



Autor:
Adrián Pedrozo Acuña.
Fecha de publicación:
11 de julio de 2021

Uso sustentable del agua subterránea: llave de acceso a la conservación de ríos

El límite económico del agua subterránea se alcanza cuando la profundidad de bombeo (costo de extracción) no es redituable, financieramente hablando.



Por lo general, el acceso seguro al agua superficial se complica y disminuye cuando se enfrenta una condición de sequía severa, tal como ha sido durante el estiaje de 2021 para el caso del abastecimiento de agua potable a la Ciudad de México.

Esto obliga a la reducción del consumo de agua superficial y redonda en una mayor presión sobre las fuentes de agua subterránea. Bajo condiciones de un crecimiento poblacional acelerado y un desarrollo económico continuo, el agua se convierte en un elemento bajo presión de estas necesidades y está expuesta a cambios en su distribución espacial y temporal por efectos del cambio climático sobre el ciclo hidrológico natural. Sabemos que, en diversos lugares del mundo, el agua subterránea es utilizada por encima del nivel de recarga natural de los acuíferos, lo que da lugar a caídas persistentes y sustanciales del nivel freático o, en otras palabras, a la conocida sobreexplotación de los acuíferos (Rodell et al., 2009; Aeschbach-Hertig y Gleeson, 2012; Wada et al., 2014). El almacenamiento de agua disponible en el subsuelo solo puede recuperarse si se reduce el volumen de extracciones o si se aumenta el volumen de recarga por una mayor precipitación natural o por obras de ingeniería, como los sistemas de gestión de recarga de acuíferos.

Cerca del 70 % del agua extraída del subsuelo en todo el mundo se utiliza para sostener el riego, y es importante para la seguridad alimentaria de diversos países, ya que se le emplea como fusible para mantener la producción agrícola cuando los cultivos están expuestos a sequías de corta y larga duración



(Seibert y Döll, 2010; Gleeson y Richter, 2018). Cuando el nivel freático cae, los costos de bombeo aumentan, lo que implica un incremento en el costo de producción de los cultivos. Así, cuando los pozos se secan, la seguridad alimentaria local –y quizá la de gran escala– quedan amenazada por la falta de agua (Konikow y Kendy, 2005). Se espera que, en los años por venir, las demandas mundiales de alimentos aumentarán, dando lugar a una mayor competencia por el agua entre usuarios dedicados a la producción de alimentos y biocombustibles, lo que a su vez generará más presión sobre el agua subterránea, indicando el papel central que juega dentro del nexo agua-energía-alimentos (Lawford et al., 2013; Postel, 2000).

Adicionalmente, como vemos claramente en la Ciudad de México, la caída en los niveles piezométricos de un acuífero induce la subsidencia del terreno, lo que afecta la infraestructura urbana e incrementa los riesgos ante inundaciones más severas. Por último, pero no menos importante, la caída en los niveles de agua subterránea reduce el componente subterráneo del gasto que vemos en ríos, lagos y manantiales (de Graaf et al., 2014; van Beek et al., 2011). Parte del agua que vemos fluir por los ríos proviene del escurrimiento superficial del agua de lluvia, y otra de la menos evidente conexión natural entre el flujo subterráneo y superficial (ver la figura 1).

