre las condiciones de sustentabilidad para determinar la disponibilidad de recursos hídricos subterráneos, se estableció la necesidad de proteger los derechos superficiales conexos, señalando que: “en ningún caso podrá constituirse un derecho de aprovechamiento de aguas subterráneas, en aquellos sectores próximos a afloramientos o vertientes, si de ello resultare perjuicio o menoscabo a derechos de terceros” (art. 21, DGA 186/96). Para la implementación de esta condición se definieron umbrales cuantitativos incluidos en la reglamentación.

d. Considerando que la administración de las aguas subterráneas en un escenario de aprovechamiento intensivo de dichos recursos resulta inviable sin una participación organizada de los usuarios, se reglamentó la forma de organización de una comunidad de aguas subterráneas en

el caso de declaración de área de restricción (único caso contemplado en el CA-81) estableciendo que: “dicha comunidad deberá organizarse en la forma prevista en el párrafo 1º del Título III del Libro Segundo del Código de Aguas, siendo igualmente aplicables a ella las disposiciones contenidas en el citado párrafo, en cuanto sean compatibles con su naturaleza” (art. 28, DGA 186/96).

A estos cambios normativos, es necesario agregar los cambios legales relativos a la protección ambiental de los ecosistemas asociados a las aguas subterráneas. Esta temática se incluyó por 3 caminos distintos:

i. La implementación de la reforma legal (1992) del artículo 63 del CA-81, que estableció la prohibición de nuevas explotaciones en los acuíferos que alimentan vegas y bofedales en las regiones de Ta-

rapacá y Antofagasta.

- ii. El sistema de evaluación de impacto ambiental establecido por la ley de Bases del Medio Ambiente (1994).
- iii. La incorporación de los Planes de Alerta Temprano (PAT) como condicionantes al ejercicio de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas para proteger determinados bienes ambientales. Los PAT fueron concebidos en el marco del artículo 149-7 del CA-81, como especificaciones técnicas constitutivas del ejercicio del derecho de aprovechamiento, con el objetivo de condicionar las extracciones a los resultados de un programa especial de monitoreo.

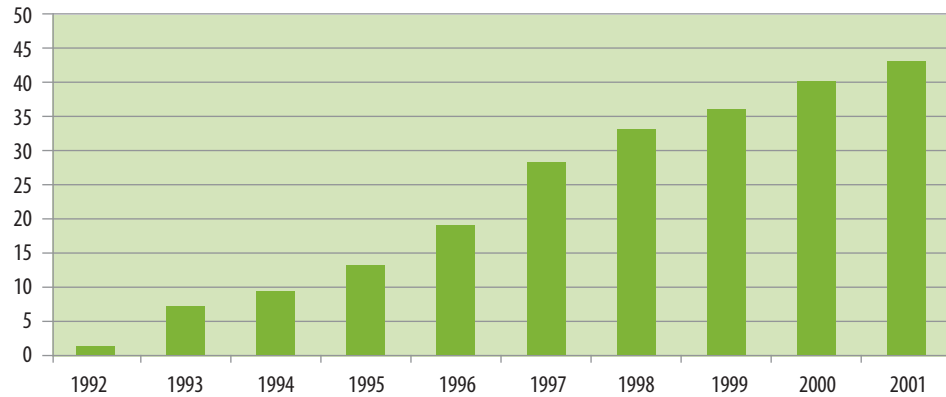
### Políticas y planes para la gestión sustentable

La aplicación de las nuevas normativas y procedimientos supuso el desarrollo de políticas y planes orientados a mejorar la información básica disponible de los acuíferos, las capacidades de predicción de su evolución y la participación de los usuarios en su manejo<sup>12</sup>. Al respecto, se tomaron las siguientes iniciativas:

- a. Preparación de catastros de derechos de aguas subterráneas y solicitudes en cada acuífero (información que no existía), para la determinación de la disponibilidad de aguas subterráneas para nuevos derechos de aprovechamiento.

- b. Desarrollo de estudios y modelaciones hidrogeológicas en los acuíferos más críticos. En el período en análisis hubo un avance significativo en esta materia de modo que a 2005 prácticamente la totalidad de los acuíferos desde la región de O'Higgins hacia el norte tenían, con distinto grado de profundidad, evaluaciones de aguas subterráneas y, en un porcentaje elevado de acuíferos se habían preparado modelos matemáticos del tipo *modflow*. Para este propósito, además de los estudios realizados en los acuíferos con un número elevado de usuarios por las instituciones públicas (por ejemplo: Maipo, Aconcagua, Petorca, La Ligua, Cachapoal, entre otros), se realizaron importantes investigaciones por empresas interesadas en el desarrollo de acuíferos en los que eran usuarios casi únicos (por ejemplo: Laguna del Huasco, Michilla, Monturaqui-Negrillar y Ollahue, entre otros).
- c. Implementación de un programa para el control de extracciones, según las atribuciones entregadas a la DGA (art. 68, CA-81). El programa se inició como plan piloto en la región de Antofagasta (2002). Posteriormente, con el propósito de ampliarlo a las regiones vecinas, se dictaron las resoluciones ordenando la instalación de medidores en las regiones de Tarapacá y Atacama (2004).
- d. Organización de la pri-

**Figura 3:** Número de acuíferos cuyos recursos disponibles han sido entregados en su totalidad para su explotación y por tanto, se encuentran agotados para nuevas solicitudes.



Fuente: Dirección General de Aguas.

mera Comunidad de Usuarios de Aguas subterráneas en los sectores de Piedra Colgada a Desembocadura en el acuífero de Copiapó (2003), para lo cual se dispuso de financiamiento y asesoría públicos.

### Aplicación de la normativa y conflictividad

La realización de balances entre la oferta de aguas subterráneas y solicitudes de derechos de aprovechamiento a nivel de los sectores acuíferos demostró la necesidad de detener la constitución de nuevos derechos en un número creciente de casos, como se observa en la *Figura 3*.

La implementación de estas conclusiones –que aconsejaban limitar el otorgamiento de nuevos derechos de aprovechamientos– generó una elevada conflictividad con algunos peticionarios y dificultades de diversa índole. Al respecto, conviene destacar los siguientes hechos:

- a. Aun cuando los resultados que demostraban la conveniencia de limitar la constitución de nuevos derechos fueron puestos en conocimiento de los usuarios, estos solo en algunos casos estuvieron disponibles para solicitar la declaración de áreas de restricción como lo exigía la legislación. Un mal entendido espíritu cooperativo entre los usuarios y/o el escepticismo respecto de las recomendaciones de los estudios posiblemente incidieron en dicha actitud. Así hasta el año 2005, con la legislación de 1981, se restringió el acceso en un total de 16 sectores hidrogeológicos de los 43 identificados como críticos (ver *Figura 3*) mediante la declaración de áreas de restricción o zonas de prohibición<sup>13</sup>.
- b. La implementación de estos nuevos criterios fue objeto de presentaciones de los solicitantes

ante la CGR para impedir su aplicación. En especial, se puso en duda la facultad de la administración de denegar las solicitudes por no existir disponibilidad a nivel del acuífero. Al respecto, la DGA, apoyada en la interpretación histórica de la CGR<sup>14</sup>, había asumido que la determinación de la disponibilidad era una materia eminentemente técnica de su entera responsabilidad. Esa interpretación histórica fue revisada por la CGR en 2000 supeditándola a la existencia previa de una restricción o prohibición<sup>15</sup>. No obstante sucesivas apelaciones, la CGR finalmente confirmó esa interpretación en 2003, lo que llevó al gobierno a incorporar una modificación legal al proyecto de reforma del CA-81 que se tramitaba en el Congreso Nacional<sup>16</sup>. El gobierno estimaba que esa facultad de la DGA resultaba imprescindible para





Valle del Aconcagua

- una gestión sustentable. En efecto, considerando el tiempo que supone el estudio y tramitación de las nuevas solicitudes, es materialmente imposible que una restricción se establezca en forma previa cuando se desarrolla una carrera por acceder a los derechos por un gran número de interesados y en casos tales como las presentaciones de solicitudes por el total de pozos de un programa de exploración (por ejemplo, como resultado de proyectos mineros). Además, se debe recordar que, de acuerdo con la normativa vigente en esos años, dichas restricciones debían ser iniciativa de los usuarios.
- c. Los nuevos criterios de la DGA fueron además objeto de un fuerte debate con organismos empresariales y gremiales, que se hicieron públicos en foros y medios de comunicación. Así, por ejemplo, el Colegio de Ingenieros denunció en distintas instancias

que la DGA había “adoptado una postura muy conservadora frente a la explotación de los acuíferos, que la ha llevado a aplicar una política equivocada”<sup>17</sup>, lo que, además, conducía a “paraliza(r) inversiones”, que se estimaban en USD 5.000 millones y a producir “graves pérdidas económicas a la agricultura, construcción industria y minería”<sup>18</sup>. Como ejemplo del exceso de limitaciones impuestas se señalaban los casos de los acuíferos de Copiapó, Petorca y La Ligua donde no existía conflictividad y “los particulares siguen haciendo pozos, explotando el agua subterránea y produciendo riqueza, y sin provocar grave problema de sobreexplotación”<sup>19</sup>. Esta visión sobre el tema condujo además a una permanente oposición de gremios como la SNA a las reformas legales sobre aguas subterráneas que propuso el gobierno.

### La reforma legal de 2005

Para asegurar una gestión sustentable de las aguas subterráneas, los problemas del marco legal y normativo mostraron la conveniencia de incorporar el tema a la reforma legal que estaba en discusión parlamentaria<sup>20</sup>. Para esos propósitos se consideraron las siguientes modificaciones, que finalmente fueron aprobadas con una gran mayoría:

- Para eliminar cualquier duda acerca de la facultad entregada a la DGA para denegar solicitudes cuando no existe disponibilidad a nivel del acuífero, en el artículo 147 bis del texto reformado (CA-2005) se incorporó la siguiente frase: “Sin perjuicio de lo dispuesto en los artículos 22, 65, 66, 67, 129 bis 1 y 141 inciso final, procederá la constitución de derechos de aprovechamiento sobre aguas subterráneas, siempre que la explotación del respectivo acuífero sea la apropiada para su conservación y protección

en el largo plazo, considerando los antecedentes técnicos de recarga y descarga, así como las condiciones de uso existentes y previsibles, todos los cuales deberán ser de conocimiento público”.

- Se otorgó a la DGA la facultad para declarar área de restricción de oficio. Al respecto se estableció que: “cuando los antecedentes sobre la explotación del acuífero demuestren la conveniencia de declarar área de restricción de conformidad con el artículo anterior, la Dirección General de Aguas deberá así decretarlo” (art. 65, CA-2005).
- Considerando la importancia de la participación de los usuarios en el manejo de las aguas subterráneas, se hizo extensiva la normativa relativa a la organización, funcionamiento y atribuciones de las organizaciones de usuarios a quienes “aprovechan las aguas de un mismo acuífero” (art.186, CA-2005).
- Considerando las características propias de la

gestión de las aguas subterráneas donde lo relevante como demanda es el volumen anual extraído, se estableció que en las solicitudes de nuevos derechos de aprovechamiento “deberá indicarse el caudal máximo que se necesita extraer en un instante dado, expresado en medidas métricas y de tiempo, y el volumen total anual que se desea extraer desde el acuífero, expresado en metros cúbicos”. Asociado a lo anterior, se incorporó la obligación de “acompañar una memoria explicativa en la que se señale la cantidad de agua que se necesita extraer, según el uso que se le dará”.

