

## ¿Cómo lograr el uso conjunto de agua en Chile?

Carlos Flores Arenas

Modelador Hidrológico, División de Estudios y Planificación, Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Chile. carlos.flores.a@mop.gov.cl

El ciclo hidrológico en climas mediterráneos presenta momentos secos y húmedos que se subsiguen en el tiempo. Por efectos del cambio climático, los ciclos de oferta de agua en las cuencas mediterráneas de Chile, están variando respecto a lo normal (Aguayo *et al.*, 2021). Hoy y para los próximos años, se pronostican periodos secos más largos con bajas precipitaciones y caudales en los ríos. Evidencia de ello, es la mega sequía que afecta al país, la cual persiste por más de una década, impacta desde la región de Antofagasta hasta la región de Los Lagos (DGA, 2018, 2019a). En este contexto, el acceso al agua es cada vez más difícil y, los conflictos entre quienes la demandan, han aumentado (Rivera *et al.*, 2016).

En contraste, los periodos húmedos que ocurren entre los largos periodos secos, se pronostica que sucedan en cortos periodos de tiempo, pero con mucho caudal (Anaconda *et al.*, 2018). Lo anterior se proyecta por una combinación de factores originados por el calentamiento global, cambio climático y efectos antrópicos (Boisier *et al.*, 2016; Lanz *et al.*, 2018; AghaKouchak, 2015.). El aumento de temperaturas ha desplazado la isoterma cero en altura y las precipitaciones en cordillera no llegan a congelarse en la reserva nival, generando deshielos prematuros y caudales aumentados aguas abajo (DGA, 2018, 2019a; Janke, 2017). En este escenario, la disminución de la reserva de nieve, glaciares y permafrost, se verá afectada en relación a lo normal (Cosgrove y Loucks, 2015). Esto conlleva la existencia de caudales aumentados que escurren aguas debajo de las cuencas, sin posibilidad de almacenamiento y uso beneficioso (Gerlak *et al.*, 2018).

En este contexto de periodos secos largos y húmedos cortos pero intensos, el uso conjunto de agua se hace relevante, definido por el uso integrado de las aguas superficiales y subterráneas de forma sistémica (Alley, 2018; Srinivasan *et al.*, 2017), esto es, aprovechando la disponibilidad de agua superficial excedentaria en los periodos húmedos para recargar el acuífero, renovar stock y hacer uso de la recarga en periodos secos (Flores, 2016). Las experiencias en Australia (Iwanaga *et al.*, 2020), California (DWR, 2015) y España (Pulido-Velázquez, 2020), han demostrado ser efectivas en mejorar la seguridad hídrica en periodos de sequía mediante el uso conjunto de agua.

Chile aún no despega en este ámbito, particularmente en zonas sin grandes obras hidráulicas de acumulación, donde el uso del agua subterránea se ha intensificado y el almacenamiento de los acuíferos ha disminuido por baja recarga (Donoso *et al.*, 2020). Así, recargar los acuíferos se traduce en una estrategia de desarrollo hídrico.

Entonces, ¿Qué le falta a Chile para desarrollar el uso conjunto de agua? Estudios CNR (2021), DGA (2013), DOH (2013) y otros, han demostrado su factibilidad y beneficios para la seguridad hídrica de Chile, sin embargo, su práctica está a nivel de prototipos en cuencas como la de Copiapó, Aconcagua, Maipo, O'Higgins y Maule. En la práctica, se mencionan los siguientes factores que limitan el uso conjunto del agua en Chile: (1) complejo marco regulatorio de la Dirección General de Aguas (DGA) para autorizar obras de recarga, (2) riesgos medioambientales respecto a la calidad de aguas para preservar las condiciones del acuífero, (3) incertidumbre respecto al destino de las aguas recargadas en el acuífero. La combinación de estos factores ha condicionado un desincentivo mayor de los usuarios de agua a emprender en este tipo de obras, incluso habiendo instrumentos de fomento para realizarlas. Lo anterior, expone un desconocimiento generalizado sobre como tramitar un permiso de la DGA para realizar las obras de recarga, cumplir con los requerimientos medioambientales y mapear la ruta del agua recargada que aumenta el almacenamiento del acuífero para uso beneficioso.

