

EL DILEMA ENTRE EL USO DE AGUA SUBTERRÁNEA Y LA PRESERVACIÓN DEL ECOSISTEMA

Víctor M. Ponce¹, Janaína A. Silva¹ y Jorge Prieto Villarroya²

¹ San Diego State University, Estados Unidos de America.

² Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.

E-mail: poncevm@gmail.com, janainaehd@gmail.com, jorgeprietovillarroya@yahoo.com.ar

Introducción

La pregunta de qué cantidad de agua podría bombearse de un acuífero poco profundo sin comprometer a los ecosistemas locales no tiene una respuesta clara. El bombeo excesivo o no regulado puede llevar al abatimiento del nivel freático, impactando negativamente en la vegetación acostumbrada a obtener su humedad de la zona no saturada (vadosa) y/o, en determinadas ocasiones, de la zona saturada (agua subterránea). Por lo tanto, el desarrollo sostenible de agua subterránea debe ir más allá de la hidrogeología, abarcando los campos afines de la ecología y ecoclimatología. Sólo así se podrá evitar que el bombeo incontrolado de agua subterránea cause eventualmente la degradación de la cubierta vegetal y lleve a un incremento en la aridez del ecosistema.

Uso de agua subterránea

Toda el agua en la superficie y el subsuelo tiene su origen en la precipitación. Desde una perspectiva global, alrededor de un tercio de la precipitación se convierte en escorrentía superficial y es descargada finalmente a los océanos por sistemas de drenaje exorreicos (Ponce, 2006). Los dos tercios restantes son utilizados por los ecosistemas naturales, regresando a la atmósfera mediante la vaporización, que comprende: (1) la evaporación de las masas de agua, incluidos los sistemas endorreicos o parcialmente endorreicos tales como lagos y humedales; y (2) la evapotranspiración de los ecosistemas terrestres, tanto naturales como artificiales.

La fracción de precipitación que logra infiltrarse en el terreno (en el suelo o roca fracturada) puede seguir una de dos direcciones:

1. **Hacia abajo**, en dirección predominantemente vertical, para unirse al agua subterránea y eventualmente constituir el flujo base de los ríos vecinos, volviendo así al océano como escorrentía superficial; o
2. **Hacia arriba**, regresando a la atmósfera a través de la vaporización, en efecto, cortando el ciclo hidrológico normal.

Ecología

Todos los ecosistemas necesitan una cierta cantidad de agua para su supervivencia, preservación y conservación. Sin embargo, las necesidades de agua varían enormemente. Mientras que algunos ecosistemas prosperan con muy poca agua, otros requieren grandes cantidades. La Naturaleza ha hecho posible que los ecosistemas se adapten al agua disponible en las inmediaciones y mantengan su sustento sobre esa base. Las sequías recurrentes generalmente conducen al estrés hídrico e, inusualmente, de persistir éstas, a la eventual desaparición de los ecosistemas y comunidades vegetales.

En la naturaleza, el agua, es decir, la humedad, existe en los siguientes cinco depósitos o fuentes:

- a. Como precipitación directa;
- b. Como agua y escorrentía superficial, en humedales, estanques, lagos, arroyos y ríos;
- c. En la subsuperficie, en la zona no saturada o vadosa;

- d. Como agua subterránea, debajo del nivel freático, en la zona de saturación; y
- e. Como agua atmosférica, es decir, como humedad del aire, parcial o totalmente saturado.

La pregunta clave es: ¿De dónde obtiene el agua un ecosistema dado? La respuesta obvia es: De dónde esté más disponible, de cualquiera de los depósitos mencionados anteriormente. Dependiendo de una variedad de factores, el ecosistema típico obtiene su agua de una combinación de estas fuentes. En regiones húmedas, la obtiene principalmente de la precipitación y el agua superficial; en regiones áridas, de la subsuperficie (subsuelo) y del agua subterránea; en regiones superáridas, del agua subterránea, e inusualmente, del aire.

Ecoclimatología

La mayoría de las plantas extraen agua libremente de la zona vadosa, cuyas dimensiones dependen de la orogénesis y la edad geológica de la región. La cantidad de humedad en la zona vadosa es menor en las regiones áridas y mayor en las regiones húmedas. Algunas plantas obtienen su agua directamente del agua subterránea y/o de la zona capilar que yace directamente encima del nivel freático.

El tipo y distribución de las plantas en la superficie de la Tierra está determinada por:

1. La posición de la zona a lo largo del espectro climático de precipitación, de árido a húmedo (Ponce et al., 2000);
2. La profundidad del nivel freático, que determina si las plantas pueden aprovechar la humedad en la zona capilar o el agua subterránea inmediatamente debajo de ella (Meinzer, 1927); y
3. La presencia de manantiales, lo cual depende en mayor grado de la geología y geomorfología locales (Ponce et al., 2017).