Con este diseño legal para la gestión de las aguas subterráneas se buscaba entregar a la DGA atribuciones suficientes y la responsabilidad de constituir nuevos derechos con criterios de sustentabilidad estrictos. Asimismo, se radicaba en las futuras organizaciones de aguas subterráneas la tarea de administrar los acuíferos de acuerdo con los derechos de los usuarios, velando por evitar su sobreexplotación y estableciendo restricciones si ello era indispensable, de igual forma como lo han realizado por más de un siglo las organizaciones de aguas superficiales.

Entre las modificaciones legales no se consideró adecuado incluir el tema de la fiscalización de las extracciones por parte del Estado ni la revisión de los procesos seguidos para

reconocer usos históricos (art. 2° transitorio, CA-81), atendiendo las siguientes circunstancias:

- Se estimaba que las facultades de las comunidades de aguas subterráneas serían suficientes para administrar las aguas en forma sustentable y controlar las extracciones sin título. Además, se tenía la posibilidad de recurrir a la DGA para restringir las extracciones que causarían perjuicio (art. 62, CA-81) y las normas generales sobre el amparo de aguas.
- En un escenario de representación minoritaria de los partidos de gobierno en el Senado, se estimaba que eran temas complejos y no existía factibilidad política para la aprobación de reformas en esas materias, en especial considerando que existían fuertes críticas opositoras a la entrega de nuevas atribuciones a la DGA.

Una vez publicada la ley reformando el Código de Aguas, se dictó la resolución DGA N° 341 de 2005 acondicionando las normas de exploración y explotación de aguas subterráneas al nuevo texto. Además, se

aprobó el decreto supremo n° 743 de 2005, que fijó la tabla de equivalencias entre caudales de agua y usos, que refleja las prácticas habituales en el país en materia de aprovechamiento de aguas, y que se utilizan para justificar la necesidad del caudal solicitado.

### Manejo de las aguas subterráneas en escenario de creciente escasez (2006 - 2017)

Este período ha estado marcado por la aplicación de las modificaciones a la legislación de aguas de 2005 y por la progresiva toma de conciencia en la opinión pública en sectores usuarios y en los actores políticos acerca de la fragilidad de los acuíferos de una extensa zona de Chile. Esta toma de conciencia se ha originado a partir de algunos acuíferos localizados de la Región Metropolitana hacia el norte, que desde fines de la década pasada han presentado evidentes signos de sobreexplotación, es decir, con un nivel efectivo de extracciones que generan una tendencia al descenso en el mediano y largo plazo y/o su explotación afecta a humedales asociados.

“Los acuíferos que han mostrado problemas en su sustentabilidad son una fracción menor del total de acuíferos en explotación, a la vez que no existen estudios suficientemente completos que permitan conocer la situación actual de explotación del agua subterránea en el país.”

Ejemplos son la situación que se observa en Copiapó (sector IV), Petorca y La Ligua, en las regiones III y V, o en Coposa y Azapa, en el extremo norte del país. Estos casos han tenido una amplia divulgación a nivel de los medios de comunicación, han motivado reportajes periodísticos y declaraciones de autoridades y políticos, e inclusive dieron origen a una comisión investigadora de la Cámara de Diputados<sup>21</sup>.

Relacionado con la situación anterior, se debe destacar el enorme impacto que ha tenido la gran sequía que ha afectado a parte del país<sup>22</sup>, y la creciente preocupación por los posibles impactos del fenómeno del cambio climático.

Sin perjuicio de la importancia de los casos identificados, cabe señalar que los acuíferos que han mostrado problemas en su sustentabilidad son una fracción menor del total de acuíferos en explotación, a la vez que no existen estudios suficientemente completos que permitan conocer la situación actual de explotación del agua subterránea en el país. Al respecto, se ha señalado como una necesidad urgente “la elaboración de un diagnóstico realista de la sustentabilidad de la explotación de las aguas subterráneas en los principales acuíferos del país. Este diagnóstico se considera imprescindible para orientar las acciones alternativas y las políticas hacia el tema, sobre bases ciertas y realistas”<sup>23</sup>.

En este contexto general, el período 2006-2017 se



puede caracterizar por los siguientes elementos, en relación con la gestión sustentable de las aguas subterráneas:

### a. Implementación de las normas sobre gestión colectiva de acuíferos y participación de los usuarios

De acuerdo con el marco legal vigente en el país, la distribución del agua de una fuente según los derechos de aprovechamiento existentes en ella es una función básica de las organizaciones de usuarios. Así, la ley les confiere a dichas entidades facultades amplias para controlar el caudal extraído e impedir que se extraigan caudales sin título. La reforma del año 2005 expresamente hizo aplicable a las aguas subterráneas este sistema.

Como contrapartida, la legislación entrega a la administración facultades limitadas para requerir la medición de las extracciones, y a intervenir en la denuncia ante los tribunales a quienes incurren en una “contravención a este código” (artículo 173, CA81), para que se aplique una multa, o en la usurpación de aguas establecida en el código penal (artículo 459).

Como se señaló anteriormente (punto 2), la explotación de las aguas subterráneas es un ámbito donde típicamente florece la actitud del polizón (*free-rider*), que saca ventajas de la incapacidad del sistema de llevar un adecuado control de las obligaciones individuales en perjuicio del resto de los usuarios. Así, la intervención de los

usuarios en la administración es una condición indispensable para un manejo exitoso del recurso subterráneo.

No obstante el papel clave de las organizaciones de usuarios en la gestión sustentable de los acuíferos, debieron pasar 10 años para que se registraran las primeras comunidades de usuarios de aguas subterráneas según lo establecido en la modificación legal de 2005. Dichos registros correspondieron a las 12 unidades hidrogeológicas en que se dividen los acuíferos de Petorca y La Ligua, las que se inscribieron en 2015.

En Copiapó, la primera comunidad creada con la nueva legislación recién se inscribió en 2018. En general, estas iniciativas no surgieron de los propios usuarios, puesto que su organización contó con una activa participación del sector público.

Además, su funcionamiento en la actualidad es incipiente, sin que hayan desarrollado las capacidades necesarias para tener un funcionamiento orgánico mínimo y un manejo efectivo del sector acuífero correspondiente. Así, el único caso con un nivel aceptable de organización es la Comunidad de Copiapó- Piedra Colgada

Desembocadura, en la parte baja del acuífero de Copiapó, organizada en 2003.

Más allá de este bajo grado de asociatividad que muestran los usuarios, tampoco se observa que tengan proactividad para hacer uso de otras herramientas contempladas en la ley para controlar las extracciones, cuando se sienten afectados por el descenso del nivel freático. Al respecto, a pesar de los problemas existentes en algunos acuíferos, nunca se ha solicitado a la DGA la aplicación del artículo 62 del código de aguas, que permite a dicha institución reducir a prorrata las extracciones.

La inexistencia de comunidades de aguas subterráneas operativas ha llevado al sector público a una creciente dedicación de recursos para investigar y atender denuncias por extracción ilegal. Sin embargo, considerando la magnitud de la tarea y las escasas atribuciones que le entrega la legislación, constituyen esfuerzos puntuales completamente insuficientes.

En este contexto, recientemente se aprobó la ley N°21.064 que Introduce Modificaciones al Marco Normativo que Rige las Aguas

en Materia de Fiscalización y Sanciones, la cual incrementa significativamente las sanciones por el uso ilegal del agua y refuerza las atribuciones de la DGA.

Las mejoras incorporadas, en la medida que se desarrollen programas bien concebidos y con recursos humanos y financieros adecuados, debieran permitir en el futuro una fiscalización más eficaz de la DGA. En el momento de preparación del presente trabajo aún no es posible evaluar el real impacto de las nuevas normativas.

### b. La declaración de áreas de restricción

Como se ha señalado, la reforma legal de 2005 estableció explícitamente como causal de denegación de nuevas solicitudes de derechos de agua la afectación a la sustentabilidad de las explotaciones en el largo plazo, y facultó a la DGA para declarar áreas de restricción de oficio. Ello vino a resolver temas de alta conflictividad en relación con la obligación de la DGA de constituir nuevos derechos en acuíferos donde los estudios aconsejaban detener su constitución.

Así, durante el segundo semestre de 2005 se declararon 26 sectores acuíferos como

**Recuadro 1:** Antecedentes de derechos de aprovechamiento registrados; constituidos y denegados por la DGA; y uso efectivo.

	DAA		DDA constituidos por DGA			DDA denegados por DGA			Uso efectivo	
	Sg	Sg	I/s	Última solicitud	% DAA	I/s	% DAA	%	I/s	% DAA/CBR
Acuíf.	CBR	DGA			CBR		CBR	Const.		
Petorca	5058	4895	1863	sept-96	36,8	7110	141	382	575	11,4
Ligua	7354	6583	3543	oct-96	48,2	6383	86,7	180	1129	15,4
Total	12412	11478	5406	oct-96	43,6	13493	109	250	1704	13,7

áreas de restricción, y en años sucesivos dicha facultad fue ejercida en un número importante de acuíferos, de modo que en la actualidad sobre 150 sectores hidrogeológicos están declarados como áreas de restricción, cubriendo los acuíferos más importantes localizados desde la VI región hacia el norte. De ese modo, se ha controlado una posible fuente de insostenibilidad de la explotación de las aguas subterráneas, que tenía su origen en una normativa inadecuada.

### **c. Las regularizaciones como forma de acceder a derechos**

El paulatino cierre de los acuíferos para la constitución de nuevos derechos de agua incentivó el uso del artículo 2° transitorio del

Código de Aguas, el cual permite la regularización por resolución judicial de los usos de agua ejercidos antes de 1981 durante 5 años. Así, en determinados acuíferos se ha hecho una aplicación intensa de esa posibilidad, la cual no considera análisis técnicos de disponibilidad y se basa en antecedentes históricos, vulnerables a falsificaciones, de difícil verificación y que son apreciados subjetivamente por el juez<sup>24</sup>.

Asimismo, se han utilizado las disposiciones que permiten regularizar derechos de aprovechamiento de predios expropiados por la ley de Reforma Agraria (art. 5° transitorio), y un uso masivo del artículo 4° transitorio de la ley N° 20.017, originalmente concebido para per-

mitir el uso de un limitado caudal de aguas subterráneas (hasta 2 l/s en los acuíferos de Santiago al norte y de 4 l/s hacia el sur) a pequeños campesinos que utilizaban aguas al 30/6/2004.

Para tener una idea de la importancia de estos procesos regulatorios y de su impacto en la gestión sustentable de los acuíferos se puede señalar que, por ejemplo, en el acuífero de Azapa, según el catastro realizado en 2009, los derechos constituidos por la DGA –incluidos los caudales correspondientes a las reservas fiscales– eran solo un 15% de los derechos totales constituidos, siendo el resto –el 85% del total– un reconocimiento de usos existentes a través de “regularizaciones”. En ese acuífero, el último derecho

constituido por la DGA según la normativa general ingresó como solicitud el año 1992<sup>25</sup>.

