



Regulación del uso de agua en Chile. Oportunidades y desafíos

Eugenio Bobenrieth, Ph.D. Agricultural and Resource Economics. University of California Berkeley. Académico Facultad de Economía y Negocios, UAH.



El agua es un recurso fundamental, no solamente para el consumo humano, para recreación y para beneficio ecológico, sino que también por su participación -directa o indirectamente- en las actividades económicas de Chile (producciones agrícolas, mineras, recreación, etc.). El Código de Aguas de Chile, modificado en abril de 2022, define que el agua es un bien nacional de uso público, explicitando que su utilización y dominio pertenece a todos los habitantes de la nación. Se establece el derecho humano de acceso al agua, saneamiento, la función de subsistencia del agua, sustentabilidad y preservación ecosistémica.

Los beneficios ambientales del agua están reflejados en los llamados “caudales ecológicos”.

El Código de Aguas establece: “Respecto de los derechos de aprovechamiento de aguas por otorgar, la Dirección General de Aguas velará por la preservación de la naturaleza y la protección del medio ambiente, debiendo para ello establecer un caudal ecológico mínimo, para lo cual deberá considerar también las condiciones naturales pertinentes para cada fuente superficial”.

A pesar de la importancia de estos beneficios ambientales, la supervisión del cumplimiento de estándares de protección del medio ambiente en la práctica es compleja, debido al elevado costo de monitoreo. No es sorprendente que un catastro reciente de la Dirección General de Aguas (DGA) muestra que, de una muestra de 93 Resoluciones de Derechos de Agua en las regiones de O’Hig-

gins, Maule, Ñuble, del Biobío, de la Araucanía y de los Ríos, solamente el 60% cumple el caudal ecológico Establecido (DGA 2024).

Las prioridades establecidas en el Código de Aguas son razonables e importantes. Sin embargo, su implementación práctica está sembrada de amenazas y desafíos. Un primer desafío es la demanda creciente de agua. La demanda por agua crece a un ritmo tal que hace inevitable el aumento de intereses contrapuestos en la asignación del recurso. Así por ejemplo la DGA estima que en la Región de Valparaíso la demanda anual de riego para el sector agrícola se incrementará desde 705.278 miles de metros cúbicos el 2020, hasta 736.452 y 779.568 miles de metros cúbicos para 2030 y 2040; esto es un 4.4% y 10.5% de incremento con respecto al 2020. A nivel nacional desde una base de 11 mil millones de metros cúbicos de agua utilizados el 2015 en Chile, la demanda total se proyecta en 11.403 y 11.968 millones de metros cúbicos para 2030 y 2040, respectivamente.

Un segundo desafío es el cambio climático. Aun cuando el 2024 fue un año de relativamente abundantes lluvias en Chile, existe consenso entre especialistas de que éstas no logran revertir el diagnóstico pesimista de crisis hídrica nacional; los efectos de la mega sequía que experimenta Chile durante los últimos 20 años no se pueden eliminar con un solo año de superávit de lluvias. En efecto, tanto a nivel global como en Chile la prevalencia de desastres “naturales” tales como inundaciones y sequías prolongadas es cada día más frecuente y con implicaciones más dramáticas. No se trata solamente de cambios de temperatura sino de inundaciones nunca antes vistas, además de sequías que se prolongan en el tiempo. Por supuesto llegan a la mente la reciente inundación en Valencia y las protestas por la falta de planificación frente a la gravedad de las lluvias y sus trágicas consecuencias. También en nuestro país debemos lamentar los efectos de inundaciones cuya severidad solo ha aumentado en los últimos años.

Un tercer desafío es la estructura de gobernanza. En Chile existen muchas organizaciones públicas y privadas involucradas en la administración del agua. Aún cuando estas organizaciones cumplen un rol importante en la gestión y planificación de explotación, su elevado número y los múltiples intereses representados por ellas frena la rapidez en los diagnósticos e implementación de soluciones rápidas a los conflictos relacionados con el agua (Banco Mundial 2021). La Ley Marco de Cambio Climático establece la necesidad de “Planes Sectoriales de Adaptación” al cambio climático, los cuales deben ser impulsados por el Ministerio de Obras Públicas. En este contexto, la DGA tiene como objetivo un cambio estructural como parte de una estrategia de largo plazo, para enfrentar el cambio climático. La DGA identifica 6 desafíos: “(1) la falta de un plan de acción unificado sobre el clima y el agua, (2) la falta de consolidación e integración de la información existente sobre el clima y el agua, (3) la falta de liderazgo y coordinación de los esfuerzos de adaptación públicos y privados, (4) la insuficiente inclusión de los actores para la adaptación de los recursos hídricos a nivel subnacional y local, (5) la escasa consideración de las variables del cambio climático en la gestión de los recursos hídricos a nivel nacional y de cuenca, y (6) la falta de mediciones adecuadas de la

vulnerabilidad climática de los recursos hídricos en general en el país.” (UC, DGA y FAO 2024).

