



Autor:
Adrián Pedrozo Acuña
Fecha de publicación:
06 de marzo de 2022

Impactos socioambientales derivados del estrés hídrico y los cambios en el almacenamiento de agua

En aquellas regiones del país donde el estrés hídrico y la sobreexplotación están impulsadas por la irrigación de cultivos, las implicaciones ecológicas se extienden más allá de los límites físicos de la cuenca.



Desde hace años se reconoce en todo el planeta el profundo acoplamiento que existe entre la vida (seres humanos y ecosistemas), los sistemas socioecológicos y los ciclos biogeoquímico y del agua (Falkenmark, et al., 2019; 1977).

El agua dulce es fundamental para el florecimiento de los ecosistemas y la sociedad, así como para su capacidad de recuperación ante impactos generados por el embate de perturbaciones climáticas extremas. La disponibilidad y los almacenamientos de agua cambian en el tiempo, y se caracterizan por sufrir oscilaciones y tendencias que se deben a la influencia combinada de las actividades humanas, el cambio climático y la variabilidad natural del clima desde escalas temporales subestacionales hasta anuales o multidecenales. En este sentido, la predominancia del ser humano sobre el ciclo del agua es cada vez más reconocida, toda vez que el desarrollo de modelos hidrológicos globales nos ha permitido avanzar en la representación fidedigna de los impactos en el ciclo del agua debidos a cambios en el clima, extracciones de agua, irrigación, etc. (Bierkens, 2015). Sin embargo, la ciencia que busca ampliar el conocimiento sobre la retroalimentación que se da entre el estrés hídrico y los cambios en el almacenamiento de agua con las actividades humanas y la salud de los ecosistemas se encuentra todavía en sus primeras etapas de desarrollo. Conocer y hacer evidente la influencia bidireccional entre la actividad de la sociedad y la salud de los ecosistemas, en particular sobre la cantidad y calidad del agua en el territorio, es crucial para hacer frente a los retos hídricos del futuro. A pesar de ello, poca atención se ha puesto sobre los impactos que se están generando y se generarán en el futuro por los cambios que ya se advierten en la cantidad y calidad del agua en diversos puntos del planeta.



El estrés hídrico representa el estado de la escasez hídrica originado por la demanda de agua, y se define como la relación entre las extracciones de agua y el agua disponible. Por otro lado, la tendencia en el almacenamiento representa la evolución del almacenamiento total de agua definido como la suma vertical del agua subterránea, la humedad del suelo, el agua superficial y el agua contenida en glaciares (Kummu et al., 2016). Así, el estrés hídrico y el almacenamiento de agua en cuencas y acuíferos están ligados, pues el almacenamiento de agua se transforma en una fuente de abastecimiento cuando la demanda excede a la disponibilidad. Es posible anticipar que, conforme los extremos hidrológicos globales se intensifican, por efectos del cambio en el clima, la importancia estratégica del agua subterránea será mucho mayor, ya que los acuíferos representan el almacenamiento de agua dulce más grande de la Tierra (Taylor et al., 2013).

A pesar de que existen estudios que documentan el estrés hídrico global (Vörösmarty, 2000; Kummu et al., 2010; Kummu et al., 2016) y los cambios en las tendencias en el almacenamiento global de agua (Rodell et al., 2018) por separado, todavía no se integra de forma integral y recurrente la investigación conjunta de ambos indicadores. Hacerlo nos ofrece un contexto importante para diferenciar a las cuencas bajo una misma condición de estrés hídrico, dado que en aquellas donde además se detecta una tendencia de reducción en el almacenamiento, se espera un incremento considerable en los retos hídricos que como sociedad vamos a enfrentar.

Entre los primeros esfuerzos que se hacen en este intento a escala global de cruzar estas dos variables destaca el trabajo recientemente publicado por Huggins et al., (2022), quienes encontraron que en 42 % de las cuencas del planeta identificadas bajo una condición de estrés hídrico definido por la relación entre extracciones/flujo >0.1 , se tiene además un declive en el almacenamiento de agua. De forma notoria, aparecen en este análisis el altiplano y el norte de México, donde, es sabido, hay una gran vocación agrícola a través de los distritos de riego.

El número de habitantes, la producción de alimentos y el producto interno bruto que se genera en estas regiones del planeta nos anticipa el tamaño de los potenciales impactos económico y ambiental que se producirán como resultado de la acción combinada de estrés hídrico y reducción del almacenamiento. Justamente, a nivel global, las estimaciones indican que en cuencas que están estresadas hídricamente y cuyo almacenamiento está en declive, habitan 2,200 millones de personas y se origina el 27 % de la producción agrícola y el 28 % del PIB global, lo que activa una innegable señal de alerta para la economía y el bienestar de la sociedad.

Por esta razón, es importante considerar la relación que existe entre el agua como elemento dador de la vida, como generador de bienestar y como insumo para actividades productivas. Es sumamente necesario avanzar en el conocimiento del ciclo hidrológico y su interacción con los diferentes usuarios del agua, así como los diferentes climas que encontramos a lo largo del territorio. Reconocer la variabilidad espacial y temporal del agua en cada una de las etapas del ciclo hidrológico en todo el país nos permitirá generar los instrumentos de política pública para hacer frente a la crisis hídrica de hoy y de mañana.