Por otra parte, en ese valle se ha regularizado por el artículo 2° Transitorio un caudal de 2870 l/s, valor evidentemente excesivo si se considera que en 1981 se regaba con aguas superficiales y subterráneas una superficie de 2.500 há, y más de la mitad lo era con aguas superficiales. Esta expansión de los derechos, entre otras causas, explicaría que en la actualidad la superficie regada habría alcanzado las 4.000 há, haciendo un uso intenso de las aguas subterráneas<sup>26</sup>.

Un fenómeno similar se aprecia en el caso de los acuíferos de Petorca y La Ligua. Al respecto, en

# H<sub>2</sub>O ABOGADOS



## ASESORÍA JURÍDICA INTEGRAL EN RECURSOS HÍDRICOS

Destacados por las publicaciones internacionales Chambers and Partners y Best Lawyers

Lo Fontecilla 101, oficina 908, Las Condes | [www.h2o-abogados.com](http://www.h2o-abogados.com) | [contacto@h2o-abogados.com](mailto:contacto@h2o-abogados.com)





La Ligua y Petorca

el *Recuadro 1* se resumen antecedentes de distintos estudios sobre el origen de los derechos de aprovechamiento y su uso, de los que interesa destacar los siguientes hechos:

- i. En ambos acuíferos los últimos derechos concedidos por la DGA fueron ingresados como solicitud en 1996.
- ii. Menos del 50% de los derechos de aprovechamiento registrados en los CBR fueron otorgados por la DGA mediante los procedimientos normales. El resto, un caudal de 7.000 l/s, equivalente al 56% de lo registrado, corresponde a derechos inscritos debido al reconocimiento de usos en tribunales o por los procedimientos de excepción consagrados en los artículos transitorios de la legislación.

Estos antecedentes ponen de manifiesto la gran influencia de las regulaciones en las actuales

extracciones, así como en los problemas de sustentabilidad que se presentan en algunos acuíferos.

#### **d. Extracciones clandestinas**

Un factor de indudable incidencia en el manejo sustentable de los acuíferos está en la extracción de aguas subterráneas al margen del ordenamiento previsto en la legislación.

En los últimos años, en un contexto de crecientes limitaciones para acceder a derechos de aprovechamiento, la alternativa de utilizar aguas subterráneas sin título se presenta como una posibilidad atractiva para muchos agricultores, máxime si no hay una organización de los usuarios a nivel del acuífero y la fiscalización es difícil, escasa y poco efectiva.

Aunque por su propia naturaleza la magnitud del fenómeno es desconocida, la percepción a nivel de los profesionales del sector es que se trata de un compor-

tamiento extendido. Al respecto se ha señalado que: “en acuíferos donde hay gran producción agraria el 50% más o menos de los pozos son sin derechos”<sup>27</sup>. Asimismo, por ejemplo, el director de la Asociación Gremial de Agricultores AgroPetorca, ha declarado que en su provincia habrían “1.966 (pozos) con sus aguas inscritas y cerca de 4.385 clandestinos”<sup>28</sup>.

Un factor que posiblemente esté presente en este tema es el elevado número de solicitudes de aguas subterráneas denegadas por la DGA por falta de recursos hídricos.

Así, por ejemplo, en los acuíferos de Petorca y La Ligua, como se observa en el *Recuadro 1*, el caudal denegado por la DGA es 2,5 veces el caudal constituido en esa instancia. Esto significa que muchos pozos construidos y en condiciones de ser operados no disponen de derechos de aprovechamiento, al menos

por un caudal equivalente a su capacidad de bombeo. Tratándose de pozos construidos con un elevado costo y en ausencia de una fiscalización eficaz, se puede presumir que un número no menor de ellos opera en forma clandestina.

#### **e. El riesgo de subutilización de los acuíferos como resultado de la interpretación errada del artículo 147 bis**

En el contexto de la nueva percepción pública sobre el tema, la aplicación de los criterios técnicos para evaluar la disponibilidad de recursos hídricos subterráneos establecidos por la DGA a fines de la década de 1990, tuvieron un cambio de valoración inesperado y radical a principios de la década de 2010. Los criterios que eran considerados “conservadores” ahora fueron rechazados, ya que habrían implicado un “sobretorgamiento” de derechos.

La nueva visión puso

# ¿Qué es smart-wells?

Smart-wells nació para ayudar a nuestros clientes en la identificación de los problemas que tenían con los pozos. Lo concebimos como un sistema de alerta e identificación de situaciones que requieren atención del usuario.

Basados en nuestra larga experiencia de más de 40 años en la búsqueda de agua subterránea, construcción de pozos, instalación de bombas y conducción de agua, buscamos desarrollar un producto que completara nuestra oferta de servicios y diera herramientas a nuestros clientes para realizar una mejor gestión del agua que extraen, su bomba y su pozo.

Con smart-wells medimos todos los parámetros relevantes de la bomba y el pozo poniendo esa información a disposición de nuestros clientes para que puedan tomar decisión con mayor respaldo y basados en mediciones concretas y no en suposiciones o conjeturas de los operarios. Además, diagnosticamos las causas de las fallas lo que nos permite realizar reparaciones o reposiciones de servicio de forma más eficiente porque cuando vamos al pozo ya tenemos información para solucionar el problema. Vamos preparados. Nuestros pozos hablan.

Debido a nuestro éxito y servicio personalizado, hemos crecido a otras áreas de la gestión del agua en actividades agrícolas e industriales. Estamos evolucionando a una gestión integral del agua, con medición en todas sus etapas con toda la información concentrada en una única plataforma de fácil navegación.

Smart-wells se integra a los pozos y a cualquier elemento de la gestión del agua (bombas, tranques, sensores de humedad, etc) en una manera muy simple, conectando adecuadamente los dispositivos al equipo de comunicación para que éste envíe los datos a la plataforma. El sistema es bidireccional, es decir, puede simplemente recibir o también se puede actuar a distancia sobre un pozo u otro elemento. Además, se pueden programar rutinas como apa-



COMPAÑÍA CHILENA  
DE PERFORACIONES LTDA.  
*agua subterránea*

[www.smart-wells.com](http://www.smart-wells.com)  
[info@pozosdeagua.com](mailto:info@pozosdeagua.com)  
2 2682 9600

gar todos los equipos en hora punta o programaciones lógicas como el encendido o apagado en función de algunos de los parámetros que se miden, por ejemplo, apagar el pozo si la eficiencia hidráulica no es la adecuada.

Nuestra principal diferencia y ventaja como empresa que brinda servicios de telemetría para la gestión del agua es que usamos la telemetría como una herramienta y desarrollamos el producto basados en nuestra experiencia y en estrecha colaboración con una empresa especialista en telemetría. Hemos logrado un matrimonio perfecto entre la gestión del agua y la telemetría.

Asimismo, brindamos un servicio personal-

izado y adaptable a cada productor. Nuestra plataforma es 100% modificable para satisfacer las necesidades de nuestros clientes. No ofrecemos un producto rígido previamente configurado. Es un traje a medida.

El principal beneficio para el productor es saber en todo momento y desde cualquier lugar toda la información disponible del agua que usa. Contar con información para justificar nuevas inversiones. Saber si los equipos se usan en los horarios programados, etc etc.

Hemos diseñado y en funcionamiento sistemas de programación de riego y aplicación de fertilizante. El riego se puede validar en función del agua disponible y operar en función del clima y la humedad del suelo.

Desarrollamos un sistema de operación de pozos por eficiencia energética en el que cada pozo aporta agua a medida que aumenta la demanda, pero priorizando los más eficientes primero. Este modo permite ahorrar energía y hacer un mejor uso de los recursos del usuario, tanto el agua como su capital.

El primer capital externo de este desarrollo vino de un premio del BID a la innovación y desarrollo en el área de agua y saneamiento en 2016.



en el centro del debate lo establecido en el artículo 147 bis –introducido en la reforma del año 2005–, respecto de la obligación de conservar y proteger el acuífero en el largo plazo “considerando los antecedentes técnicos de recarga y descarga, así como las condiciones de uso existentes y previsibles”.

El alcance y sentido de dicho artículo, dirigido claramente a establecer una condición técnica al ejercicio de la facultad reglada de la DGA, de similar naturaleza que la aplicada para evaluar técnicamente la disponibilidad de recursos hídricos superficiales, las nuevas autoridades estimaron que afectaba el derecho de propiedad de los titulares existentes, al referirse al “uso previsible”.

Así, se sostuvo que la aplicación de ese concepto no correspondía porque “constituye una afectación de la esencia del derecho de aprovechamiento de aguas, respecto del cual el titular se encuentra amparado en virtud de la garantía consagrada en el artículo 19 n°24 de la Constitución Política del Estado”<sup>29</sup>. De este modo, correspondía, en su criterio, considerar en los balances recarga/descarga la extracción permanente del caudal nominal máximo autorizado, durante los 365 días del año y las 24 horas del día.

Este planteamiento, que tiene la ventaja de encontrar una explicación simple a los complejos problemas reales de los acuíferos, y que fue hecho suyo por las autoridades políticas de la época, presenta dos graves errores:

uno de índole legal y el otro en relación con el diagnóstico de las causas de los problemas detectados.

En relación con el argumento legal, es evidente que esta interpretación de la DGA confunde las determinaciones técnicas que se realizan para resolver acerca de cómo atender y dar sustento material al ejercicio de un derecho de agua, con establecer una limitación al derecho mismo. Al respecto, cabe destacar que las evaluaciones ingenieriles para dimensionar los problemas de congestión o disponibilidad y diseñar una solución que permita la atención de derechos, contratos, obligaciones y otros tipos de compromiso son frecuentes en la vida moderna. Se trata de un ejercicio rutinario en la ingeniería en múltiples campos de actividad, y se presenta en relación con compromisos tan diversos como son el derecho a la libre circulación en los espacios públicos, el uso de los servicios de telecomunicaciones y el abastecimiento de servicios de agua potable y saneamiento.

En todos ellos se requiere de una evaluación del ejercicio “previsible” en tiempo y lugar de los derechos individuales, con el propósito de tomar decisiones de diseño eficiente que garanticen su ejercicio efectivo, sin que los procedimientos de cálculo comprometan o limiten el ejercicio del derecho. Así, por ejemplo, el cálculo que hace una empresa sanitaria para dimensionar las necesidades de recursos hídricos de acuerdo con

el estudio de dotaciones medias no implica que un usuario individual esté limitado en su derecho a dicha dotación y, por el contrario, puede acceder a los caudales que estime conveniente. En ese caso, se ha estimado “previsible” que no todos los usuarios ejerzan simultáneamente y por un tiempo prolongado esa conducta de consumo.

Del mismo modo, en el caso de la legislación de aguas la determinación de los “usos previsibles” corresponde a un análisis técnico, fundado en los criterios de la ingeniería, sobre la base de información concreta y del análisis racional de los escenarios futuros factibles. Así, lo previsible es que un agricultor no riegue sus cultivos durante las 24 horas durante todo el año.