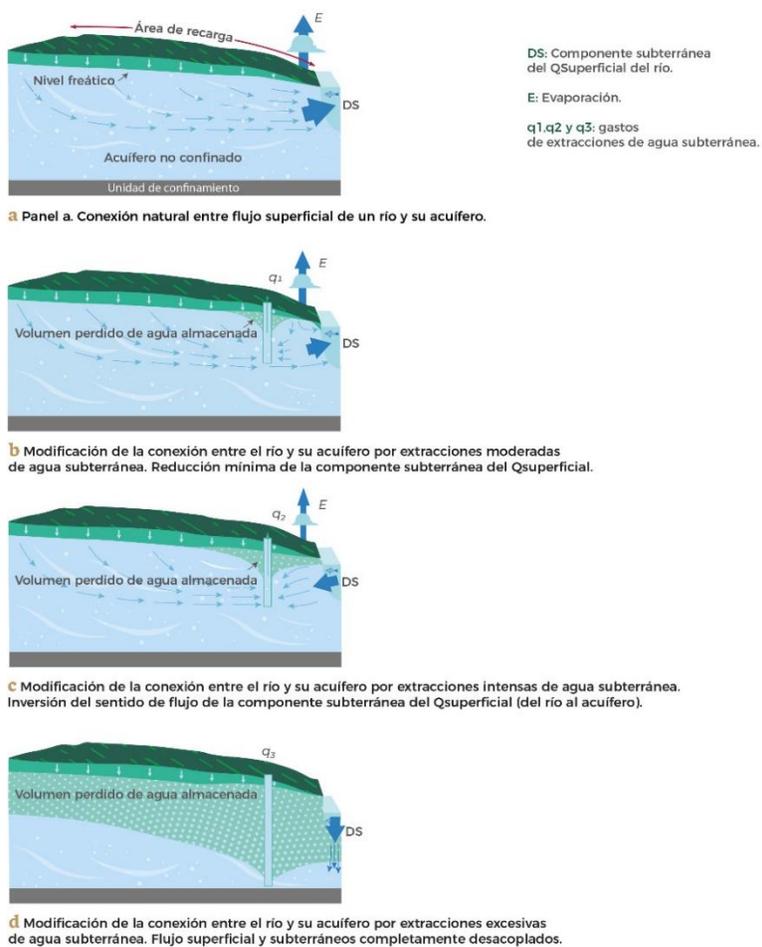


Figura 1. Efecto de las extracciones de agua subterránea en la conexión natural de un río y su acuífero, la componente subterránea del gasto del río, el volumen de almacenamiento en el acuífero y el rebase de las condiciones ambientales críticas para mantener la vida del río.



La extracción excesiva de agua subterránea induce una caída en el nivel freático y, por ende, una disminución en la contribución de agua del acuífero a los ríos, lo que resulta en la desecación del paisaje, especialmente en el estiaje, cuando no hay lluvias. Si, además, durante la época de lluvias existen condiciones de sequía meteorológica, la desecación de los ríos es aún mayor.

El esperado incremento en la dependencia del agua subterránea y los efectos negativos por la sobreexplotación de acuíferos indican la urgente necesidad mundial de identificar los límites naturales a la extracción de agua subterránea que nos permitan determinar cuándo y dónde son alcanzados y rebasados, a costa de la salud ambiental y la paz social.

Resultados publicados a escala global por de Graaf et al. (2019), señalan que, como resultado directo de la extracción inmoderada de agua subterránea, hay un gran número de cuencas en todo el mundo que han superado los límites ambientales definidos para mantener la vida de los ríos. Además, resultados bajo escenarios de cambio en el clima futuro de la Tierra, anticipan que para el año 2050, entre el 50 y el 80 % de los ríos en todo el mundo estarán bajo esta condición crítica. No obstante, podemos afirmar que, actualmente, en la mayor parte de las regiones áridas del mundo, ya se ha superado ese límite ambiental para los ríos; es decir, en cuencas donde el gasto es pequeño y el riego depende en su mayor parte del agua subterránea (Seibert y Döll, 2010; van Beek et al., 2011).

Los puntos más críticos donde se ha verificado un rebase sustancial de ese límite ambiental para las extracciones de agua subterránea se ubican desde antes del año 2010 en parte del acuífero del Valle Central en California, EUA, y algunas regiones del norte de México, así como en las cuencas del alto Ganges y del río Indo, en Asia. En el futuro cercano, y antes del año 2050, se espera la incorporación de nuevas regiones en el mundo, mientras que en México esta condición se identifica en la zona del bajo, ubicada en la parte central del país.