En aquellas regiones del país donde el estrés hídrico y la sobreexplotación están impulsadas por la irrigación de cultivos, las implicaciones ecológicas se extienden más allá de los límites físicos de la cuenca, dado que el riego puede modificar el reciclado de humedad y los patrones de precipitación entre cuencas (Keys et al., 2019), produciendo impactos en cascada entre ecosistemas distantes (Keys y Wang-Erlandsson, 2018). En estos sitios de alerta hídrica es posible que los impactos sociales que se



impongan se deriven de la intensificación en la competencia por el agua entre demandas domésticas, industriales y agrícolas (Gleick, 1996). Por otro lado, en zonas donde los pozos de extracción se secan y los niveles piezométricos se abaten, es probable que el acceso al agua subterránea extienda la brecha de la desigualdad, intensificando inequidades sociales en virtud de que solamente los usuarios con capacidad económica podrán perforar y extraer agua a profundidades mayores (Perrone, 2020). De acuerdo con el Pacific Insitute, de los cerca de 700 conflictos hídricos documentados desde el año 2000, dos terceras partes (68 %) se encuentran en zonas del mundo donde están documentados tanto el estrés hídrico como el declive en el almacenamiento de agua (Pacific Insitute, 2019). Esto nos advierte ya el importantísimo papel potencial que tendrá el agua en la generación, contextualización y mantenimiento de los conflictos sociales en todo el mundo.

Hoy más que nunca es necesario que los proyectos hídricos de infraestructura (acueductos, presas, sistemas de captación de agua) que se propongan en el territorio para garantizar el acceso al agua de la población y para las diferentes actividades económicas sean evaluados considerando en el análisis un lente de sustentabilidad hídrica, de tal suerte que no se rebasen las condiciones de almacenamiento impuestas por la naturaleza. Es así que transitaremos de un modelo de gestión que administra el conflicto social y el estrés hídrico de una región a otra, hacia uno nuevo que haga del agua el elemento que promueva el desarrollo económico equitativo y el bienestar de la sociedad.

Podemos anticipar que en el futuro será necesario incorporar los impactos indirectos y no locales del estrés hídrico y la pérdida de almacenamiento, como son la seguridad alimentaria del país y los impactos en el comercio virtual del agua (Dalin et al., 2012; Rosa et al., 2019). Este tipo de análisis es urgente para todas las naciones del planeta, pues esta información nos permitirá tomar mejores decisiones en un ambiente cambiante, complejo, multiobjetivo y multidisciplinario, lo que sin duda alguna elevará la consideración que todos los jefes de Estado deberán de poner sobre el agua.

Por esta razón, en un futuro, el papel redefinido del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua deberá ser el de proveer esta y otra información al Gobierno de México, de tal suerte que el cambio global que ya se aprecia en el ciclo hidrológico no afecte a la población, ni a las actividades económicas que se llevan a cabo en el territorio y, por el contrario, que el agua sea una de las variables clave para detonar la inversión y el bienestar de los mexicanos.

Referencias

Bierkens, M. F. P. Global hydrology 2015: state, trends, and directions. *Water Resour. Res.* 51, 4923–4947 (2015).

Dalin, C., Konar, M., Hanasaki, N., Rinaldo, A. & Rodriguez-Iturbe, I. Evolution of the global virtual water trade network. *PNAS* 109, 5989–5994 (2012).

Falkenmark, M. Water and mankind: a complex system of mutual interaction. *Ambio* 6, 3–9 (1977).

Falkenmark, M., Wang-Erlandsson, L. & Rockström, J. Understanding of water resilience in the anthropocene. *J. Hydrol. X* 2, 100009 (2019).

Gleick, P. H. Basic water requirements for human activities: meeting basic needs. *Water Int.* 21, 83–92 (1996).



Huggins, X., Gleeson, T., Kummu, M. et al. Hotspots for social and ecological impacts from freshwater stress and storage loss. *Nat Commun* 13, 439 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41467-022-28029-w>

Keys, P. W. et al. Invisible water security: moisture recycling and water resilience. *Water Security* 8, 100046 (2019).

Keys, P. W. & Wang-Erlandsson, L. On the social dynamics of moisture recycling. *Earth System. Earth Syst. Dyn.* 9, 829–847 (2018).

Kummu, M., Ward, P. J., de Moel, H. & Varis, O. Is physical water scarcity a new phenomenon? Global assessment of water shortage over the last two millennia. *Environ. Res. Lett.* 5, 034006 (2010).

Kummu, M. et al. The world's road to water scarcity: shortage and stress in the 20th century and pathways towards sustainability. *Sci. Rep.* 6, 38495 (2016).

Pacific Institute. *Water Conflict Chronology* (Island Press, 2019).

Perrone, D. Groundwater overreliance leaves farmers and households high and dry. *One Earth* 2, 214–217 (2020).

Rodell, M. et al. Emerging trends in global freshwater availability. *Nature* 557, 651–659 (2018).

Rosa, L., Chiarelli, D. D., Tu, C., Rulli, M. C. & D'Odorico, P. Global unsustainable virtual water flows in agricultural trade. *Environ. Res. Lett.* 14, 114001 (2019).

Taylor, R. G. et al. Ground water and climate change. *Nat. Clim. Change* 3, 322–329 (2013).

Vörösmarty, C. J. Global water resources: vulnerability from climate change and population growth. *Science* 289, 284–288 (2000).