La elaboración de este plan es participativa, con usuarios de recursos hídricos a diferentes niveles. La DGA propició la discusión de las dimensiones de protección ambiental o de ecosistemas, desarrollo sustentable y económico, gobernanza, institucionalidad y monitoreo, e incertidumbres en disponibilidad hídrica tanto de cantidad como calidad de agua, y cambios en la demanda, entre otras. En el informe destaca la preocupación por la falta de conocimiento en los “efectos (sociales, económicos, ambientales) de eventos climáticos extremos como inundaciones, aluviones, remociones en masa, deslizamientos, etc. y/o desastres naturales como terremotos, incendios, etc.”, “el conocimiento de la situación de las aguas subterráneas en términos de calidad, cantidad, áreas de consumo humano, agrícola, minería”. Las conclusiones darán lugar a estrategias de regulación y fiscalización a nivel desagregado; la bajada final de la DGA para ser aplicado en diferentes niveles de usuarios. El desafío es cómo diseñar esta bajada para evitar efectos no deseados relacionados con la anticipación, y, por el contrario, cómo lograr mejores niveles de bienestar para todos los usuarios, presentes y futuros.



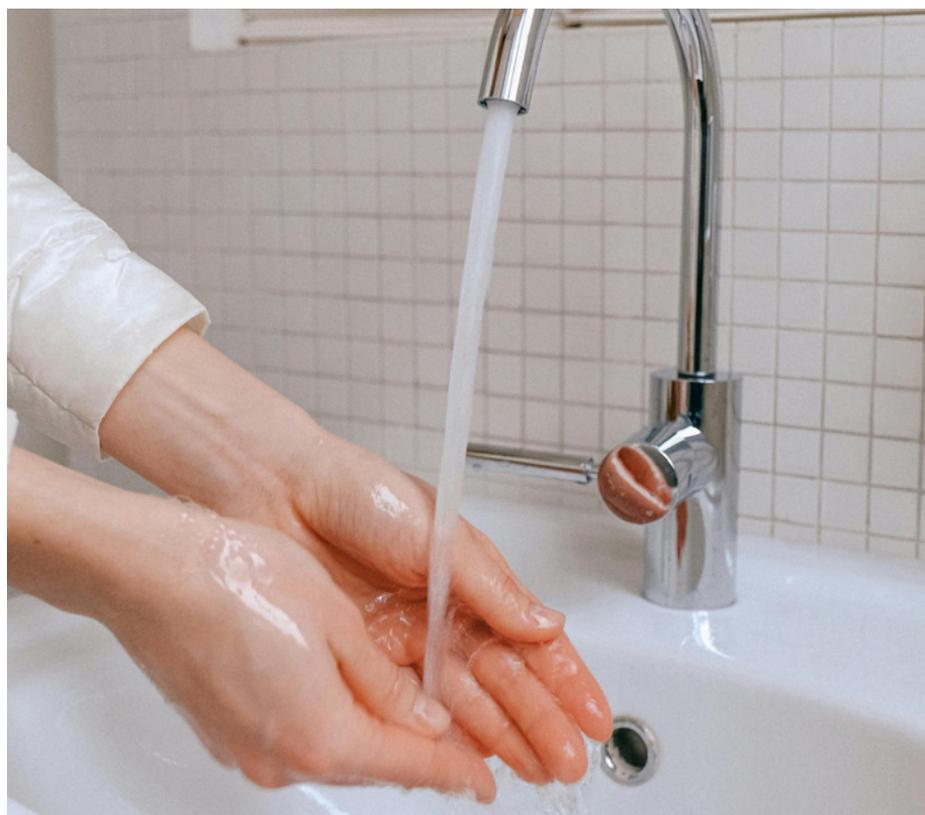
Me explico. Uno de los peligros más delicados de una estrategia de regulación para preservar un recurso natural es la denominada "paradoja verde". Esta paradoja consiste en la anticipación destructiva de una regulación. En simple, la regulación que busca preservar un recurso finito como por ejemplo un ecosistema o un nivel de disponibilidad de agua necesariamente implica sacrificios para los usuarios involucrados. Por ejemplo, el agua subterránea en uno o varios acuíferos no tiene disponibilidad infinita, y por lo tanto su conservación para uso futuro implica costos en por ejemplo pérdidas de mercados o de potenciales cultivos. En este contexto, si los usuarios anticipan una futura regulación que les impediría el libre acceso, entonces es natural esperar el incentivo a sobre-utilizar en el presente para de esta forma disminuir en la medida de lo posible las consecuencias económicas negativas de dicha regulación. No se trata de maximización de ganancias, sino que se trata simplemente una forma de reducir las pérdidas que se sabe que ocurrirán inevitablemente. Si todos los usuarios pueden anticipar las restricciones al uso futuro del agua, entonces todos ellos tendrán este incentivo a "apresurar" el uso del recurso. Por supuesto la conclusión es obvia: al momento de implementarse la regulación, no quedará mucho del recurso para ser regulado, pues cada usuario se adelantó en sobre-explotar el recurso. Esta "paradoja verde" constituye un problema para mejorar el acceso a agua de calidad y en cantidades suficientes en el futuro, considerando especialmente la alta fragmentación legislativa y en usos y beneficios del agua en Chile.