Además, la DGA comete un error técnico del diagnóstico cuando asume que los problemas de sobreexplotación existentes tienen relación con la consideración de los usos previsibles. Este planteamiento, en primer lugar, desconoce la situación de hecho relatada más arriba, en los puntos 3 y 4, y olvida que dicho criterio no se había formulado cuando se cerraron los acuíferos con situaciones de mayor conflicto. Por ejemplo, las últimas solicitudes ingresadas a la DGA que se constituyeron como derechos en los acuíferos de Azapa, Copiapó y Petorca – La Ligua fueron los años 1992, 1993 y 1996, respectivamente, época en la cual la DGA no atendía a los “usos previsibles” del agua.

Además, en la práctica, no existen acuíferos en que

los antecedentes muestren que el ejercicio de los derechos constituidos por la DGA haya excedido lo considerado en su oportunidad como previsible. Es más, las escasas estimaciones de uso efectivo siempre han mostrado diferencias notables entre los caudales máximos autorizados en los derechos y el uso efectivo promedio<sup>30</sup> de los mismos, lo que inclusive se hace extensivo al caso del acuífero de Copiapó, en que el uso total se estima en aproximadamente un 30% de los caudales nominales de los títulos otorgados. En otros acuíferos que han sido motivo de preocupación, como son los de Petorca y Ligua, dicho porcentaje está entre 10 y 15% (*Recuadro 1*). Evaluaciones en lugares menos críticos, como la cuenca del Maule, muestran que el uso efectivo en la agricultura alcanza al 13% de los derechos de aprovechamiento<sup>31</sup>.

Esta diferencia entre el uso y los caudales máximos autorizados es inherente a la naturaleza de los aprovechamientos y no dependen de la voluntad de un usuario determinado. Los factores que inciden en esta situación son:

- La estacionalidad de las demandas: En general, las demandas de agua, con la excepción de algunos aprovechamientos de carácter industrial, son intrínsecamente estacionales. Ese es el caso de los aprovechamientos agrícolas, que siguen la estacionalidad propia de los cultivos y del clima a lo largo del año, llegando en ocasiones a ser nula en algunos meses del año.

- Así, por ejemplo, en la cuenca del Maipo el valor medio anual de la evapotranspiración de los cultivos es un tercio de valor del mes de máximo consumo. También es el caso de la variación estacional de las demandas para fines domésticos, lo que está incorporado a la Norma Chilena Nch 691 Of. 98, sobre Conducción, Regulación y Distribución de Agua Potable, y en los términos de referencia de los cálculos tarifarios<sup>32</sup>.
- Existen derechos de aguas subterráneas que complementan a otras fuentes de abastecimiento o presentan un uso ocasional: frecuentemente los recursos subterráneos se utilizan como fuente de respaldo para atender demandas que ya están cubiertas parcial o totalmente por fuentes de aguas superficiales y solo abastecen las demandas en periodos de sequía o meses de escasez. Es el caso de muchos pozos destinados al suministro de agua potable y de riego.
- Eficiencia de asignación: La asignación de derechos de aprovechamiento de agua subterránea a un titular puede ser muy distinta de sus necesidades, situación especialmente relevante en los derechos de aprovechamiento constituidos con anterioridad a la reforma del código de aguas de 2005, ya que en ese marco no se exigía justificar la cantidad de aguas solicitada y las solicitudes reflejaban exclusivamente el caudal las pruebas de bombeo.
- Requerimientos operacionales: los sistemas de bombeo están diseñados

*“En la inmensa mayoría de los acuíferos, las demandas más intensivas en el uso de los derechos de aguas subterráneas, como pudieran ser las mineras o domésticas, a las que se traspasarían los derechos utilizados en la agricultura, representan una proporción marginal en relación con los derechos de los usos agrícolas (menos del 1%).”*

y deben disponer de derechos para su producción en el momento *peak*. Ese caudal máximo debe dar cuenta de la variabilidad de la demanda dentro del mes y del día y de distintas situaciones de carácter operacional que afectan a los sistemas reales (por ejemplo: horas de bombeo, mantención, pérdida de eficiencia, entre otros).

Como se puede apreciar, existen factores de fondo que inciden en que la extracción real de aguas desde un acuífero sea sustantivamente menor que el caudal máximo autorizado. Usualmente el impacto de dichos factores se manifiesta en la conducta de cientos sino miles de distintos usuarios y no dependen de la voluntad de un usuario determinado. Esto explica la prevención del legislador en referir el análisis de la sustentabilidad de las extracciones a los “usos” y no a los derechos de agua.

Como argumento se ha señalado que el funcionamiento del mercado permite el cambio de uso de las aguas, por lo que los derechos pudieran ser usados de manera más intensa en el futuro. Sin perjuicio de la obli-

gación de la Administración de considerar cuidadosamente dicha posibilidad, en los análisis de los escenarios “previsibles”, es importante destacar que, salvo excepciones, esa posibilidad no tiene ningún impacto real.

En efecto, en la inmensa mayoría de los acuíferos las demandas más intensivas en el uso de los derechos de aguas subterráneas, como pudieran ser las mineras o domésticas, a las que se traspasarían los derechos utilizados en la agricultura, representan una proporción marginal en relación con los derechos de los usos agrícolas (menos del 1%).

Con ese objetivo, la Administración deberá realizar análisis técnicos fundados para determinar la magnitud de los usos previsibles en el largo plazo. Sin perjuicio de lo señalado, en el caso improbable de que el uso previsible determinado por la DGA fuera superado, lo que cabría revisar es el procedimiento técnico utilizado en su evaluación, pero en ningún caso sostener que los usos previsibles corresponden al 100% del caudal máximo autorizado.

No obstante estos antecedentes legales y técnicos, en

la práctica la modificación en el contenido expreso del artículo 147 bis se materializó de manera simple: a través de un cambio reglamentario. En efecto, el reglamento sobre normas de exploración y explotación de aguas subterráneas, aprobado por decreto MOP 203 de 20/5/2013, cambió la expresión “explotación previsible” (vigente desde el año 2008 en los requisitos para declarar áreas de restricción) a “demanda comprometida”, dando sustento reglamentario a la nueva práctica.

Una segunda modificación, relacionada con lo anterior, consistió en establecer en el Manual de Normas y Procedimientos para la Administración de Recursos Hídricos (vigente desde 2008) una nueva metodología para otorgar derechos provisionales en las áreas de restricción (Resolución DGA N°2455 de 10/8/2011).

Según dicha metodología debiera establecerse un acuífero patrón con características comparables al acuífero en análisis, y en el cual no se haya “detectado o establecido afectación a derechos de terceros ni afectación a la fuente”. A continuación, para determinar el volumen adicional de derechos provisionales, se propone alcanzar con ellos a la misma relación entre la demanda comprometida y el volumen sustentable que se observe en el acuífero patrón.

Como han hecho notar los profesionales especialistas en aguas subterráneas, la pretensión de definir un acuífero “patrón” es un error técnico grave. Al respecto, han señalado: “no existe



otro sector hidrogeológico de aprovechamiento común como “patrón o referencia”, ya que las muchas variables que lo definen necesariamente serán distintas en más de una a la del sector que se analiza (...), y “el concepto hidrogeológico de “acuifero patrón o de referencia” no tiene un sentido técnico posible, ya que la realidad de los acuíferos no soporta esa extrema simplificación”<sup>33</sup>.

Además, paradójicamente, en forma implícita el procedimiento toma como referencia aquellos acuíferos en que se han constituido sus derechos con un criterio más amplio (como el de considerar el “uso previsible”), sin los cuales el método resulta inaplicable.

La evidente inconveniencia de estos procedimientos para un uso sustentable del agua subterránea, que no signifique una subvaloración de sus potencialidades, se puede apreciar al constatar que si estos criterios hubieran sido siempre aplicados, habría significado detener la constitución de derechos de agua subterránea en la mayoría de los acuíferos de Santiago al norte antes de 1990 (en el caso de Copiapó, hubiera correspondido cerrar la explotación para nuevos pozos antes de 1980), con un enorme impacto en el desarrollo del país.

Además de la subutilización de los acuíferos por el incremento ficticio en la demanda de aguas subterráneas, como se ha señalado, existe una segunda causa de subutilización introducida por la interpretación errónea de la normativa referente a la interacción de las aguas

subterráneas con las superficiales. En efecto, donde el reglamento del año 2005 incorporaba para las nuevas explotaciones la obligación de no afección “a los caudales de los cursos de aguas superficiales y vertientes en más de un 10% del caudal medio de estiaje (...) afectando derechos de aprovechamiento existentes” (art. 31), se eliminó la condición de afección a derechos existentes (art. 30 d) Decreto 203/2013).

De este modo, la norma se aplica por el mero hecho que se reduzca el escurrimiento superficial. Esta condición no existe en la legislación de aguas, la cual en relación con las aguas superficiales sólo establece la protección de los derechos existentes y la preservación de un caudal ecológico. Así, esta disposición es completamente infundada y contradice la esencia de la legislación de aguas, que hace de la constitución de derechos de aprovechamiento para extraer las aguas del cauce natural parte central de su preocupación.

Cabe destacar que la necesidad de definir el “uso previsible” también es aplicable a los derechos de aprovechamiento constituidos con las modificaciones de 2005, los cuales establecen un volumen anual de extracción. Al respecto, es necesario recordar que la justificación del volumen anual definido en el título del derecho de aguas representa un límite superior, el que “manifiestamente” supera las prácticas habituales (art. 147 bis) y, además, su otorgamiento no supone una frecuencia anual de uso, pudiendo ser utilizado en

forma ocasional. Lo anterior significa que en general el volumen anual definido en el derecho –y que en su oportunidad fue debidamente justificado– debiera ser mayor que el uso efectivo previsible.

## f. Conocimiento de las aguas subterráneas

Aun cuando el nivel de conocimiento de las aguas subterráneas se ha incrementado muy significativamente a lo largo de los años, en especial con el desarrollo de nuevas metodologías y la acumulación de información, persisten déficits de conocimiento en temas críticos. Al respecto, se debe considerar que para gestionar acuíferos con un intenso aprovechamiento de sus recursos hídricos, como sucede en la actualidad en muchos acuíferos, se hace necesario disponer de instrumentos predictivos con un nivel de precisión sustancialmente mejor que los utilizados en el pasado.

Para el objetivo anterior, entre otras variables, resulta especialmente crítico el conocimiento acabado de los caudales que se extraen de los acuíferos<sup>34</sup>. Considerando que la legislación establece que la DGA “podrá exigir la instalación de sistemas de medida en las obras y requerir la información que se obtenga”, a principios de la década de 2000 se inició un programa orientado a esos fines, exigiendo a los usuarios su implementación.

Sin embargo, el programa fue discontinuado y aunque posteriormente se ha reanudado, hasta el momento no existe en el país una base de datos con la información disponible y debidamente

procesada para conocer las extracciones de los principales acuíferos. En este escenario, resulta imposible tener una evaluación confiable de la eventual sobreexplotación de los acuíferos y de la magnitud del desbalance. Así, tampoco se puede disponer de un diagnóstico ni un programa de acción para la gestión sustentable de los acuíferos.

## Conclusiones

En este estudio se ha descrito cómo en Chile el desarrollo económico y social observado desde los años 80 ha sometido a la gestión del agua subterránea a enormes desafíos. Los antecedentes presentados en los capítulos II, III y IV muestran la dinámica que se ha dado entorno a las normativas y las políticas públicas, y los cambios que se han introducido para responder al nuevo papel de las aguas subterráneas.