Resultados como este señalan la importancia de verificar y regular el uso del agua subterránea, considerando un lente de sustentabilidad ambiental (extracciones inferiores a la recarga natural). La intrínseca relación entre el agua subterránea y el escurrimiento superficial en los ríos (mostrada en la figura) hace necesario el monitoreo continuo de nuestros cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Esto nos permitirá definir con menos incertidumbre los límites de extracción, lo cual hará posible un uso más ordenado del agua, con base en evidencia real y no en suposiciones con limitaciones teóricas. Por otro lado, las condiciones para definir un volumen a ser utilizado por diferentes usuarios no pueden ser consideradas estáticas; por el contrario, es necesario que tomen en cuenta variaciones tanto del clima como de población y de actividades económicas que ocurren sobre cuencas y acuíferos. Además de los límites ambientales de las extracciones de agua subterránea, en un futuro muy cercano será necesario también tener en mente los límites físicos y económicos al consumo de agua que impone un modelo de utilización de agua de primer uso.

El límite económico del agua subterránea se alcanza cuando la profundidad de bombeo (costo de extracción) no es redituable, financieramente hablando. Esto se define en función del tipo de acuífero, los costos de electricidad, la capacidad de bombeo y los precios de los cultivos que se siembran. Adicionalmente, podemos anticipar que este límite económico será variable en función del tamaño del productor y de la región climática (pequeño productor vs. agroindustria), sin dejar de señalar que productores más grandes (con mayor poder económico) podrán pagar pozos más profundos a costa de la sobreexplotación del acuífero, afectando al resto de los usuarios.

Las tasas de crecimiento de la población y la economía, aunadas al dinamismo de las condiciones hidrológicas naturales y las impuestas por el cambio climático, nos imponen una evolución hacia



estrategias que tengan como objetivo la sustentabilidad hídrica de cuencas y acuíferos. Esto se logrará trascendiendo el modelo lineal de gestión del agua (uso y desecho) hacia un modelo de manejo conjunto (agua superficial y subterránea) que nos permita como país motivar a los usuarios en lo individual a conservar el agua y a habilitar volúmenes por medio de su reutilización (uso, tratamiento, reutilización).

Referencias

Aeschbach-Hertig, W. & Gleeson, T. Regional strategies for the accelerating global problem of groundwater depletion. *Nat. Geosci.* 5, 853–861 (2012).

de Graaf, I. E. M., van Beek, L. P. H., Wada, Y. & Bierkens, M. F. P. Dynamic attribution of global water demand to surface water and groundwater resources: effects of abstractions and return flows on river discharges. *Adv. Water Resour.* 64, 21–33 (2014).

de Graaf, I. E. M., Gleeson, T., van Beek, L. P. H., Sutanudjaja, E.H., & Bierkens, M. F. P. Environmental flow limits to global groundwater pumping. *Nature*, vol. 574, (2019).

Gleeson, T. & Richter, B. How much groundwater can we pump and protect environmental flow through time? Presumptive standards for conjunctive management of aquifers and rivers. *River Res. Appl.* 34, 83–92 (2018)

Lawford, R. et al. Basin perspectives on the water–energy–food security nexus. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 5, 607–616 (2013).

Konikow, L. F. & Kendy, E. Groundwater depletion: a global problem. *Hydrogeol. J.* 13, 317–320 (2005).
Postel, S. L. Entering an era of water scarcity: the challenges ahead. *Ecol. Appl.* 10, 941–948 (2000).
Rodell, M., Velicogna, I. & Famigletti, J. S. Satellite-based estimates of groundwater depletion in India. *Nature* 460, 999–1002 (2009).

Siebert, S. & Döll, P. Quantifying blue and green virtual water contents in global crop production as well as potential production losses without irrigation. *J. Hydrol.* 384, 198–217 (2010).

van Beek, L. P. H., Wada, Y. & Bierkens, M. F. P. Global monthly water stress: Water balance and water availability. *Wat. Resour. Res.* 47, W07517 (2011).

Wada, Y., Wisser, D. & Bierkens, M. F. P. Global modelling of withdrawal, allocation and consumptive use of surface water and groundwater resources. *Earth Syst. Dynam.* 5, 15–40 (2014).