Un cuarto desafío es la administración de aguas subterráneas. En la práctica los depósitos de agua subterránea, los cuales se recargan a partir de infiltración de depósitos de aguas superficiales, lluvias y nieve, permiten suavizar el uso de agua en el tiempo, esto es, cumplen el rol de suplir la falta de lluvias en periodos de sequías. Aun cuando la explotación de estos depósitos de agua está normada por la DGA que establece derechos de uso de caudales de agua subterránea, en

la práctica es imposible controlar el cumplimiento exacto de tales derechos pues no es posible supervisar continuamente en el tiempo la extracción efectiva. Si la demanda de agua y las decisiones de agricultores con respecto a superficie utilizada, tipo de cultivo, y las fuentes de oferta de agua fueran todas estables, entonces la ausencia de un monitoreo permanente no tendría grandes complicaciones. Sin embargo, en la realidad la demanda por agua es altamente dinámica, la presencia de sequías prolongadas en el tiempo genera un desequilibrio en la demanda y oferta de aguas subterráneas, por ejemplo la mantención de la inversión en frutales requiere riego estable, dentro de ciertos rangos razonables; no es posible eliminar el riego de árboles por un periodo prolongado. A pesar de esta vital importancia de los acuíferos, los altos costos de administración y supervisión de grupos de usuarios de agua subterránea han llevado a que del total de organizaciones de administración de agua, solo una pequeña parte de ellas regula el uso de acuíferos subterráneos, en Chile se encuentran registradas en la Dirección General de Aguas (DGA) 46 Juntas de Vigilancia

de agua, 200 asociaciones de canalistas, 3232 comunidades de aguas superficiales, pero solamente 11 comunidades de aguas subterráneas