La Figura 1 muestra un bosque galería de robles vivos costeros (coast live oak) (*Quercus agrifolia*) ubicado en la localidad de Tierra del Sol, Condado de San Diego, California. El arroyo es efímero, con agua superficial que fluye sólo en respuesta a la precipitación. Sin embargo, cabe notar que hay suficiente humedad en el terreno durante todo el año (en este desierto semi-árido) para mantener un bosque de galería bastante saludable.



Figura 1.- Un bosque galería de roble vivo costero, Tierra del Sol, condado de San Diego, California, EE.UU.

Dependiendo de la geología y geomorfología locales, los manantiales pueden fluir hacia la superficie o los humedales, lo que permite el mantenimiento de cantidades importantes de vegetación. Por ejemplo, la Figura 2 muestra un gran espécimen de roble vivo costero ubicado en el rancho McCain, en el valle McCain, Boulevard, condado de San Diego, California. El espécimen, que mide 2.4 m de diámetro normal o diámetro a la altura del pecho (7.55 m de perímetro de la sección elipsoidal), se estima en por lo menos 300 años de edad. La ausencia de este tipo de vegetación en el resto del predominantemente árido valle McCain (con 375 mm de precipitación media anual) indica claramente que esta comunidad de robles vivos costeros está siendo sustentada con agua procedente de manantiales locales (Ponce, 2013).



Figura 2.- Un espécimen excepcionalmente grande de roble vivo costero, Boulevard, condado de San Diego, California, EE.UU.

Efecto del bombeo de agua subterránea

Se concluye que la viabilidad del bombeo de agua subterránea está más asociada con la ecohidrología que con la hidrogeología. Se hacen necesarios estudios para determinar en qué medida una propuesta de desarrollo de aguas subterráneas abatirá el nivel freático, y qué efecto tendrá este abatimiento en el sustento de la vegetación local. Se concluye que el bombeo no controlado o no regulado de agua subterránea puede causar estrés hídrico en los ecosistemas locales, lo que eventualmente podría llevar a su desaparición. El efecto resultante es la aridización, es decir, la desertificación del paisaje, lo cual bajo cualquier estándar es un impacto negativo.

Un caso ilustrativo es el roble vivo costero (*Quercus agrifolia*) ubicado en Tierra del Sol, condado de San Diego, California, mostrado en la Figura 3. Este árbol, de edad estimada en por lo menos 100 años, murió en el año 2014, presumiblemente debido al estrés hídrico y las consecuencias derivadas de éste (Ponce, 2014).



Figura 3.- Un espécimen muerto de roble costero en el rancho Morning Star, Tierra del Sol, Condado de San Diego, California, EE.UU. (noviembre de 2014).

Resumen

La necesidad del bombeo de agua subterránea es contrastada con la necesidad de que los ecosistemas vegetacionales aprovechen el agua y la humedad de varias fuentes en el medio ambiente. Éstas son: (a) precipitación, (b) agua superficial y escorrentía superficial; (c) agua subsuperficial de la zona no saturada, (d) agua subterránea, y (e) el aire. En general, las plantas dependen de una combinación de estas fuentes para sus necesidades de agua, estando esta combinación influenciada por el clima, geología y geomorfología locales. Mientras que algunos ecosistemas usan varias fuentes, otros se basan principalmente en una sola fuente. Es probable que las plantas que dependen en gran medida de una sola fuente experimenten estrés hídrico si esa fuente es sustancialmente reducida o eliminada. El bombeo no controlado o no regulado de agua subterránea podría potencialmente afectar en forma negativa el sustento y la supervivencia de ecosistemas vegetacionales que dependen principalmente del agua subterránea. En este caso, es fácil intuir la eventual aridización del ecosistema resultante.

Referencias

- Meinzer, O. E.** (1927). Plants as indicators of ground water. U.S. Geological Survey Water Supply Paper 577.
- Ponce, V. M., R. P. Pandey, y S. Ercan.** (2000). Characterization of drought across climatic spectrum. Journal of Hydrologic Engineering, ASCE, Vol. 5, No. 2, April, 222-224.
- Ponce, V. M.** (2006). Groundwater utilization and sustainability. Online article.
- Ponce, V. M.** (2013). Impact of Soitec solar projects on Boulevard and surrounding communities, San Diego County, California. Online article.
- Ponce, V. M.** (2014). Effect of groundwater pumping on the health of arid vegetative ecosystems. Online article.
- Ponce, V. M., M. I. Diaz, y L. A. Magallon.** (2017). The linear oasis: Ecohydrology of red shank. Online article.