El análisis concluyó que, en el período inicial de 1980 a 1994, el país no estaba preparado para hacer frente a este tema, ni legal ni institucionalmente, no disponía de políticas y programas, no tenía el conocimiento técnico de los sistemas acuíferos, y ni los usuarios ni el medio profesional estaban capacitados y conscientes de la naturaleza de los desafíos, para responder al impacto de un incremento acelerado de la explotación del agua subterráneas, como el que se produjo.

En la práctica, a partir de 1995 se reconoció como un objetivo de política pública la necesidad de realizar una explotación sustentable de los acuíferos en el largo plazo y se inició la difícil tarea de incorporar en los distintos

aspectos de la gestión de las aguas subterráneas dicha visión estratégica. Desde esa época ha existido un proceso con avances, detenciones, retrocesos y contradicciones, con resultados positivos en algunas materias, pero que aún está lejos de garantizar una gestión sustentable de los acuíferos del país.

La experiencia de estos años, recogida en el presente trabajo, ha permitido comprobar que la tarea de establecer un sistema de gestión que garantice la sustentabilidad de los acuíferos, cuando existen incentivos económicos relevantes para su aprovechamiento, es una tarea compleja, que necesita superar obstáculos de diversa índole y desarrollar acciones en distintas dimensiones.

Así, la gestión sustentable de las aguas subterráneas requiere de un marco legal funcional a la naturaleza del tema; instituciones adecuadas para la aplicación de dicho marco legal; políticas y programas que den respuesta a los desafíos que se presenten; y un conocimiento de las aguas subterráneas y su comportamiento a nivel de las instituciones, usuarios y público general, acorde con los papeles que deben desempeñar.

En conjunto, estos 4 elementos y sus interrelaciones dan forma a la gobernanza de las aguas subterráneas, que debe dar respuesta a los requerimientos derivados de los objetivos de desarrollo sostenible de la sociedad. Esta aproximación se aleja de visiones simplistas, que des-

conocen los antecedentes históricos que dan origen a la situación actual y carecen de un diagnóstico integral de los elementos que conforman el sistema de gestión.

Los antecedentes presentados permiten identificar avances y limitaciones sobre cada uno de los 4 elementos considerados clave para una adecuada gobernanza.

En relación con el marco legal y normativo, las disposiciones legales incorporadas en 2005 han permitido establecer claramente la facultad y obligación de la Administración de considerar la gestión sustentable del agua subterránea en el otorgamiento de nuevos derechos de aprovechamiento.

Asimismo, la ley N°21.064 sobre fiscalización y sanciones publicada el presente

año entrega a la DGA herramientas poderosas para atender adecuadamente la amenaza de los usos clandestinos y le permite reducir a prorrata las extracciones cuando hay situaciones de sobreexplotación. En el hecho, esta nueva legislación entrega a la DGA atribuciones que se preveía atenderían las comunidades de aguas subterráneas y tras pasa la responsabilidad de implementar las medidas de administración de los acuíferos de acuerdo con los derechos de aprovechamiento directamente al Estado.

Sin perjuicio de lo anterior, en la actualidad, el marco legal mantiene limitaciones relevantes para asegurar una gestión sostenible. La primera de ellas se refiere al sistema de regularización a través

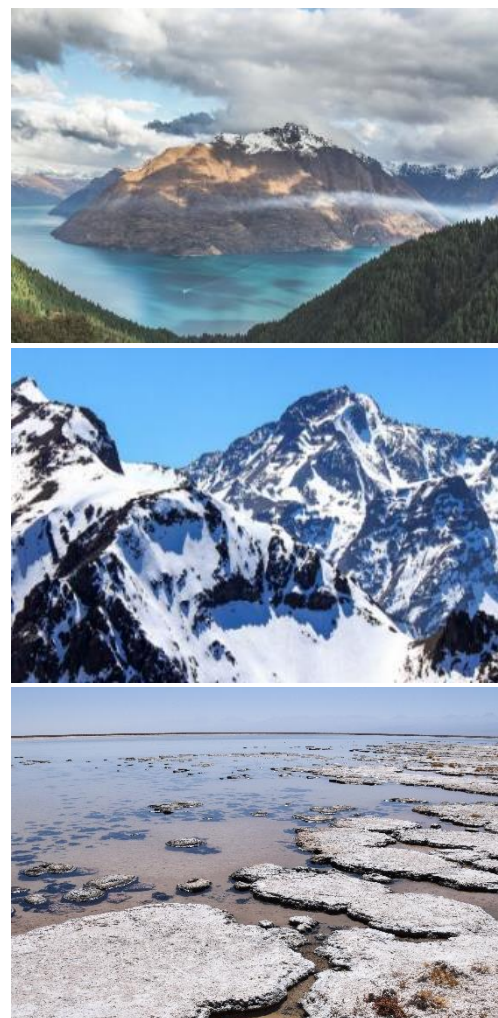
## Gestión Ambiental S.A.



Contamos con 26 años de experiencia y un equipo multidisciplinario de más de 130 profesionales

Rosario Norte N° 100, Piso 14  
Las Condes, Región Metropolitana  
[www.sgasa.cl](http://www.sgasa.cl) | +56 2 2580 6500

**SGA**<sup>®</sup>  
GESTIÓN AMBIENTAL





de los tribunales de justicia contemplado en el artículo 2° transitorio del Código de Aguas. Lo mismo se puede señalar en relación con el artículo 5° transitorio. Una segunda limitación se refiere a la ausencia de disposiciones orientadas a hacer posible una gestión integrada de los recursos hídricos que asuman problemas tales como: el impacto en las recargas asociado al cambio climático, los cambios en el manejo del suelo en las zonas de recarga, cambios en la eficiencia de riego, programas de revestimiento de canales o cauces, externalidades asociadas al mercado de derechos de aprovechamiento de aguas, y cambios de uso de las aguas.

Este tipo de amenazas a la gestión sostenible de las aguas subterráneas no tienen respuesta en la legislación vigente. Por otra parte, la interpretación de la legislación dada en la actualidad al artículo 147 bis, limita innecesariamente la explotación, en situaciones en las que no existe una amenaza a la sustentabilidad.

Los antecedentes presentados demuestran, además, que la efectividad de las disposiciones legales depende críticamente de las capacidades institucionales y de los actores, de modo que “una proporción significativa de los problemas que debe resolver el país en relación con sus recursos hídricos no depende de la incorporación de modificaciones al marco regulatorio vigente, sino de una implementación eficiente de las soluciones previstas en la ley”<sup>35</sup> y resulta válida la pregunta acerca de si los

problemas se resuelven con nueva legislación<sup>36</sup>.

En lo relativo a la institucionalidad pública las falencias críticas se manifiestan principalmente en la insuficiencia de las redes de medición, del control de las extracciones, y de la información sobre catastros e inventarios, y en la inexistencia de un diagnóstico sobre la sustentabilidad de las explotaciones existentes en los acuíferos del país<sup>37</sup>.

La institucionalidad privada –que cumple el papel más importante en relación con la distribución de los recursos hídricos disponibles según derecho– es prácticamente inexistente o inoperativa, reflejando un sector privado con una débil cultura asociativa, y una escasa comprensión de la naturaleza de los problemas y del papel que le asigna el ordenamiento legal.

El papel desempeñado por la Contraloría General de la República ha sido decisivo en la forma de aplicación de la normativa, sin embargo, los antecedentes presentados muestran que sus dictámenes frecuentemente se han caracterizado por el desconocimiento de las particularidades de la gestión de las aguas subterráneas, y por una interpretación de la legislación cambiante, lo que ha tenido un impacto negativo en una adecuada gestión de las aguas subterráneas.

En relación con el tercer elemento considerado clave para una adecuada gobernanza, las políticas y planes, desde la reforma de 2005 se ha carecido de una visión estratégica clara y coherente, con planes y programas de largo plazo orientados

a superar en forma integral los distintos elementos que confluyen en la gobernanza del agua subterránea.

Los cortos períodos de cada gobierno y los cambios directivos han favorecido una permanente revisión de los diagnósticos y las propuestas, y las actuaciones de gobierno han estado fuertemente influidas por la necesidad de dar respuesta a situaciones coyunturales, con una visión de corto plazo.

Finalmente, se observa un déficit en el nivel de conciencia de los usuarios, las empresas y del conjunto de la población acerca de las particularidades que presenta la gestión del agua subterránea y la importancia de su aprovechamiento sustentable, así como en el conocimiento técnico de las aguas subterráneas y de los antecedentes acerca de su aprovechamiento. ●

## Referencias

- 1 GEF/ World Bank/ FAO/ UNESCO-IHP/ IAH. 2015, 4.
- 2 Sobre la experiencia en el mundo, resulta de interés la de Asia del Sur presentada en: Tushaar Shah (2009): “Taming the Anarchy: Groundwater governance in South Asia”. Resources for the Future.
- 3 Custodio, 2000, 6.
- 4 *Ibidem*.
- 5 GEF/ World Bank/ FAO/ Unesco-IHP/ IAH. 2015, 3.
- 6 Celedón. 1978, 10.
- 7 En los congresos de ingeniería hidráulica de la época ([www.sochid.cl](http://www.sochid.cl)) se presentan distintos avances teóricos acerca de los problemas matemáticos asociados a la modelación del comportamiento hidráulico de los acuíferos, pero no hay casos de aplicación a la toma de decisiones.
- 8 Los particulares nunca solicitaron la declaración de área de restricción y no existían descensos sistemáticos de niveles, condiciones que exigía la resolución DGA N°207 de 1983. El descenso de niveles se presentó en algunos sectores, aproximadamente 15 años después.
- 9 El estudio de modelación hidrogeológica de 1987 encargado por la DGA sobreestimó severamente la capacidad de regulación del acuífero, señalando que tenía “una capacidad de regulación aún poco aprovechada” y que podía permitir aumentar la superficie agrícola al máximo físico del valle (13.000 há), “sin que en un horizonte de 50 años y frente a condiciones hidrológicas extremadamente secas vayan a producirse descensos realmente importantes en los niveles de la napa” (Alamos y Peralta Ingenieros Consultores Ltda, 1987, 15).
- 10 Erróneamente en algunas publicaciones se ha señalado que se habría continuado constituyendo derechos de aprovechamiento a pesar de la declaración de la prohibición, sin reparar que la fecha límite era la fecha de ingreso de las solicitudes a la DGA (Informe Técnico DGA SDT N° 327 de marzo de 2012: “Derechos de Aprovechamiento de Aguas Subterráneas Otorgados en la Cuenca del Río Copiapó”). Ajustes posteriores a la declaración original precisando el área geográfica no tienen incidencia prác-

tica en los alcances efectivos de la prohibición.

<sup>11</sup> Peña et al. 2004, 37.

<sup>12</sup> Dirección General de Aguas. Informes de Gestión 2001, 2002, 2003, 2004, y 2005.

<sup>13</sup> Entre las áreas de restricción declaradas en ese período, se encuentran los acuíferos de Petorca (1997) y Ligua (2004) que han sido motivo de preocupación nacional por sus actuales niveles de sobreexplotación.

<sup>14</sup> Dictámenes N° 1408 (1992); 23228(1995); y 12093 (1996) de la Contraloría General de la República.