Dentro de este marco de acción, la DGA del Ministerio de Obras Públicas (MOP) ha publicado tres circulares que buscan impulsar la recarga de acuíferos:

1. Circular N° 1 del 14 de febrero de 2019 sobre las obras hidráulicas permeables en la recarga de acuíferos, hace algunas precisiones respecto a la recarga natural de acuíferos que puede ocurrir en el caso de canales de conducción de agua u obras de acumulación de agua que no se encuentran revestidos y que posibilitan que se permee y recargue el acuífero circundante. Señala que en estos casos no se encuentran obligados a lo señalado en los artículos 66 y 67 66 y 67 del Código de Aguas, y en los artículos 47 y siguientes del D.S. N° 203 de 2013 que dicta "Las Normas de Exploración y Explotación de Aguas Subterráneas" para la recarga de acuíferos, siempre y cuando el agua para recargar sea aquella con derechos de aprovechamiento de aguas ya constituidos (DGA, 2019b).
2. Circular N° 2 del 2 de abril de 2019 indica que se podrán mantener en operación cauces y canales durante el período de cierre de las bocatomas que conduzcan aguas destinadas a usos domésticos o industriales para la generación de energía, y aquellos de regadío que deban servir a cultivos de invierno, recarga o infiltración artificial de acuíferos, entre otros motivos. La normativa señala que medidas deben cumplirse para que puedan mantenerse abiertas las bocatomas de canales y cauces para infiltrar a través de estos o conducir agua de recarga hasta su sitio de infiltración (DGA, 2019c).
3. Circular N° 4 del 13 de septiembre de 2016 que instruye sobre la aplicabilidad del Permiso Ambiental Sectorial (PAS) 158 del D.S. MMA N°40/2012 para ejecutar

obras para la recarga artificial de acuíferos, la cual indica que un proyecto, por su naturaleza no requiere ingresar al SEIA y no es necesario tramitar el PAS 158, tomando en consideración que la naturaleza de las aguas para recarga pueden ser del tipo (1) aguas superficiales corrientes o detenidas, (2) aguas subterráneas previamente extraídas de un acuífero y, (3) aguas tratadas, ya sea agua potable, agua proveniente de una planta desalinizadora o, aguas de plantas de tratamiento de aguas servidas (DGA, 2016).

Visto lo anterior, la clave está en formular un proyecto factible, rápido y de bajo costo de implementación, habilitados según las circulares de DGA, tal como el uso de planicies naturales de inundación, acondicionadas como piscinas de infiltración, o bien, uso de una red de canales como dispositivos de recarga. Considerando ambos ejemplos, el uso de aguas corrientes por cauces naturales o canales, ocurre en los meses y periodos húmedos del ciclo hidrológico. Se destaca que dichas circulares mantienen las condiciones de cumplimiento de requisitos de no provocar colmatación del acuífero ni la contaminación de sus aguas, entre otras características de protección. Una completa guía práctica para esto y otros proyectos de recarga, se encuentra en el estudio CNR (2021) realizado por CSIRO. Este documento, provee el marco operativo para proyectos de recarga artificial de acuíferos, donde se abordan tipos de obras, costos, tasas de recarga, volúmenes aprovechables y aspectos administrativo-legales.

La incertidumbre respecto al destino de la recarga, se puede minimizar con ejercicios de modelación, isotopos o monitoreo de niveles de agua subterránea en pozos aledaños a la obra de recarga, entre otros. Estudios de la DGA (2021, 2020) mediante modelación hidrológica de canales infiltradores, han indicado que las obras de recarga generan beneficios de gran escala, por lo que implementaciones locales, tendrían impactos positivos a nivel macro, es decir, numerosos usuarios de agua subterránea se verían beneficiados con una sólo obra de infiltración, por lo que la mirada comunitaria de recargar acuíferos se perfila como la opción de mayor proyección en Chile para lograr el uso conjunto de agua superficial y subterránea.

## Referencias

- AghaKouchak, A. 2015. Recognize anthropogenic drought. *Nature* 524, 409–411.
- Aguayo, R., León-Muñoz, J., Garreaud, R., Montecinos, A. 2021. Hydrological droughts in the southern Andes (40–45°S) from an ensemble experiment using CMIP5 and CMIP6 models. *Scientific Report* 11, 5530. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84807-4>
- Alley, W.M, Clark, B.R., Ely, D., Faunt, C.C. 2018. Groundwater Development Stress: Global-Scale Indices Compared to Regional Modeling. *Groundwater* 56(2): 266–275.
- Anaconda, P.I., Norton, K., Mackintosh, A., Escobar, F., Allen, S., Mazzarona, B., Schaefer, M. 2018. Dynamics of an outburst flood originating from a small and high-altitude glacier in the Arid Andes of Chile. *Natural Hazards* 94(1): 93-119.