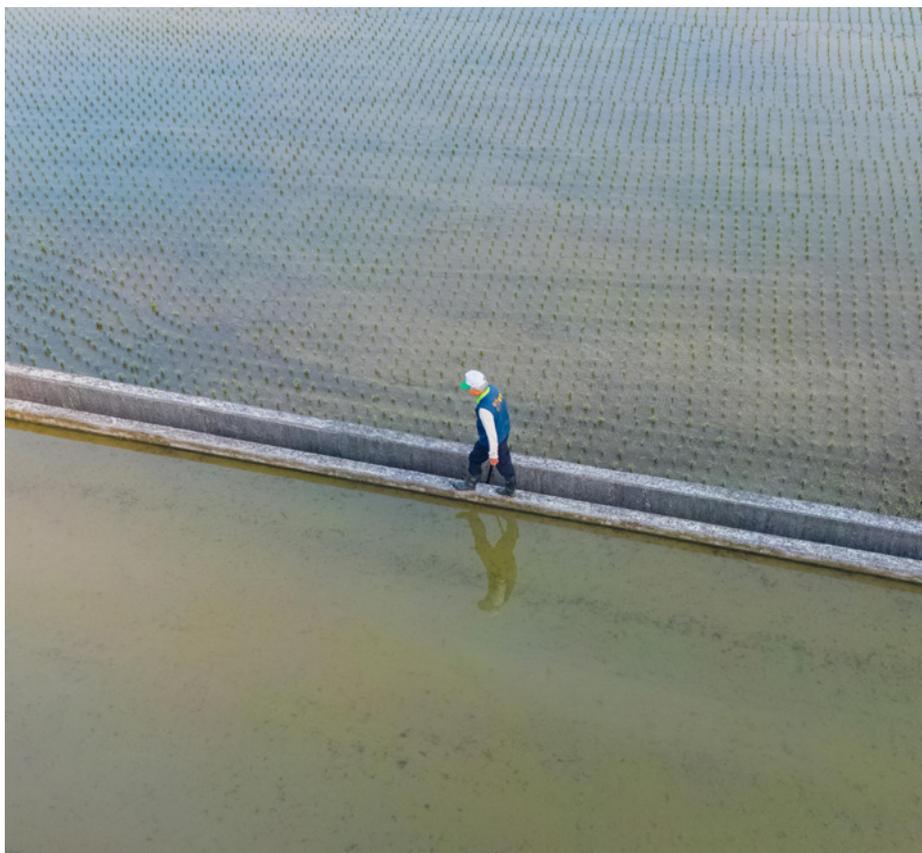
Desde un punto de vista metodológico, modelar el uso de aguas en el tiempo es un desafío pendiente. Las mediciones de cambios en expectativas son relevantes para cuantificar los efectos de la regulación. Por definición, las expectativas sobre eventos futuros no son una función fija de los eventos pasados. Al contrario, los eventos futuros pueden ser muy diferentes al pasado. Sin embargo, dichas expectativas sobre el futuro son cruciales a la hora de determinar las acciones presentes de los agentes involucrados, y tales acciones presentes a su vez condicionan los eventos futuros. En términos matemáticos y simplificando, podemos pensar en las expectativas como la solución de "punto fijo" de una función que determina simultáneamente tanto al presente como al futuro. En términos concretos, la disponibilidad de agua para el 2030 y 2040 depende en parte del ahorro de agua durante la presente década, pero este ahorro de agua para el



futuro está determinado por la expectativa de la disponibilidad de agua futura. Así el ahorro de agua involucra tanto las necesidades de consumo presente como lo que se espera para tales necesidades de agua para el futuro. Este balance de expectativas no es mecánico o pre-determinado, al contrario, tal ahorro es función de múltiples factores entre los cuales está la regulación. En efecto, si los usuarios de agua visualizan que lo que ellos ahorren de agua será aprovechado al menos en parte por otros usuarios lo cual aumentará la escasez del recurso en un futuro, esto provoca un incentivo al sobre uso de agua, ya que los demandantes individuales no tienen el control directo sobre lo que otros consuman. El consumo excesivo de agua genera dos “externalidades”, una de ellas es la externalidad de stock -esto es, el excesivo consumo de agua de otros usuarios afecta nuestra propia disponibilidad de stock de agua en el futuro- y la externalidad de costo -esto es, el sobre consumo de agua de otros usuarios incrementa mi propio costo de extraer agua en el futuro.

Existe una gran literatura económica sobre expectativas; tanto a nivel macro como a nivel de agentes individuales. Sin embargo, la literatura especializada no ha logrado consenso en cómo medir los efectos en las expectativas en la demanda de agua. El tema es que cambios en gobernanza e institucionalidad pueden implicar modificaciones en las expectativas de los usuarios involucrados, induciendo cambios relevantes en los patrones de comportamiento de la demanda y de la oferta. Por ejemplo, frente a un aumento en la incertidumbre y por lo mismo un aumento en la probabilidades de futuros decretos de restricción hídrica, los agricultores no son estáticos sino que reaccionarán no solo a nivel de consumo global de agua, sino que a nivel de la superficie plantada y del tipo de cultivo (perenne, anual).

En un reciente proyecto, con nuestro equipo de investigadores hemos conseguido modelar el efecto en las expectativas de restricción en los niveles de agua subterránea (Bobenrieth et al. 2024). Un ejemplo de