<sup>15</sup> Dictamen N°161 (2000) de la Contraloría General de la República, donde se señala que: "... resulta patente que la disponibilidad del recurso que menciona el inciso final del artículo 141 (...), está conformada, en lo que respecta a las aguas subterráneas, por la existencia física de las aguas (...) y por el hecho de que no se afecte áreas de protección integradas a derechos previos (...). En consecuencia, (...) al darse las condiciones mencionadas la autoridad administrativa se encuentra en el imperativo de dictar la resolución constitutiva del derecho (...)"

<sup>16</sup> Cabe señalar que inclusive la Excma. Corte Suprema había dictaminado que la Dirección General de Aguas debía en el futuro, "al resolver sobre las solicitudes presentadas respecto de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas, en sectores acuíferos en que existen derechos ya constituidos ..., verificar la disponibilidad jurídica de aguas a nivel de fuente o acuífero ..., y no limitarse a la constatación de la mera existencia física del recurso hídrico de que se trata". Aguas Andinas y ESSCO con DGA (2004). Sentencia de fecha 05 de enero de 2004, en causa Rol N° 4946/03.

<sup>17</sup> El Mercurio. Presidente del Colegio de Ingenieros en Cartas al Director 05/julio/2000.

<sup>18</sup> Cartas del Presidente del Colegio de Ingenieros al Contralor General de la República del 10/4/2001, y al Presidente de la República del 9 de octubre de 2001.

<sup>19</sup> Peralta, 2005.

<sup>20</sup> Considerando que el Gobierno no consideraba prudente incluir nuevos temas que no tuvieran asegurado un importante nivel de respaldo político, las propuestas fueron conversadas previamente en la Comisión de Obras Públicas del Senado, en especial con su Presidente el senador Antonio Horvath, donde se les dio apoyo.

<sup>21</sup> Cámara de Diputados (2011). Comisión Investigadora encargada de analizar las extracciones ilegales de aguas y áridos en los ríos del país.

<sup>22</sup> Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2 (2015). Informe a la Nación La Megasequía 2010-2015: Una lección para el futuro. Noviembre 2015.

<sup>23</sup> Instituto de Ingenieros 2011, 44.

<sup>24</sup> Se puede observar que, en ocasiones, estas disposiciones han permitido regularizar caudales muy elevados (por ejemplo: norias con caudales de 170 l/s) que desde una perspectiva técnica son muy improbables y no son consistentes con la extensión de las superficies regadas hace 40 años, como exige la norma.

<sup>25</sup> DGA-DARH, 1996, 13.

<sup>26</sup> Agricultura de Azapa en riesgo por la escasez hídrica, en Revista del Campo del 27/04/2018.

<sup>27</sup> Figueroa 2012, 47.

<sup>28</sup> Informe de la Comisión Investigadora encargada de analizar las extracciones ilegales de aguas y áridos en los ríos del país. Sesión 10ª, 17 de octubre de 2011. Este argumento se incorpora en numerosas resoluciones y está desarrollado en: Vera, P. (2011). "Análisis del criterio jurídico del "uso previsible"", en Revista Vertiente, ALHSUD. Septiembre de 2011, pp 52-53.

<sup>29</sup> Este argumento se incorpora en numerosas resoluciones y está desarrollado en: Vera, P. (2011). "Análisis del criterio jurídico del "uso previsible"", en Revista Vertiente, ALHSUD. Septiembre de 2011, pp 52-53.

<sup>30</sup> Debido a la capacidad de regulación de los sistemas de agua subterránea, para las evaluaciones interesa considerar las extracciones medias en períodos prolongados.

<sup>31</sup> Luis Arrau Consultores, 2008, 4-17.

<sup>32</sup> Ayala, Cabrera y Asociados. Ing. Consultores, 2007, 402.

<sup>33</sup> Alhsud (2011). Oficio que entrega la opinión de Alhsud sobre la Resolución DGA n°2455 (exenta) del 10 de agosto de 2011, que modifica el Punto 6.4.2 Áreas de Restricción (Expediente Tipo VAR), Procedimiento del "Manual de Normas y Procedimientos para la Administración de Recursos Hídricos - 2008" aprobado por Resolución DGA n°3504 del 17/12/2008.

<sup>34</sup> Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID) 2016, 68.

<sup>35</sup> Instituto de Ingenieros. 2017, 5.

<sup>36</sup> Donoso y Rinaudo. 2017.

<sup>37</sup> Instituto de Ingenieros. 2011, 44. Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID). 2016. Instituto de Ingenieros. 2017, 57.

Consultar **Bibliografía** en:



<https://bit.ly/382WcWY>



# Barreras y facilitadores para la colaboración y GIRH en la cuenca del río Copiapó



Víctor Gálvez\*

Ponencia realizada en el Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Guayaquil (2018).

Víctor Gálvez es ingeniero civil por la Universidad de Chile y master en Gestión Integrada de Recursos Hídricos por la Universidad de Queensland.

\*El autor desarrolló este artículo junto a Rodrigo Rojas, Gabriella Bennison, Camilo Prats y Edmundo Claro.

Rodrigo Rojas

Ingeniero civil en geografía por la U. de Santiago de Chile, MSc en Ingeniería de Recursos Hídricos por la U. Católica de Lovaina y U. Libre de Bruselas; PhD en Hidrogeología por la U. Católica de Lovaina; y científico de Investigación en CSIRO Land & Water, Australia.

Gabriella Bennison

Ingeniera Civil, Heriot-Watt University; MEng Ingeniería Civil, Heriot-Watt University. Gerente de Proyectos de Investigación en CSIRO Land & Water, Chile

Camilo Prats

Arquitecto por la U. de Chile; MSc Estudios de Planificación Regional y Urbana por la London School of Economics and Political Science. Es fundador - director de Fundación Atacama Verde (Chile).

Edmundo Claro

Ingeniero civil de Industrias por la Pontificia Universidad Católica de Chile, MSc en Geografía por King's College London y PhD Economía de la Tierra por la U. de Cambridge. Es director de Investigación en CSIRO Land & Water (Chile).

La colaboración ha sido ampliamente reconocida como un factor crítico para implementar la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), salvaguardando los intereses económicos, sociales y ambientales dentro de una cuenca. Esta investigación evalúa el desempeño actual de la planificación colaborativa en la cuenca del río Copiapó (CRC) en el norte de Chile. Así, a través de una investigación cualitativa, se analizó la necesidad de colaboración y en qué grado se han cumplido las condiciones iniciales para una colaboración efectiva. Como resultado, se identificaron diez barreras y tres facilitadores que promueven o restringen la colaboración en el proceso de toma de decisiones. Finalmente, se recomiendan siete acciones inmediatas y tres acciones de segunda instancia para mitigar las restricciones y mejorar la planificación colaborativa en la CRC.

## Introducción

Actualmente existe un amplio consenso internacional de que la gestión de los recursos hídricos requiere de un enfoque colaborativo e impulsado por las partes interesadas, incluyendo la integración de variadas organizaciones (públicas o privadas), el uso coordinado de aguas superficiales y subterráneas; y la cooperación espacial entre usuarios aguas arriba y aguas abajo (Watson, 2007; Loux, 2011).

Esta afirmación se ha reforzado en numerosas conferencias internacionales (Tan et al., 2008), estableciendo en la Declaración de La Haya (2000) que "La Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) depende de la colaboración y de las asociaciones a todo nivel, desde cada uno de los ciudadanos hasta las organizaciones internacionales, sobre la base de un compromiso político y una mayor conciencia social respecto de la necesidad de la seguridad hídrica y

gestión sostenible de los recursos hídricos”.

Al respecto, la definición de colaboración utilizada para este estudio se desprende de Ansell y Gash (2008), que establece que la colaboración es un acuerdo gubernamental donde las agencias públicas involucran a actores privados en un proceso de toma de decisiones formal, consensuado y deliberativo; dirigido a implementar o administrar políticas públicas, programas o activos.

A pesar de la importancia de la colaboración, podrían existir situaciones en las que la colaboración no necesariamente es la solución adecuada y, como tal, no debe ser considerada como solución universal para cada problema en la GIRH (Watson, 2007). En este contexto, la mayoría de los estudios de planificación colaborativa se han centrado en el proceso y los factores que determinan su éxito, obviando el análisis de cómo las condiciones de inicio determinan una colaboración exitosa (Benham et al., 2014). Como consecuencia, pocos estudios han investigado y arrojado luces sobre la necesidad real de colaboración y en qué grado se han cumplido las condiciones adecuadas para implementarla.

El objetivo de esta investigación es:

1. Identificar las brechas en la planificación colaborativa en la cuenca del río Copiapó (CRC).
2. Verificar la necesidad de una planificación colaborativa en la CRC.

3. Identificar las barreras y facilitadores para la planificación colaborativa de recursos hídricos en la CRC.

## Metodología

**Estudio de caso:** La cuenca del río Copiapó (CRC) –norte de Chile– se ubica en el desierto de Atacama, y cuenta con una población aproximada de 200,000 habitantes (Suárez et al., 2014) y con una superficie de 18,704 km<sup>2</sup> (MOP, 2018).

La gestión de los recursos hídricos en la CRC ha sido una tarea compleja después de varios intentos de abordar los conflictos relacionados con el agua y el deterioro sostenido de los recursos hídricos desde la década de 1980. Algunas de las principales particularidades de esta cuenca son las siguientes:

1. La asignación de recursos hídricos y el uso del agua se basa en principios de libre mercado.
2. Presenta condiciones áridas y precipitación casi nula.
3. Existe sobre-otorgamiento de derechos de agua, ocasionando un descenso sostenido del nivel de las aguas subterráneas.
4. Hay una fuerte competencia por los recursos hídricos entre los servicios de agua, minería y agricultura.
5. Es una zona con presencia de comunidades indígenas.
6. Ocurren desastres naturales relacionados con el agua, tales como inundaciones y eventos prolongados de sequía.

Como resultado, se han observado conflictos entre

Figura 1: Cuenca del río Copiapó (Elaboración del autor).

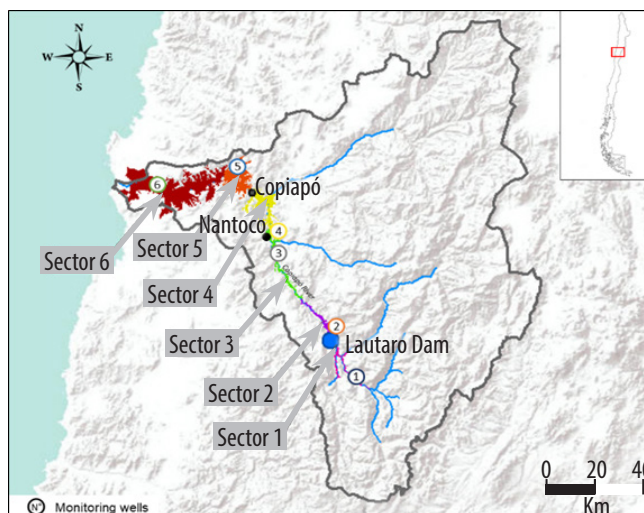


Figura 2: Descenso de niveles freáticos (elaboración del autor).