- Boisier JP, Rondanelli R, Garreaud R, Muñoz F. 2016. Anthropogenic and natural contributions to the Southeast Pacific precipitation decline and recent megadrought in central Chile. *Geophysics Research Letters* 43(1):413–421. <https://doi.org/10.1002/2015GL067265>
- CNR. 2021. Guía metodológica, Marco Operativo para Proyectos de Recarga Artificial de Acuíferos. Realizado por CSIRO.
- Cosgrove, W. J., Loucks, D.P. 2015. Water management: Current and future challenges and research directions, *Water Resources Research* 51, 4823–4839. doi:10.1002/2014WR016869.
- Decreto Supremo N° 203. 2013. Aprueba reglamento sobre normas de exploración y explotación de aguas subterráneas. Ministerio de Obras Públicas, Chile.
- DGA. 2013. Análisis y Síntesis Preliminar de Iniciativas Sobre Recarga Artificial en Chile. División de Estudios y Planificación, Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Chile.
- DGA. 2016. Circular N° 4 de 13 de septiembre de 2016, Instruye sobre la aplicabilidad del Permiso Ambiental Sectorial, PAS 158 del D.S. MMA N°40/2012, para ejecutar obras para la recarga artificial de acuíferos.
- DGA. 2021. Plan Estratégico de Gestión de Hídrica de la Cuenca del Biobío. División de Estudios y Planificación. Realizado por Universidad de Concepción, Departamento de Recursos Hídricos.
- DGA. 2020. Plan Estratégico de Gestión de Hídrica de la Cuenca del Copiapó. División de Estudios y Planificación. Realizado por Hídrica Consultores.
- DGA. 2018. Aplicación de la Metodología de Actualización del Balance Hídrico Nacional en las cuencas de las Macrozonas Norte y Centro, SIT; No. 435. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, División de Estudios y Planificación; Realizado por Fundación para la Transferencia Tecnológica, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- DGA. 2019a. Aplicación de la Metodología de Actualización del Balance Hídrico Nacional en las cuencas de las Macrozonas Sur y Parte Norte de la Macrozona Austral. SIT; No. 441. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, División de Estudios y Planificación; Realizado por Universidad de Chile.
- DGA. 2019b. Circular N° 1 del 14 de febrero de 2019, sobre las obras hidráulicas permeables, en la recarga de acuíferos.
- DGA. 2019c. Circular N°2 del 2 de abril de 2019, establece condiciones para exceptuarse de cumplir la orden de cierre de bocatomas ante peligro de grandes avenidas.
- DOH. 2013. Recarga artificial de acuíferos en el valle del Aconcagua. Dirección de Obras Hidráulicas (DOH). Ministerio de Obras Públicas.
- Donoso G., Lictévout, E., Rinaudo, J.D. 2020. Groundwater Management Lessons from Chile. In: Rinaudo J.D., Holley C., Barnett S., Montginoul M. (eds.) *Sustainable Groundwater Management. Global Issues in Water Policy* 24. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-32766-8\\_25](https://doi.org/10.1007/978-3-030-32766-8_25).
- DWR. 2015. Groundwater Sustainability Program DRAFT Strategic Plan. 32 p. California Department of Water Resources, USA.
- Flores Arenas, C.I. 2016. New approaches to conjunctive use and groundwater accounting. PhD Dissertation in Hydrologic Sciences, University of California, Davis.
- Iwanaga, T., Partington, D., Ticehurst, J., Croke, B. F. W., Jakeman, A. J. 2020. A socio-environmental model for exploring sustainable water management futures: Participatory and collaborative modelling in the Lower Campaspe catchment. *Journal of Hydrology: Regional Studies* 28, 100669. doi:10.1016/j.ejrh.2020.100669.
- Gerlak, A.K., House-Peters, L., Varady, R.G., Albrecht, T., Zúñiga-Terán, A., Routson-de-Grenade, R., Christopher, C., Scott, A. 2018. Water security: A review of place-based research. 82: 79-89.
- Janke, J.R., Ng, S., Bellisario, A. 2017. An inventory and estimate of water stored in firn fields, glaciers, debris-covered glaciers, and rock glaciers in the Aconcagua River Basin, Chile. *Geomorphology* 296, 142-152.
- Jarvis, W.T. 2013. Water Scarcity: Moving Beyond Indexes to Innovative Institutions. *Groundwater* 51(5): 663–669.

- Lanz, B., Dietz, S., Swanson, T. 2018. The Expansion of Modern Agriculture and Global Biodiversity Decline: An Integrated Assessment. *Ecological Economics* 144, 260-277.
- Pulido-Velázquez, D., Romero, J., Collados-Lara, A.J., Alcalá, F.J., Fernández-Chacón, F., Baena-Ruiz, L. 2020. Using the Turnover Time Index to Identify Potential Strategic Groundwater Resources to Manage Droughts within Continental Spain. *Water* 12(11): 3281. <https://doi.org/10.3390/w12113281>
- Rivera, D., Godoy-Faúndez, G., Lillo, M., Alvez, M., Delgado, V., Gonzalo-Martín, C., Menasalvas, E., Costumero, R., García-Pedrero, A. 2016. Legal disputes as a proxy for regional conflicts over water rights in Chile. *Journal of Hydrology* 535, 36-45.
- Srinivasan, V., Konar, M., Sivapalan, M. 2017. A dynamic framework for water security. *Water Security* 1, 12–20.