Es necesario entender el proceso de toma de decisiones, si queremos impactar positivamente en el comportamiento de usuarios de agua”

la relevancia del tema es la legislación de agua subterránea en California (“Sustainable Groundwater Management Act”) aprobada el 2014, y que implica altos niveles umbrales para acuíferos en zonas amenazadas por el cambio climático. Estos umbrales deben ser logrados a partir del 2040. Aun cuando el 2040 pueda parecer lejano, esta fecha no lo es si estamos evaluando por ejemplo plantaciones de árboles frutales como almendros o pistachos cuya vida útil puede ser de 25-27 años. Los ajustes de expectativas asociados a esta regulación han provocado cambios importantes en variables críticas como por ejemplo hectáreas plantadas, composición de cultivos, y dramáticas disminuciones en el valor de la tierra. La modelación de expectativas tiene implicancias entre otras, para los caudales ecológicos. En efecto, los

desafíos en el cumplimiento de metas ambientales no se limitan a fiscalización, sino que involucran una mejor comprensión de cómo se miden los beneficios ambientales y como tales beneficios se relacionan con las acciones de usuarios de agua en el tiempo.

La experiencia de California puede parecer lejana por tratarse de un contexto diferente al de Chile. Sin embargo, la realidad es que versiones del mismo tipo de fenómeno se podrían producir en Chile. Es suficiente notar que los agricultores no son personas pasivas que respondan mecánicamente frente a los incentivos provenientes del regulador. Al contrario, para ellos el contexto regulatorio es fundamental a la hora de evaluar decisiones de inversión y empleo, tanto a pequeña como a gran escala.



de manera creciente en el tiempo para su mantención y riego. Esto resulta crítico si queremos ofrecer nuestras mejores prácticas a pequeños o medianos agricultores con acceso muy limitado a oportunidades de financiamiento. Temas fundamentales incluyen cómo los cambios regulatorios afectan la superficie total plantada, la composición de dicha superficie, la cantidad de tierra sin uso, las inversiones en infraestructuras de riego, el mercado de aguas, la estructura de organización en las comunidades de riego, los efectos en el empleo y desarrollo de regiones asociadas a acuíferos en riesgo de sobre-explotación, efectos en la pobreza rural de políticas de fomento al consumo de agua tanto superficial como subterránea, y la resiliencia de usuarios de agua frente a sequías prolongadas.

Es inevitable que el diseño de políticas coherentes de explotación de aguas involucre estas consideraciones en su evaluación. La tarea es incorporar dichos efectos para entender las consecuencias de incentivos regulatorios para los usuarios de agua, cuyo horizonte de planificación involucra años, posiblemente décadas en las cuales ellos resuelven sus “mejores respuestas” en un juego dinámico de interacción estratégica de largo plazo, pero cuyas acciones tienen implicaciones que podrían ser trágicas en el muy corto plazo. **OE**

Es necesario entender el proceso de toma de decisiones, si queremos impactar positivamente en el comportamiento de usuarios de agua. Los cambios regulatorios impulsan cambios en las decisiones de uso de tierras de aptitud agrícola. Estos cambios pueden significar cuantiosas inversiones en activos fijos relacionados a proyectos de riego

y a decisiones de superficie cultivada de árboles los cuales solamente son rentables en el largo plazo. Es suficiente considerar por ejemplo que la decisión de plantar árboles frutales considera que dichos árboles tienen una larga etapa de gestación durante el cual los árboles no generan producto alguno, pero sin embargo sí utilizan agua

Referencias:

- Banco Mundial y Asociación Global de Seguridad del Agua y de Saneamiento GWSP (2021). “El agua en Chile. Elemento de desarrollo y resiliencia.”
- Bobenrieth, E.S.A., Sauma, M., Wright, B.D. (2024). “Conflicting goals on the road to a sustainable groundwater regime”. Documento de investigación. Universidad Alberto Hurtado, Universidad Finis Terrae, University of California Berkeley, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- DGA. Dirección General de Aguas, Chile. División de Estudios y Planificación (2017). “Estimación de la demanda actual, proyecciones futuras y caracterización de la calidad de los recursos hídricos en Chile.”
- DGA. Dirección General de Aguas, Chile. (2024). “Apoyo a la fiscalización ambiental en materias de la verificación del cumplimiento del caudal ecológico y/o caudal ambiental establecido.”
- Jensen, S., Mohlly, K., Pittelz, K., Sterner, T. (2015). “An Introduction to the Green Paradox: The Unintended Consequences of Climate Policies”, *Review of Environmental Economics and Policy*, volume 9, issue 2, Summer 2015, pp. 246–265.
- UC, DGA y FAO. (2024). “Análisis del Proceso de Participación Temprana para la Elaboración del Plan de Adaptación al Cambio Climático del sector Recursos Hídricos. Santiago, Chile. Proceso de Participación Temprana. Producto 3.3: Informe de análisis del proceso participativo”.