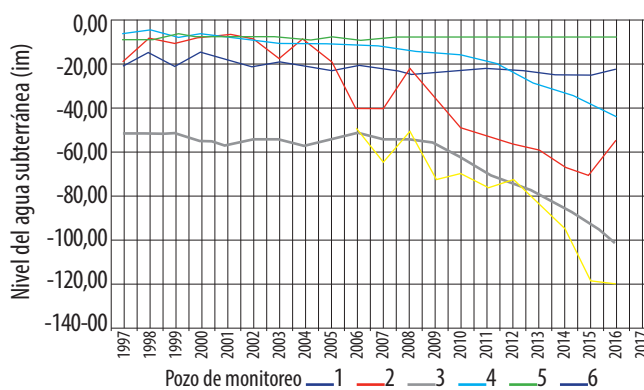


Figura 3: Evolución del precio del agua cruda y agua potable (Bitrán et al., 2014; SISS, 2017).



usuarios, descenso sostenido del nivel freático, deterioro ambiental en la desembocadura y aumento del precio del agua, entre otros. Para dar solución a estos problemas, se han realizado intentos de una Gestión Integra-

da de los Recursos Hídricos (GIRH) a través de mesas del agua, sin embargo, hasta la fecha no se perciben soluciones sostenibles.

En primer lugar, se analizó el marco que determina cuándo la colaboración debe



ser implementada (Oliver and Bishop, 2006), basándose en una lista de seis condiciones:

1. El tema es de alta prioridad para los interesados.
2. El tema es una alta prioridad para la comunidad.
3. Expertos de diferentes instituciones no están de acuerdo sobre cómo resolver el problema.
4. Las instituciones no cuentan con los recursos o habilidades para resolver el problema.
5. Las instituciones requieren de la ayuda de otras instituciones para resolver el problema.
6. Otras partes interesadas tienen interés en resolver el problema.

Luego, se seleccionó el marco de gobernanza colaborativa propuesto por Ansell y Gash (2008), el cual separa los factores externos

que determinan el éxito de este proceso. Luego, bajo la hipótesis de que no existe una planificación colaborativa en la CRC, este trabajo se enfoca en las condiciones externas destacadas en la *Figura 3*.

Así, basado en los marcos ya expuestos, este estudio consiste en una investigación cualitativa que busca identificar, a través de 15 entrevistas a expertos involucrados en la gestión de la CRC, los objetivos mencionados anteriormente. Como resultado, se espera que las entrevistas indiquen cuáles son los factores que no permiten que la toma de decisiones sea fluida.

El análisis de resultados se presenta mediante un análisis temático, metodología ampliamente utilizada en estudios sociales para identificar patrones cualitativos (Braun

y Clarke, 2006). Estos temas permiten responder las preguntas de investigación a partir de la información adquirida de las experiencias y el conocimiento de los participantes.

## Resultados y discusión

A continuación, se muestran los resultados en razón con los principales temas detectados en las entrevistas.

## Percepciones sobre la colaboración y toma conjunta de decisiones

Todos los entrevistados coinciden en que no se han tomado decisiones conjuntas en la CRC a lo largo del tiempo. En ese contexto, nueve entrevistados indicaron que el uso del agua en la región se ha relacionado fuertemente con el desarrollo económico de todos los sectores productivos,

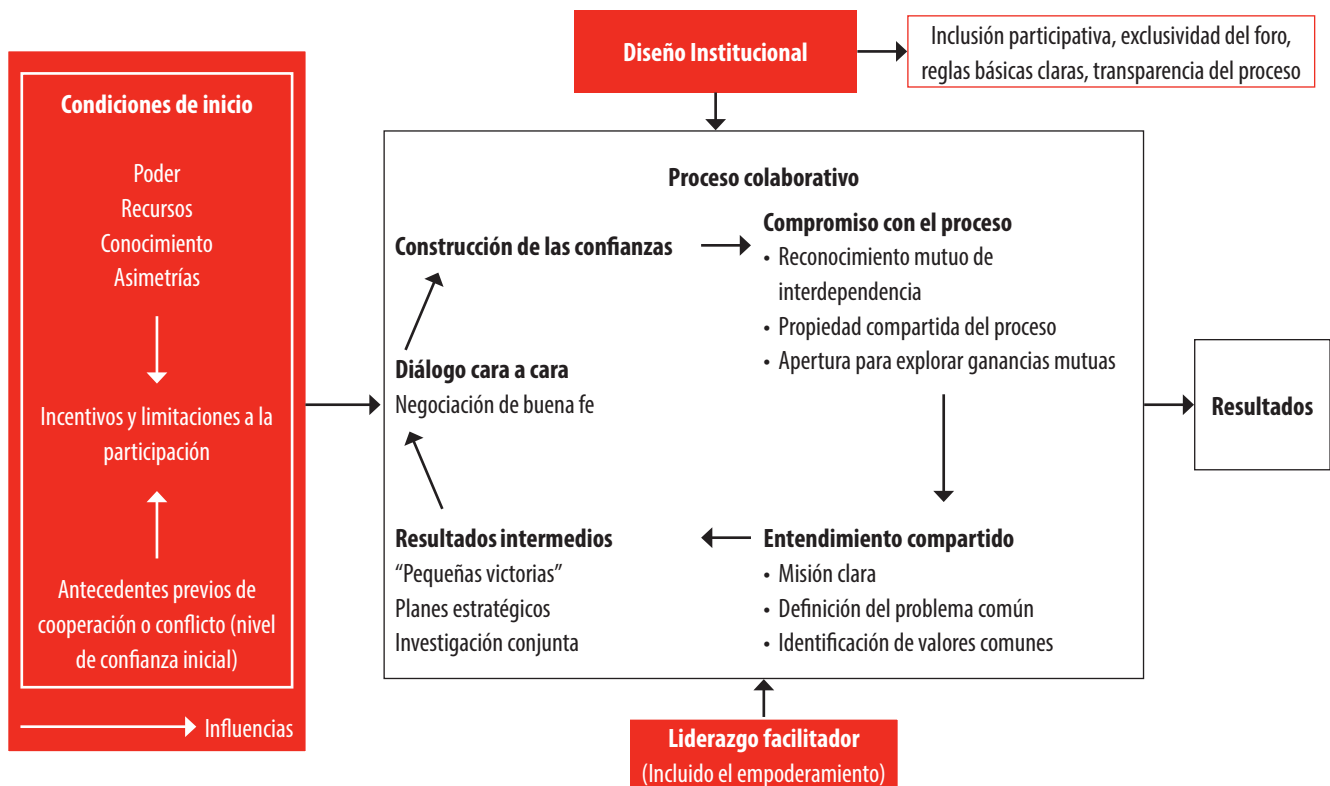
con una perspectiva individual y sin pensar en la sostenibilidad de los recursos hídricos, ni en aspectos sociales ni ambientales. La planificación colaborativa en la CRC no ha podido ser desarrollada.

## Nivel de participación

La mayoría de los entrevistados informaron que la participación no es adecuada debido a la falta de participación efectiva de los organismos públicos y la falta de miembros de la sociedad civil, por ejemplo: representantes sociales, indígenas y pequeños agricultores. Los entrevistados, predominantemente del sector privado, solicitan:

- Un mayor compromiso de las agencias públicas.
- Una participación activa (no solo presencial) de los representantes de la sociedad civil.

**Figura 4:** Gobernanza colaborativa (Ansell and Gash, 2008).



## Conocimiento

La mayoría de las agencias públicas, y parcialmente el sector privado, han desarrollado un amplio conocimiento sobre el uso del agua y el funcionamiento de toda la cuenca. Por otro lado, el resto de las partes interesadas no tiene un conocimiento suficiente del funcionamiento de la cuenca.

Las principales formas para obtener información son:

- Conocimiento sobre las rutas para obtener la información.
- Desarrollo de redes entre los interesados para compartir información.

## Necesidad de colaboración

Sobre la base de las seis condiciones mencionadas anteriormente, los entrevistados de todos los sectores reportaron ampliamente la necesidad de colaboración, involucrando a las agencias públicas, el sector privado y las comunidades.

## Barreras y facilitadores para iniciar colaboración

Al respecto, basado en el marco de la *Figura 3*, las entrevistas indicaron diez barreras y tres facilitadores para una planificación colaborativa en la cuenca del río Copiapó (CRC), las que se muestran a continuación.

Tras el análisis del estado actual de la CRC y los principales factores que condicionan la colaboración en la dicha cuenca, la OECD (2015) propone una serie de mecanismos que podrían responder a estas brechas. Así, se recomienda implementar las siguientes medidas:

### a. Acciones inmediatas:

1. Revisar el nivel de participación de cada actor: A pesar de que una participación pública amplia es esencial para un desarrollo sostenible (ONU, 1992), es posible que no todos deban involucrarse de la misma manera, reduciendo los gastos y facilitando el proceso de toma de decisiones. En este contexto, la OCDE (2015) propone seis niveles de participación. Esta medida serviría para mejorar las brechas en la participación.
2. Definir un facilitador/moderador/coordinador, describiendo claramente su función, tareas y objetivos, tales como: organizar reuniones periódicas, sugerir fuentes de financiamiento, proponer indicadores para evaluar la efectividad del proceso de colaboración y los resultados. Este rol no necesariamente debe ser promovido por el gobierno; por ejemplo, en California, donde se presentan condiciones ambientales y legales similares (Bauer, 2015), el Centro de Política Colaborativa, afiliado a la Universidad Estatal de Sacramento, desempeñó el papel de mediador en el "Water Forum" (Loux, 2011). Esta medida podría servir para mejorar el liderazgo y la visión común.
3. Desarrollar acuerdos legales entre organismos públicos y asociaciones público-privadas. Los contratos innovadores pueden ayudar a mejorar la coordinación entre las partes interesadas, gestionar las interdependencias y resolver las debilidades

institucionales (OCDE, 2015). Esto podría ayudar a reducir la fragmentación y potenciar la falta de atribuciones legales de algunas instituciones.

4. Implementar campañas de sensibilización a través de los medios tradicionales como televisión, radio y periódicos locales, manteniendo la concientización del problema.
5. Implementar talleres destinados a reducir las brechas de conocimiento, especialmente para empoderar a los grupos con menos poder. Por ejemplo, campañas de educación del uso del agua en la cuenca, metodologías para acceder a la información o resolución legal de conflictos. Como resultado, se espera reducir las asimetrías de información.

6. Realizar Informes de avance con el objetivo de mantener informados a los actores sobre el logro de resultados. Así, se espera reducir la desmotivación y mejorar las asimetrías de información.
7. Desarrollar un sitio web para compartir información entre partes interesadas, como anuncios o estudios.

### b. Acciones en segunda instancia (mayor tiempo de implementación):

1. Revisar el tipo de organización de cuenca (CARRH) con el fin de definir cuáles se ajustan de mejor manera al contexto de CRC. Al respecto, Hooper (2006), propone nueve tipos de organizaciones de cuenca<sup>1</sup>.

## CSIRO Chile



Chile



Innovamos para resolver los desafíos del agua a través de la ciencia y la tecnología

- Gobernanza hídrica
- Recarga de acuíferos
- Modelación participativa
- Simulación de inundaciones
- Análisis de gases nobles
- Monitoreo en tiempo real de aguas subterráneas

[gabriella.bennison@csiro.au](mailto:gabriella.bennison@csiro.au) | +56 22797 6300 | @csirochile



**Recuadro 1:** Barreras y facilitadores para la colaboración en la CRC.

Barreras	Facilitadores
Desmotivación por la falta de resultados	Interdependencia
Asimetrías de conocimiento de grupos minoritarios	Conciencia del problema de los participantes
Asimetrías de poder relacionados a derechos del agua	Positiva historia entre los actores
Falta de recursos de agencias públicas	
Asimetrías de poder relacionadas a la capacidad de organización	
Falta de visión compartida	
Falta de liderazgo y voluntad política	
Falta de atribuciones legales	
Centralismo en la toma de decisiones	

2. Buscar y proponer mecanismos alternativos de financiamiento para reducir las asimetrías financieras de los organismos participantes.
3. Revisión de las atribuciones legales de los organismos públicos respecto a la GIRH en la cuenca y proponer, si fuese necesario, mecanismos para reducir las brechas detectadas.

**Conclusiones**

En esta investigación se realizaron quince entrevistas a representantes experimentados de la cuenca del río Copiapó y se identificaron diez barreras y tres facilitadores que promueven o restringen la colaboración en el proceso de toma de decisiones. Como resultado, se ha demostrado que la colaboración se desarrolla inadecuadamente y que existe una falta de condiciones adecuadas para apoyar las decisiones colectivas entre los actores.

Al mismo tiempo, los resultados sugieren que los actores reconocen la ne-

cesidad de colaboración para abordar los desafíos actuales relacionados con el agua. Por lo tanto, parece razonable suponer que las iniciativas anteriores para implementar enfoques de gestión integrada no han cumplido sus objetivos.

Finalmente, considerando que la mayoría de los estudios sobre colaboración se enfocan en el proceso mismo, los resultados de esta investigación pueden utilizarse para comprender las principales dificultades al iniciar un proceso colaborativo, anticipar barreras y establecer un escenario apropiado para una implementación eficiente de una política o estrategia.

Estos resultados pueden ser útiles no solo en la cuenca del río Copiapó (CRC), sino también en otras cuencas que también presentan sobre otorgamiento de derechos o en otros lugares donde existen características similares, como mercados de agua, los climas áridos y la presencia de comunidades indígenas.

<sup>1</sup> [https://postconflict.unep.ch/publications/sudan/Sudan\\_WRM\\_2014.pdf](https://postconflict.unep.ch/publications/sudan/Sudan_WRM_2014.pdf)

**Instituciones participantes en la investigación:**

- Unión de junta de vecinos.
- Representante de grupo indígena Colla.
- Conacop.
- Universidad de Atacama.
- DGA.
- Ministerio de Agricultura.
- Ministerio del Medioambiente.
- Ministerio de Minería.
- Aguas Chañar.
- Apeco.
- Junta de Vigilancia del río Copiapó.
- Comisión Nacional de Riego.
- Dirección de Obras Hidráulicas.
- INDAP.
- Superintendencia de Servicios Sanitarios.
- Comunidad de Aguas Subterráneas (CAS) I, II, and III.
- Comunidades de Aguas Subterráneas (CAS) IV.
- Consultor independiente.

**Referencias:**

- ANSELL, C. & GASH, A. 2008. Collaborative governance in theory and practice. *Journal of public administration research and theory*, 18, 543-571.
- BAUER, C. J. 2015. Water conflicts and entrenched governance problems in Chile's market model. *Water Alternatives*, 8.
- BITRÁN, E., RIVERA, P., AND VILLENA, M.J., 2014. Water management problems in the Copiapó Basin, Chile: markets, severe scarcity and the regulator. *Water Policy*, 16 (5), 844-863, doi: 10.2166/wp.2014.107
- LOUX, J. 2011. Collaboration and stakeholder engagement. *Water resources planning and management*, 251-273.
- MOP. 2018. Aguas: Mapas y Datos por Cuencas [Online]. Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile. Available: <http://www.mop.cl/Prensa/Paginas/cuencas.aspx> [Accessed 02 May 2018].
- OECD 2015. Stakeholder engagement for inclusive water governance, Paris, France, OECD.
- OLIVER, P. & BISHOP, P. 2006. Issue, Context and Stakeholder Analysis (ICASA). Working paper. Engaged Government Project. Brisbane: Griffith University.
- SISS (Superintendencia de Servicios Sanitarios), 2017. Informe de gestión del Sector Sanitario 2016. Superintendencia de Servicios Sanitarios, Gobierno de Chile. Disponible en: [http://www.siss.gob.cl/586/articles-16848\\_recurso\\_1.pdf](http://www.siss.gob.cl/586/articles-16848_recurso_1.pdf) [Accesado 18 de setiembre 2018]
- SUÁREZ, F., MUÑOZ, J. F., FERNÁNDEZ, B., DORSAZ, J.-M., HUNTER, C. K., KARAVITIS, C. A. & GIRONÁS, J. 2014. Integrated water resource management and energy requirements for water supply BENHAM, C., HUSSEY, K. & BEAVIS, S. 2014. Planning for success in a climate change future: Collaborative water governance in the Upper Murrumbidgee Catchment, southeastern Australia. *Australasian Journal of Water Resources*, 18, 1-14n the Copiapó river basin, Chile. *Water*, 6, 2590-2613.
- TAN, P.-L., JACKSON, S., OLIVER, P., MACKENZIE, J., PROCTOR, W. & AYRE, M. 2008. Collaborative Water Planning: Context and Practice.
- WATSON, N. 2007. Collaborative capital: a key to the successful practice of integrated water resources management. *Multi-stakeholder platforms for integrated water management*, 31-48.

Para acceder al artículo original, ingrese a <https://bit.ly/2S92VZX>



# NÓMINA DE SOCIOS ALHSUD 2019



N°	Nombre	Apellido	Empresa
1	Alberto	Cardemil Palacios	Carey
2	Alejandro	Gomez Vidal	Sociedad del Canal de Maipo
3	Alex Ignacio	Gallardo Espinoza	Geophysics and Drilling Chile
4	Amaro	Taucán Burgos	Quinta Empresas
5	Andrea Daniela	Craig Palacios	Caudal Asesores
6	Andrés	Pucheu	Hidroestudios
7	Anneli de la Luz	Gramusset Hepp	Consultor independiente
8	Antonio	Vargas Riquelme	H2O Abogados
9	Beatriz	Labarca Lira	SRK Consulting
10	Camila	Lavín	Carey
11	Carlos	Ciappa Petrescu	ILC Abogados
12	Carlos	Espinoza Contreras	Hidromas
13	Carmen Cecilia	Copier Mella	Geosafe
14	Carol Omar	Gálvez Astudillo	Ferrocarril de Antofagasta a Bolivia
15	Christian	Reyes Benavides	Quinta Empresas
16	Claudia Isabel	Craig Palacios	Caudal Asesores
17	Cristian	Ortiz Astete	Hidroestudios
18	Cristian Mauricio	Contreras Chacón	Handels Und Finanz
19	Edgardo	Dzogolyk	Arcadis
20	Edmundo	Claro	CSIRO Chile
21	Eugenio	Celedón Cariola	Hidrogestión
22	Eugenio	Celedón Correa	Hidrogestión
23	Felipe	Raby Amadori	Hidrogestión
24	Felipe Antonio	Huneus Lagos	AC Geosonic
25	Fernando	Calle	Arcadis
26	Fernando	Garrido Capdevilla	Barros & Errázuriz
27	Fernando	Krauss Ruz	Independiente
28	Fernando	Peralta Toro	Independiente
29	Francisca	Quiroz	Geodatos
30	Francisco	Valdivieso	Arcadis
31	Francisco	Echeverría Ellsworth	H2O Abogados
32	Francisco	Moreno Sagredo	Handels Und Finanz
33	Francisco	Suárez	Universidad Católica
34	Gabriella	Bennison	CSIRO Chile
35	Gerardo	Díaz del Río	Independiente
36	Gonzalo	Lira Canguilhem	LogistGeoplan
37	Guillermo	Donoso Harris	Pontificia Universidad Católica de Chile
38	Hector Adolfo	Maya Araya	Maya Consultores
39	Hernán	Llona Gajardo	Quinta Empresas

40	Humberto	Peña Torrealba	DIAgua
41	Ignacio	Popelka Jiménez	Compañía Chilena de Perforaciones
42	Iván Gonzalo	Veloso Araya	Consultor independiente
43	Jennifer	Lavado	Geodatos
44	Jorge	Femenías Salas	ILC Abogados
45	José Luis	Fuentes Vasquez	Sociedad del Canal de Maipo
46	José Luis	Delgado	SGA - Gestión Ambiental
47	José Luis	Arumí	Universidad de Concepción
48	José Miguel	García Navas	SRK Consulting
49	Juan Carlos	Berrios Torres	Sociedad del Canal de Maipo
50	Juan Carlos	Parra	Geodatos
51	Juan Pablo	Schuster Villarroel	SRK Consulting
52	Julio	Cornejo Morales	Hidromas
53	Karen	Lazo	CSIRO Chile
54	Katherine	Hasler	Hidroestudios
55	Laura	Vitoria Codina	SGA - Gestión Ambiental
56	Luis	Jorquera Galaz	Independiente
57	Marcelo Andrés	Amigo Herrera	Ingeniería y Proyectos Novajas y Veas
58	María Francisca	Craig Palacios	Caudal Asesores
59	María Gabriela	Yáñez Poblete	H2O Abogados
60	Maricel Alejandra	Jofré Carvajal	AC Geosonic
61	Mario	Jofré Cortés	Junta de Vigilancia Río Elqui y sus Afluentes
62	Martín	Guimaraens Juanicó	Compañía Chilena de Perforaciones
63	Mauricio	Moreno Sagredo	Handels Und Finanz
64	Mesenia	Atenas Vivanco	Hidromas
65	Orlando	Acosta Lancellotti	Gestionare
66	Pablo	Rengifo Oyarce	SGA - Gestión Ambiental
67	Pablo	Jaeger Cousiño	DIAgua
68	Patricia	Casasnovas Arias	Compañía Chilena de Perforaciones
69	Patricio	Solórzano	Barros & Errázuriz
70	Pedro Pablo	Ballivian	Barros & Errázuriz
71	Reynaldo	Payano Almanzar	ICASS
72	Roberto	Pizarro Tapia	Universidad de Talca
73	Ronald Adrián	Ambler Abraham	AC Geosonic
74	Sebastián	Campos Aguirre	ILC Abogados
75	Sebastián	Del Campo	Carey
76	Sergio	Iriarte Diaz	ICA Geoconsultores
77	Sergio	Nuñez Cepeda	Perforaciones y Asesorías MFDRILL
78	Tamara	Salgado Donoso	DIAgua
79	Wolf	von Igel	Monitoreass





Capítulo Chileno de la Asociación Latinoamericana  
de Hidrología Subterránea para el Desarrollo (Alhsud)  
Providencia 2330, oficina 63.  
[comunicaciones@alhsudchile.cl](mailto:comunicaciones@alhsudchile.cl) - [www.alhsudchile.cl](http://www.alhsudchile.cl)

 Alhsud Chile  
 @alhsudchile  
 Alhsud Capítulo Chileno  
 alhsudchile